

669.1
A 39

НЕ
УДИТ
ИЕТ

Проф. А. Ледебуръ

РУКОВОДСТВО
ПО
ЧУГУНО- И СТАЛЕЛИТЕЙНОМУ
ДѢЛУ.

Съ послѣдняго исправленнаго и дополненнаго нѣ-
мецкаго изданія переведено подъ редакцией

ГОРНАГО ИНЖЕНЕРА
А. А. ВОЛЬСКАГО.

ЧАСТЬ I-я.

Съ 68 рисунками въ текстѣ.

103907



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Изданіе Книжнаго Магазина В. Эриксонъ.
Вознесенскій пр., 28.
1898.

НБ
УДУНТ
ИПБТ

Дозволено цензурою 29 Сентября 1898 г. С.-Петербургъ.
Типо-Литографія А. Э. Винеке, Екатерингофскій просп., № 15.

Введение.

У различных народов искусство получения предметов употребленія изъ металловъ и, особенно изъ бронзы, путемъ плавки и отливки, было примѣняемо еще въ доисторическія времена; объ этомъ свидѣлствуютъ многочисленныя находки подобныхъ предметовъ, сохраняемыхъ въ музеяхъ; однако, самый важный для нашей промышленности металлъ, желѣзо, сталъ подвергаться подобному примѣненію лишь со среднихъ вѣковъ.

Въ древности не располагали средствами для получения расплавленного желѣза. Ковкое желѣзо получали тогда непосредственно изъ рудъ въ видѣ тѣстообразныхъ крицъ, проникнутыхъ шлакомъ; путемъ проковки, эти крицы освобождались отъ шлака, и вытягивались въ полосы. Если когда-либо получалось расплавленное желѣзо (чугунъ), то смотрѣли на это, какъ на нежелательное явленіе; поэтому этотъ, видимому неудачный продуктъ превращали, путемъ переплавки, въ ковкое, нежидкое желѣзо. По Аристотелю, Халибы, племя, живущее у Чернаго моря, умѣли нерѣдко получать подобное жидкое желѣзо.

Промышленное полученіе расплавленного желѣза явилось возможнымъ только тогда, когда стали для дутья пользоваться водяной силой; въ это время оказалось возможнымъ значительно увеличить употреблявшіяся до тѣхъ поръ печи: въ большихъ печахъ получалась высшая температура, а при высшей температурѣ, — во всякомъ случаѣ неожиданно, — получалось жидкое желѣзо.

Тотчасъ однако убѣдились, что жидкій металлъ, полученный въ высшей печи (сначала называемой волчьей, а затѣмъ доменной), не былъ тѣмъ желѣзомъ, которое до тѣхъ поръ обыкновенно получали изъ рудъ; этотъ металлъ былъ жидокъ и, отличался способностью къ отливкѣ, но оказался совершенно нековкимъ. Если это желѣзо переплавляли въ давнишнихъ меньшихъ печахъ, служившихъ для полученія ковкого

желѣза, то оно теряло свой жидкій видъ и дѣлалось ковкимъ; на него смотрѣли, какъ на неполнѣ очищенное желѣзо, и потому чугуны называли сырымъ желѣзомъ (Roheisen;—pig-iron, crude-iron, raw-iron; fonte, fer cru).

По всей вѣроятности, въ различныхъ мѣстахъ изобрѣтеніе способа полученія чугуна было сдѣлано самостоятельно; надо думать даже, что сначала смотрѣли на случайно полученный чугуны, какъ на неудачный продуктъ. Еще въ прошломъ столѣтіи въ штирійскихъ печахъ, предназначенныхъ для полученія ковкаго желѣза изъ рудъ, получали попутно немного чугуна, подвергавшагося, путемъ переплавки, переработкѣ въ ковкое желѣзо ¹⁾.

Правильное производство чугуна могло укорениться только тогда, когда стали расплавленный чугуны примѣнять къ отливкѣ издѣлій; такъ какъ не всякій чугуны одинаково хорошо пригоденъ для этой цѣли, то чугуноплавильное производство прежде всего должно было развиваться тамъ, гдѣ, по своему имѣющимся желѣзнымъ рудъ, легче всего могъ быть полученъ чугуны, годный для литья.

Согласно съ Gurlt'омъ, не называющимъ впрочемъ источника, уже въ началѣ тринадцатаго столѣтія, близъ Шмалькальдена, и въ Зигенскомъ округѣ вели печи на чугуны, а около 1370 года, будто-бы, тамъ же отливали чугунные пушки ²⁾. Значительнаго развитія чугуноплавильное и чугунолитейное производства достигли къ концу пятнадцатаго и, въ началѣ шестнадцатаго столѣтія на Гарцѣ, въ Тюрингіи, во Франціи, Англіи и въ другихъ государствахъ; отливали пушки, пушечныя ядра, горшки, машинныя части, печныя доски; эти послѣднія, сохранившіеся еще отчасти до сихъ поръ (по большей части съ обозначеніемъ года отливки), позволяютъ заключить, что въ шестнадцатомъ столѣтіи искусство отливки изъ чугуна не только достигло значительнаго совершенства, но и на художественное исполненіе моделей было обращено много вниманія ³⁾:

Въ теченіе цѣлыхъ столѣтій доменное (чугуноплавильное) дѣло находилось въ такой тѣсной связи съ чугунолитейнымъ производствомъ, что жидкій чугуны непосредственно

¹⁾ Gabriel Jars. Metallurgische Reisen, Aus dem Französischen übersetzt von Dr. C. A. Gerhard, Berlin 1777, Band I, Seite 66.

²⁾ Dr. A. Gurlt. Bergbau- und Hüttenkunde, 2 Auflage. Essen 1879. Seite 128.

³⁾ Сравни объ этомъ между прочимъ: L. Bickell, die Eisenhütten des Klosters Haina und der dafür thätige Formschneider Philipp Soldan von Frankenberg. Mit 9 Lichtdrucktafeln, Marburg 1889—Eduard Schott, Ueber Zimmerheizung, Hannover 1854 (съ двумя рисунками печныхъ досокъ съ шестнадцатаго столѣтія). — Annales des mines 3, tome 2, pag 137:—въ извлеченіи въ Jahrbuch für Berg- und Hüttenwesen im Königreiche Sachsen auf das Jahr 1881, S. 99. (Описаніе доменнаго и литейнаго производствъ въ 1517 г.).

изъ доменной печи поступалъ въ литейныя формы. Переплавка чугуна была исключительнымъ явленіемъ; для чугунолитейной мастерской непосредственно работала доменная печь. Ковкое желѣзо получалось, или изъ чугунныхъ отбросовъ литейной мастерской, или же стариннымъ способомъ, непосредственно изъ рудъ. Только къ концу восемнадцатаго столѣтія, когда потребность въ ковкомъ желѣзѣ значительно возросла, и былъ изобрѣтенъ усовершенствованный способъ передѣлки чугуна въ ковкое желѣзо, много доменныхъ печей стали идти на чугунъ, предназначенный не для литья, а для передѣлки въ ковкое желѣзо.

Стали (или вообще ковкаго желѣза) до конца прошлаго столѣтія не умѣли получать въ жидкомъ состояніи. Сначала только одинъ видъ желѣза, именно чугунъ, умѣли, и плавить, и отливать; затѣмъ научились получать въ тигляхъ и жидкую сталь, однако, еще весьма долгое время считали невозможной отливку стали непосредственно въ формы для полученія стального литья. Только въ 1857 году Бохумскій сталелитейный заводъ (Bochumer Gussstahlfabrik) сталъ выпускать стальныя издѣлія, полученныя путемъ отливки, а не проковки; прежде всего, изъ стали стали отливать колокола, затѣмъ перешли къ машиннымъ частямъ и инымъ предметамъ, и съ того времени уже изъ года въ годъ сталелитейное дѣло стало все больше и больше распространяться; именно стального литья въ настоящее время пользуются и такія издѣлія, кои отлиты изъ ковкаго желѣза, не представляющаго, по своему составу и свойствамъ, собственно стали ¹⁾.

¹⁾ Надо упомянуть здѣсь, что названіе „сталь“ (Stahl;—steel;—acier) не всегда примѣняется въ одномъ опредѣленномъ значеніи; въ Великобританіи, Сѣверной Америкѣ и Франціи принято называть сталью всякое ковкое желѣзо, полученное въ жидкомъ состояніи; такъ что расширеніе понятія „стальное литье“ находитъ здѣсь отчасти себѣ оправданіе.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

Литейное желѣзо.

Не всякое желѣзо ¹⁾ способно къ отливкѣ. Еслибы мы стали пытаться плавить и отливать, безъ особенныхъ предосторожностей и безъ примѣсей, измѣняющихъ химическій составъ, химически чистое желѣзо (въ промышленности вообще не получаемое), или то легко ковкое и свариваемое желѣзо, которое употребляется кузнецами и слесарями и, которое по своему составу ближе всего стоитъ къ химически чистому желѣзу, то насъ несомнѣнно постигла-бы неудача. Несмотря на то, что температура плавленія этого желѣза весьма высока (1800° Ц. или еще выше), и такимъ образомъ плавленіе и необходимый для отливки перегрѣвъ возможны только при помощи специальныхъ печей,—жидкій металлъ долженъ былъ-бы поглотить много газовъ; во время остыванія, газы изъ такого металла должны выдѣлиться обратно, заставляя металлъ вспучиваться, а потому литейныя формы не могутъ быть совершенно выполнены; въ результатѣ получилось-бы мало къ чему пригодное, сильно пузыристое литье.

Путемъ сплавленія желѣза съ посторонними тѣлами это свойство можетъ быть измѣнено: температура плавленія понизится, выдѣленіе газовъ уменьшится или совершенно прекратится, а металлъ сдѣлается способнымъ къ отливкѣ.

Количество постороннихъ тѣлъ, коихъ присутствіе оказываетъ такое дѣйствіе, составляетъ иногда (при литомъ желѣзѣ ²⁾) или стали) менѣе 1%, въ чулунѣ по большей части

¹⁾ Подъ словомъ желѣзо понимается здѣсь этотъ металлъ въ самомъ общемъ смыслѣ.

²⁾ Литымъ желѣзомъ въ широкомъ значеніи, или литымъ металломъ, въ противоположность сварочному желѣзу, называется всякое ковкое желѣзо, полученное въ жидкомъ состояніи; въ болѣе узкомъ значеніи, въ противоположность литой стали, литымъ желѣзомъ называется мягкое литое желѣзо.

отъ 5 до 10%. Главнымъ образомъ углероду и кремнію объяснено желѣзо своимъ литейнымъ свойствомъ; равнымъ образомъ фосфоръ оказываетъ благопріятное вліяніе на литейныя свойства желѣза, но вредитъ прочности готоваго литья, если содержится въ значительныхъ количествахъ; затѣмъ нѣкоторое содержаніе марганца бываетъ иногда полезно, въ новѣйшее же время употребляютъ также нерѣдко, въ видѣ примѣси, алюминій для облегченія отливки литого металла.

Ниже, при изложеніи о различныхъ видахъ желѣза и его свойствахъ, будетъ подробно сообщено, въ какомъ количествѣ названныя тѣла должны быть примѣшаны къ желѣзу, чтобы сообщить ему литейныя свойства и неособенно вредитъ ему въ прочихъ отношеніяхъ. Иныя тѣла, рѣдко отсутствующія въ желѣзѣ, полученномъ промышленнымъ путемъ, какъ-то, сѣра, мышьякъ, сурьма, мѣдь, никель, по своему незначительному содержанію обыкновенно не оказываютъ замѣтнаго вліянія на литейныя свойства желѣза. Желѣзо раздѣляетъ вполнѣ, съ большею частью прочихъ металловъ, свойство дѣлаться пригоднымъ для полученія предметовъ употребленія путемъ отливки при помощи сплавленія съ другими тѣлами. Мѣдь, никель, серебро, золото обладаютъ въ этомъ отношеніи такими же свойствами, какъ желѣзо, и потому никогда не употребляются для литья въ чистомъ видѣ.

I. Чугунъ.

Чугуномъ (Roheisen;—cast-iron, pig-iron;—fonte) называется желѣзо со значительною примѣсью постороннихъ тѣлъ, вполнѣ потерявшее, благодаря этимъ примѣсямъ, ковкость, свойственную болѣе чистому желѣзу; для чугуна характерно, что онъ плавится при сравнительно низкой температурѣ (1100° до 1200° Ц.) и, притомъ вдругъ, т. е., переходитъ въ жидкое состояніе, не размягчаясь по мѣрѣ возвышенія температуры; равнымъ образомъ онъ вдругъ же затвердѣваетъ.

Содержаніе примѣсей, составляющее границу между чугуномъ и ковкимъ желѣзомъ (сталью), колеблется около 2,3% и, зависить, впрочемъ, отъ свойства самихъ примѣсей; во всякомъ случаѣ переходъ совершается постепенно, такъ что нельзя здѣсь провести совершенно точной границы.

Самую важную изъ примѣсей чугуна является углеродъ, коего содержаніе только въ исключительныхъ случаяхъ мѣнѣе 2,5%, по большей же части 3 до 4%, а иногда еще больше; рядомъ съ углеродомъ находятся всѣ упомянутые уже спутники.

Чугунъ производится въ доменныхъ печахъ (Hochofen;—blast-furnace;—haut fourneau) (шахтныхъ печахъ съ дутьемъ) высотой отъ 10 до 25 метровъ, путемъ плавленія желѣзныхъ рудъ при помощи древеснаго угля, кокса, въ нѣкоторыхъ

случаяхъ, при помощи сырого не спекающагося каменнаго угля (Шотландія) или антрацита (Пенсильванія).

Путемъ прибавленія плавней, обыкновенно известняка, достигается образованіе достаточно плавкихъ шлаковъ изъ нелетучихъ пустыхъ составныхъ частей руды. Въ нижней части доменной печи собирается расплавленный и сильно перегрѣтый чугуны (температура передъ фурмами,—отверстіями для вдуванія воздуха,—составляетъ обыкновенно около 2000° Ц.); онъ выпускается, по временамъ, изъ печи путемъ пробиванія особаго выпускнаго отверстія. Расплавленный чугуны направляють въ особыя формы, въ коихъ онъ застываетъ и, даетъ такъ называемые штыки, чушки или свинки (Masseln, Gänzen; pig, casting-pig;—gueuse, saumon), или же непосредственно отливають изъ него предметы употребленія. Последний способъ, бывшій до конца прошлаго столѣтія единственно употребительнымъ,—вслѣдствіе измѣнившихся условій времени и преобразованнаго хода доменныхъ печей,—нынѣ примѣняется сравнительно рѣдко. Подробнѣе будетъ сказано объ этомъ во второй главѣ.

Для сбереженія въ горючемъ, въ настоящее время почти безъ исключенія, при доменной плавкѣ пользуются болѣе или менѣе горячимъ дутьемъ. (Температура дутья отъ 400° до 800° Ц.); благодаря этому, въ нижней части доменной печи развиваются весьма высокія температуры. Опытъ, кромѣ того, поучаетъ насъ, что при плавкѣ на минеральномъ горючемъ (коксъ, каменный уголь) температура выше, чѣмъ при плавкѣ на древесномъ углѣ. Возвышенная температура способствуетъ болѣе энергичному возстановленію изъ рудъ постороннихъ тѣлъ, воспринимаемыхъ чугуномъ. Нѣкоторыя тѣла, переходящія при менѣе высокой температурѣ въ шлакъ, при высшихъ температурахъ переходятъ отчасти въ чугуны (титанъ, хромъ, щелочные металлы). *Поэтому чугуны, полученный на древесномъ углѣ, въ общемъ чище въ отношеніи постороннихъ примѣсей, чѣмъ чугуны, полученный на минеральномъ горючемъ; чугуны, полученный при холодномъ или слабо нагрѣтомъ дутьѣ, чище, чѣмъ чугуны, полученный при сильно нагрѣтомъ дутьѣ.*

Насколько болѣшая чистота полезна или вредна,—зависитъ отъ того спеціальнаго назначенія, коему долженъ удовлетворять чугуны, и отъ способа его обработки.

По техническому составу и по свойствамъ, зависящимъ отъ состава, различають нижеслѣдующіе разновидности и сорта чугуна.

1. Бѣлый и марганцовый чугуны.

Цвѣтъ излома, соотвѣтственно названію этой разновидности чугуновъ,—бѣлый; сложеніе, измѣняющееся въ различныхъ сортахъ,—пластинчатое, лучистое или плотное. Бѣ-

лый чугуны (weisses Roheisen;—white pig-iron, forge-pig;—fonte blanche, fonte d'affinage) настолько тверды, что терпугъ (напилокъ) его не беретъ; въ то же самое время большая часть сортовъ бѣлаго чугуна настолько хрупка, что въ стальной ступкѣ поддается измельченію безъ затрудненій.

Отсюда уже само собою явствуетъ, что бѣлый чугуны, самъ по себѣ, не годится для непосредственнаго полученія литья. Въ литейномъ дѣлѣ его тѣмъ не менѣе иногда употребляютъ для переплавки въ смѣси съ другими чугунами (сѣрымъ и кремнистымъ чугунами) и, такимъ образомъ, измѣняютъ его свойства; кромѣ того пользуются имъ для полученія такъ называемаго ковкого чугуна, т. е. литья, которое послѣ отливки подвергается окислительному накаливанию и, превращается въ ковкое желѣзо, потерявъ большую часть своего углерода.

Существенными составными частями бѣлаго чугуна являются желѣзо и углеродъ. Послѣдній равномерно сплавленъ съ желѣзомъ, и для глаза такимъ образомъ незамѣтенъ; отъ желѣза онъ можетъ быть отдѣленъ только химическимъ путемъ. Количество его въ обыкновенномъ бѣломъ чугуны составляетъ отъ 3 до 4%, однако, при значительномъ содержаніи марганца, можетъ возрасти до 7% ¹⁾.

Содержаніе марганца не является существеннымъ для полученія бѣлаго чугуна; тѣмъ не менѣе марганецъ является важною составною частью нѣкоторыхъ сортовъ бѣлаго чугуна.

Если содержаніе марганца превосходитъ 25%, тогда сплавъ получаетъ названіе марганцоваго чугуна или ферромарганца. (Eisenmangan;—ferromanganese;—ferromanganèse).

Содержаніе кремнія никогда не бываетъ значительнымъ, и, оно вообще не можетъ быть значительнымъ по тѣмъ причинамъ, которыя будутъ объяснены при изложеніи свойствъ сѣраго чугуна; иначе чугуны потеряли бы свою особенность бѣлаго чугуна. Впрочемъ, содержаніе кремнія можетъ быть тѣмъ выше, чѣмъ выше содержаніе марганца, и, чѣмъ ниже содержаніе углерода. Между марганцовымъ чугуномъ, съ высокимъ содержаніемъ марганца и углерода, и между бѣлымъ чугуномъ, съ малымъ содержаніемъ марганца и углерода, выступаютъ нѣкоторые сорта бѣлаго чугуна, которые, въ своихъ чистѣйшихъ формахъ, явственно другъ отъ друга отличаются, хотя при переходѣ отъ одного сорта къ другому существуетъ цѣлый рядъ менѣе явственно выраженныхъ членовъ.

Ниже слѣдуетъ перечисленіе и описаніе этихъ сортовъ.

¹⁾ Болѣе подробно относительно различныхъ формъ углерода въ чугуны говорится въ изложеніи о сѣромъ чугуны; также въ сочиненіи A. Ledebur; Das Roheisen, 3 Auflage, Leipzig 1891, Seite 11.

Марганцовые чугуны (Eisenmangan;—ferromanganese;—ferromanganèse). Содержаніе марганца колеблется между 30 и 80%, а содержаніе углерода между 5 и 7%. Эти чугуны имѣютъ въ изломѣ желтовато-бѣлый цвѣтъ и плотное сложеніе; мѣстами, гдѣ при остываніи воздухъ имѣлъ ограниченный доступъ, часто появляются великолѣпные цвѣта отпуска стали; эти чугуны обладаютъ сильною склонностью къ выдѣленію въ пустотахъ иглообразныхъ или столбообразныхъ кристалловъ; необыкновенная хрупкость—характерна для этого сорта чугуновъ, такъ что для литейнаго дѣла, сами по себѣ, они никогда не примѣняются. Прямое назначеніе ихъ заключается въ примѣненіи при полученіи литого ковкаго металла (литого желѣза, стали) въ качествѣ примѣси, служащей для удаленія кислорода, поглощеннаго металломъ во время процесса.

Зеркальный чугунъ. (Spiegeleisen;—spiegel-iron, specular iron;—fonte blanche miroitante ou lamelleuse). Этимъ именемъ опредѣляютъ особый сортъ чугуна, ясно отличающійся въ изломѣ своимъ крупнымъ листоватымъ сложеніемъ, припоминающимъ, по плоскостямъ отдѣльностей, зеркало; плоскости отдѣльностей идутъ приблизительно перпендикулярно къ внѣшней поверхности кусковъ, но взаимно перекрещиваются по различнымъ направленіямъ, такъ что, вслѣдствіе этихъ перекрещиваній, получаются какъ бы кристаллическія формы; пустоты зеркальныхъ чугуновъ заростають тонкими пластинками, которыя отчасти вѣерообразно лежатъ другъ на другѣ и другъ возлѣ друга, отчасти же группами перекрещиваются. При тщательномъ изслѣдованіи, при помощи лупы или микроскопа, оказывается, что каждая изъ этихъ пластинокъ состоитъ изъ ряда параллельныхъ, плотно лежащихъ другъ возлѣ друга столбиковъ четырехугольнаго сѣченія, принадлежащихъ къ ромбической системѣ. На нѣкоторыхъ пластинкахъ, при помощи увеличительнаго стекла, нерѣдко можно замѣтить капле-или бородавкообразныя выдѣленія ¹⁾).

Въ изломѣ зеркальный чугунъ имѣетъ бѣлый цвѣтъ, однако нерѣдко, особенно при болѣе значительномъ содержаніи марганца, появляются цвѣта отпуска стали, какъ и при марганцовыхъ чугунахъ. Твердость и хрупкость—значительны. Химическое изслѣдованіе зеркальныхъ чугуновъ показало углерода 4 до слишкомъ 5% и постоянное присутствіе марганца, коего содержаніе обыкновенно колеблется между 6 и 20%. Если содержаніе марганца переходитъ черезъ эту гра-

¹⁾ Martens, Mikrostruktur des Spiegeleisens, Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure Jahrgang 1878, S. 205, 484 (съ рисунками); также A. Ledebur, Das Roheisen, 3 Auflage, Leipzig 1891, S. 28.

ницу, то листоватое сложеніе становится менѣ явственнымъ, и зеркальный чугуны переходить въ марганцовый.

Въ случаѣ, когда содержаніе углерода въ зеркальномъ чугуны падаетъ ниже 4%, зеркало становится уже и менѣ отчетливо, и чугуны называется полужеркальнымъ.

Бѣлый лучистый чугуны. (Weissstrahl, weissstrahliges Roheisen;—radiated crystalline pig-iron;—fonte blanche à fines lamelles). Содержаніе марганца и углерода менѣ значительно, чѣмъ при зеркальномъ чугуны (марганца 0,5 до 5%, углерода 3,0 до 4%), содержаніе же кремнія — незначительно. Поверхность излома показываетъ въ сортахъ, стоящихъ поближе къ зеркальному чугуны, явственно лучистое сложеніе, которое становится тѣмъ менѣ отчетливымъ и тѣмъ болѣе переходить въ мелкозернистое, чѣмъ меньше въ чугуны марганца и углерода. Цвѣтъ не такой чистый бѣлый, какъ при зеркальномъ чугуны, но показываетъ слабый сѣроватый оттѣнокъ. Твердость значительная, хрупкость же неполнѣ такая же значительная, какъ при зеркальномъ чугуны, однако же всегда достаточная для того, чтобы сдѣлать чугуны способнымъ къ раздробленію.

Въ литейныхъ мастерскихъ этотъ чугуны иногда примѣняется въ качествѣ примѣси къ сѣрому чугуны съ цѣлью увеличенія твердости послѣдняго. Для этой цѣли онъ лучше пригоденъ, чѣмъ болѣе богатые марганцемъ, а потому болѣе хрупкіе чугуны; вдобавокъ зеркальный чугуны дороже.

Обыкновенный бѣлый чугуны. (Gewöhnliches Weisseisen, Treibeisen;—white pig-iron;—fonte blanche). Содержаніе углерода рѣдко превышаетъ 3,5%, а содержаніе марганца не превосходитъ 1%. Лучистое сложеніе исчезло и уступило свое мѣсто тонкозернистому строенію, которое весьма близко можно сравнить со сложеніемъ излома свѣжаго сыра. Напилкъ этого чугуна также почти не беретъ; хрупкость значительно меньше, чѣмъ при вышеупомянутыхъ марганцовистыхъ сортахъ; особенно ясно замѣтно это при разбиваніи малыхъ кусковъ.

Въ литейныхъ мастерскихъ употребляютъ этотъ чугуны въ качествѣ примѣси къ другимъ чугунамъ, чтобы измѣнить ихъ качества, и, кромѣ того, какъ матеріалъ для вышеупомянутаго получения ковкаго чугуна; по возможности мало марганцовистый бѣлый чугуны, съ нѣсколькими десятими процента кремнія, для этой цѣли оказывается самымъ подходящимъ.

Нижеслѣдующая таблица анализовъ различныхъ сортовъ бѣлаго чугуна даетъ обзоръ упомянутыхъ соотношеній между химическимъ составомъ и внѣшними свойствами чугуновъ.

| | Углеродъ. | Марганецъ. | Кремній. | Сѣра. | Фосфоръ. | Мѣдь. |
|---|-----------|------------|----------|--------|----------|-----------|
| Марганцовый чугунъ завода „Phoenix“, мною изслѣдованный. | 6,94 | 76,95 | 0,02 | — | 0,24 | 0,37 |
| Марганцовый чугунъ завода „Hörde“, мною изслѣдованный. | 5,31 | 55,06 | 2,52 | — | 0,38 | 0,17 |
| Марганцовый чугунъ изъ Обергаузена, мною изслѣдованный | 5,53 | 35,43 | 0,06 | — | слѣды. | не опред. |
| Зеркальный чугунъ завода „Vulkan“, (Вѣнская выставка 1873 г.) | 4,77 | 18,70 | 0,09 | 0,01 | 0,28 | 0,12 |
| Зеркальный чугунъ Fg. Krupp'a мною изслѣдованный. | 5,30 | 11,30 | слѣды. | слѣды. | 0,01 | 0,16 |
| Зеркальный чугунъ завода „Georgs-Marienhütte“, изслѣдованный въ заводской лабораторіи | 4,07 | 4,75 | 0,20 | 0,05 | 0,08 | не опред. |
| Бѣлый лучистый чугунъ завода „Gleiwitz“ (Preuss. Ztschr. f. Berg-Hütten und Salinenwesen, Band 38, S. 5). | 3,93 | 3,54 | 0,85 | 0,02 | 1,07 | |
| Бѣлый лучистый чугунъ завода „Georgs-Marienhütte“, изслѣдованный въ заводской лабораторіи | 2,94 | 4,78 | 0,67 | слѣды. | 0,09 | |
| Бѣлый лучистый чугунъ завода „Reschitz“ (Kerpely, Ungarns Eisensteine und Eisenhüttenerzeugnisse S. 80) | 4,27 | 2,22 | 0,32 | — | 0,04 | 0,24 |
| Обыкновенный бѣлый чугунъ изъ Кэмберленда, мною изслѣдованный ¹⁾ | 3,03 | 0,16 | 0,28 | 0,10 | 0,02 | не опред. |
| Бѣлый чугунъ одного нѣмецкаго завода, мною изслѣдованный ¹⁾ . | 3,42 | 0,15 | 0,29 | 0,02 | 0,06 | » |
| Бѣлый чугунъ изъ Wziesko въ Верхней Силезіи (Zeitschrift f. Berg- Hütten und Salinenwesen, Bd. 38, S. 5). | 2,76 | 0,52 | 0,33 | 0,08 | 0,91 | » |

¹⁾ Чугунъ, предназначенный для полученія ковкаго чугуна.

2. Сѣрый и кремнистый (ферросилицій) чугуны.

а. Изломъ. Химическій составъ. Виды углерода.

Въ изломѣ сѣрый чугунъ (graues Roheisen; — grey pig-iron; — fonte grise) показываетъ явственно зернистое, иногда весьма крупно-зернистое сложеніе и сѣрый цвѣтъ; послѣдній происходитъ отъ графитовыхъ пластинокъ, выдѣляющихся при застываніи чугуна и, отлагающихся между зернами металла. Въ сортахъ чугуна, весьма богатыхъ графитомъ, этотъ графитъ вполне покрываетъ въ изломѣ собственно металлическую массу, и глазъ, въ сущности, видитъ только графитъ; при нѣскольکو меньшемъ содержаніи графита, въ нѣкоторыхъ мѣстахъ становится явственной коренная бѣлая масса желѣза, изъ коей выдѣлился графитъ; если количество графита еще болѣе уменьшится, тогда можно видѣть графитовыя пластинки разсѣянными по основной массѣ, и чугунъ представляетъ переходную ступень между сѣрымъ и бѣлымъ чугуномъ.

Причиной, вызывающей выдѣленіе графита, является присутствіе въ чугунѣ кремнія рядомъ съ углеродомъ; углеродъ, при застываніи чугуна нѣкоторымъ образомъ изгоняется кремніемъ изъ его раствора въ жидкомъ металлѣ и, является принужденнымъ выдѣлиться въ видѣ самостоятельнаго тѣла, въ кристаллической формѣ (въ гексагональныхъ пластинкахъ). Застывшій чугунъ, очевидно, можетъ содержать, рядомъ съ кремніемъ, въ сплавленномъ состояніи меньше углерода, чѣмъ жидкій и, такъ какъ кремній сильнѣе углерода, то углеродъ долженъ выдѣлиться.

Чѣмъ выше содержаніе кремнія, при опредѣленномъ содержаніи углерода, тѣмъ въ большей степени происходитъ превращеніе послѣдняго въ графитъ; чѣмъ выше содержаніе въ чугунѣ углерода, тѣмъ меньшее количество кремнія достаточно для возбужденія образованія графита.

Наоборотъ, къ малоуглеродистому чугуну можно прибавить довольно значительныя количества кремнія безъ явственнаго образованія графита, какъ показываютъ вышеприведенныя анализы бѣлаго чугуна.

Содержаніемъ марганца затрудняется выдѣленіе графита. Бѣлый чугунъ, болѣе богатый марганцемъ, можетъ поэтому содержать болѣе значительное количество кремнія, не становясь сѣрымъ; бѣлые марганцовые чугуны могутъ содержать многія сотыя доли процента кремнія. Если отнять отъ сѣраго чугуна его кремній (напримѣръ, путемъ окисленія въ жидкомъ состояніи), то онъ превращается въ бѣлый чугунъ; если же бѣлому чугуну дать возможность воспринять достаточное количество кремнія, то онъ превратится въ сѣрый.

Чѣмъ больше возрастаетъ въ чугуиъ содержаніе кремнія, тѣмъ сильнѣе уменьшается способность жидкаго металла къ воспринятію углерода; общее содержаніе углерода въ сѣромъ чугуиъ поэтому, въ общемъ, тѣмъ меньше, чѣмъ выше содержаніе въ немъ кремнія. Отсюда слѣдуетъ, что общее содержаніе углерода въ сѣромъ чугуиъ никогда не можетъ достигнуть тѣхъ высшихъ цифръ, кои встрѣчаются при бѣломъ чугуиъ. Содержаніе углерода рѣдко превышаетъ 4% и, въ большинствѣ случаевъ, составляетъ 3 до 3,5%. Вмѣстѣ съ общимъ содержаніемъ углерода должно уменьшаться также содержаніе графита; самыми богатыми графитомъ сортами будутъ тѣ чугуны, кои содержатъ около 2% кремнія и 3,5 до 4% углерода; въ этихъ чугунахъ углеродъ преимущественно является въ видѣ графита.

Содержаніемъ марганца затрудняется не только выдѣленіе графита, какъ это выше было замѣчено, и поощряется образованіе бѣлаго чугуна, но также увеличивается способность чугуна къ воспринятію углерода; въ обоихъ отношеніяхъ марганецъ дѣйствуетъ поэтому прямо противоположно кремнію.

Небольшія количества неграфитоваго углерода находятся въ каждомъ сѣромъ чугуиъ, рядомъ съ графитомъ, въ тѣмъ болѣе степени, чѣмъ чугуиъ бѣднѣе кремніемъ. Если обрабатывать чугуиъ горячей соляной кислотой, то этотъ неграфитовый углеродъ выдѣляется въ видѣ углеводороднаго газа съ характернымъ запахомъ въ то время, когда графитъ остается нетронутымъ вмѣстѣ съ прочими нерастворимыми составными частями чугуна. Обыкновенно этотъ углеродъ называютъ химически связаннымъ углеродомъ (въ отличіе отъ графитоваго), такъ какъ онъ находится въ химическомъ соединеніи съ желѣзомъ или нѣкоторою частью послѣдняго. Углеродъ бѣлаго чугуна выступаетъ исключительно, или почти исключительно, въ этомъ связанномъ состояніи.

Вліяніе кремнія на образованіе графита можно видѣть изъ нижеслѣдующей таблицы, доставленной опытами Turner'a, (Тэрнера), при которыхъ малокремнистый чугуиъ подвергался сплавленію съ возрастающими количествами кремнистаго чугуна съ 9,89% кремнія ¹⁾).

Содержаніе графита возрастаетъ здѣсь вообще по мѣрѣ возрастанія содержанія кремнія до 3,92%; начиная съ этого содержанія, количество графита уменьшается опять, и причиною, повидимому, является болѣе большое содержаніе марганца въ болѣе кремнистыхъ пробахъ, а потому затрудняется выдѣленіе графита.

¹⁾ Journal of the Iron and Steel Institute, 1886 I, p. 174; „Stahl und Eisen“ 1887, Seite 564.

| Кремній. | Углеродъ. | | | Фосфоръ. | Марганецъ. | Сѣра. |
|----------|-----------|----------|------------|----------|------------|-------|
| | Вообще. | Графитъ. | Связанный. | | | |
| 0,19 | 1,98 | 0,38 | 1,60 | 0,32 | 0,14 | ,05 |
| 0,45 | 2,00 | 0,10 | 90 | 0,33 | 0,21 | 0,05 |
| 0,96 | 2,09 | 0,24 | 1,85 | 0,33 | 0,26 | 0,04 |
| 1,37 | 2,21 | 0,50 | 1,71 | 0,30 | — | 0,05 |
| 1,96 | 2,18 | 1,62 | 0,56 | 0,28 | 0,60 | 0,03 |
| 2,51 | 1,87 | 1,19 | 0,68 | 0,26 | 0,75 | 0,03 |
| 2,96 | 2,23 | 1,43 | 0,80 | 0,34 | 0,70 | 0,04 |
| 3,92 | 2,01 | 1,81 | 0,20 | 0,33 | 0,84 | 0,03 |
| 4,74 | 2,03 | 1,66 | 0,37 | 0,30 | 0,95 | 0,05 |
| 7,83 | 1,86 | 1,48 | 0,38 | 0,29 | 1,36 | 0,03 |
| 9,80 | 1,81 | 1,12 | 0,69 | 0,21 | 1,95 | 0,04 |

Не менѣе отчетливо можно видѣть вліяніе содержанія кремнія при сравненіи различныхъ сортовъ чугуна, получаемыхъ въ одной и той же доменной печи изъ однихъ и тѣхъ же рудъ, но при различномъ ходѣ домны: такіе чугуны, соотвѣтственно обстоятельствамъ плавки, отличаются различнымъ содержаніемъ кремнія.

Нижеслѣдующая таблица, обнародованная по случаю Парижской всемірной выставки 1878 года, даетъ, на примѣръ, средній составъ литейныхъ чугуновъ, полученныхъ на французскомъ заводѣ „Terrenoire“ (см. слѣдующую страницу)¹⁾.

Обыкновенно графитъ образуется во время застыванія чугуна и тогда же, упомянутымъ уже образомъ, отлагается внутри чугунаго куска между его зернами; случается, однако, что чугунъ, пересыщенный углеродомъ и кремніемъ въ сильно нагрѣтомъ состояніи, при наступающемъ охлажденіи, выделяетъ еще въ жидкомъ состояніи часть углерода въ видѣ графита. Графитъ значительно легче желѣза²⁾; онъ всплываетъ поэтому на поверхность жидкаго металла, собирается тамъ и остается въ видѣ пластинокъ въ неправильныхъ рых-

¹⁾ A. v. Kerpely. Eisen und Stahl auf der Weltausstellung zu Paris 1878. Leipzig 1879, Seite 76.

²⁾ Удѣльный вѣсъ графита 2,3, чугуна 7,3.

лыхъ скопленіяхъ; при истеканіи такого чугуна иногда случается даже, что часть образовавшагося графита совершенно отдѣляется отъ чугуна и осѣдаетъ на краяхъ борозды, по которой течетъ металлъ. Этотъ графитъ, выдѣлившійся еще изъ жидкаго чугуна, называется *спѣлью* (Garschaum; — iron-froth; — écume de fonte). Въ противоположность графиту, образующемуся въ застывающемъ чугуна, спѣль не составляетъ существенной составной части металла, но является неприятнымъ спутникомъ нѣкоторыхъ сортовъ чугуна, вредящимъ внѣшнему виду издѣлій въ томъ случаѣ, если подобный чугунъ былъ прямо употребленъ для отливки (безъ предварительной переплавки); весьма часто литье оказывается совершенно негоднымъ къ употребленію, когда спѣль образуетъ неплотныя, рыхлыя мѣста.

| | Кремній. | Графитъ. | Связанный углеродъ. | Вообще углеродъ. | Марганецъ. | Сѣра. | Фосфоръ. |
|-------------|----------|----------|------------------------|---------------------|------------|-------|----------|
| Чугунъ № I. | 2,25 | 3,25 | 0,94 | 4,19 | 1,25 | 0,02 | 0,05 |
| II. | 1,95 | 2,55 | 1,23 | 3,78 | 1,05 | 0,04 | 0,05 |
| III. | 1,75 | 1,95 | 1,52 | 3,47 | 0,95 | 0,06 | 0,05 |
| IV. | 1,55 | 1,15 | 2,08 | 3,23 | 0,65 | 0,07 | 0,04 |
| V. | 1,45 | 0,85 | 2,17 | 3,02 | 0,58 | 0,09 | 0,05 |

Изъ того обстоятельства, что графитъ въ сѣромъ чугуна образуется только во время застыванія, — а если и наступаетъ его образованіе до этого времени, то онъ выдѣляется въ видѣ спѣли, — должно слѣдовать, что расплавленный металлъ вовсе не можетъ содержать готоваго графита. Если сѣрый чугунъ расплавить, то графитъ снова растворится, т. е. онъ превратится въ „связанный углеродъ“ затѣмъ, чтобы, при новомъ застываніи, снова принять видъ графита, если только въ жидкомъ состояніи не произошло измѣненіе въ химическомъ составѣ чугуна, препятствующее выдѣленію графита (напр., если удаленъ кремній). По новѣйшимъ изслѣдованіямъ, алюминій ¹⁾ также оказываетъ на образованіе графита въ чугуна вліяніе, подобное кремнію; алюминій, впрочемъ, никогда не переходитъ въ чугунъ, подобно кремнію во время доменной плавки, а можетъ быть введенъ въ чугунъ только

¹⁾ Сравни объ этомъ „Stahl und Eisen“ 1889, Seite 110; F. Gäutier, Les alliages ferrométalliques, St.-Etienne, 1889, p. 123.

НБ
УДУНТ
ИПБТ

путемъ прибавленія металлическаго алюминія или его желѣзнаго сплава, полученныхъ особымъ способомъ ¹⁾).

Алюминій еще сильнѣе кремнія способствуетъ выдѣленію изъ чугуна графита; высокая цѣна этой примѣси въ настоящее время препятствуетъ болѣе широкому примѣненію ея съ цѣлью поощренія выдѣленія графита.

Фосфоръ не оказываетъ вліянія на образованіе графита.

Болѣе значительнымъ содержаніемъ сѣры ослабляется способность желѣза къ воспринятію углерода, и затрудняется поэтому образованіе графита; слѣдовательно сѣра способствуетъ полученію бѣлаго малоуглеродистаго чугуна или же доставляетъ чугунъ, склонный къ отбѣливанію. Уже при 0,15% сѣры подобное вліяніе можетъ оказаться замѣтнымъ. О вліяніи марганца было упомянуто выше; онъ увеличиваетъ способность желѣза къ воспринятію углерода и затрудняетъ образованіе графита, слѣдовательно способствуетъ образованію бѣлаго сильноуглеродистаго чугуна.

Прочія тѣла, находящіяся въ чугунѣ, въ дѣлѣ образованія графита не имѣютъ значенія.

Степень выдѣленія графита зависитъ не только отъ химическаго состава чугуна, но также отъ условій застыванія расплавленнаго металла; чѣмъ медленнѣе идетъ застываніе, т. е. переходъ изъ жидкаго состоянія въ твердое, тѣмъ полнѣе совершается выдѣленіе графита; чѣмъ быстрѣе идетъ застываніе, тѣмъ меньше образуется графита. Нѣкоторые сорта чугуна, содержащіе лишь столько кремнія и углерода, сколько необходимо для выдѣленія углерода отчасти въ видѣ графита, слѣдовательно, для полученія сѣраго чугуна, затвердѣваютъ безъ замѣтнаго образованія графита, со всѣми признаками бѣлаго чугуна, если только ихъ быстро охладить (напр., путемъ отливки въ желѣзные формы); этимъ послѣднимъ путемъ получаютъ такъ называемое „закаленное литье“ (Hartguss, Kapselguss;—chilled work, case-hardened casting;—fonte à la volée, fonte durcie ou blanche), т. е. литье, коего поверхность въ нѣкоторыхъ мѣстахъ нарочно быстро охлаждена; въ этихъ мѣстахъ получается весьма жесткій бѣлый чугунъ въ то время, когда болѣе медленно охлажденные мѣста являются болѣе мягкими и, слѣдовательно, менѣе хрупкими (ходовыя колеса съ закаленною ходовою поверхностью, полировальные валки съ закаленною поверхностью, броня Грузона для укрѣпленій и много иныхъ издѣлій). По-

¹⁾ Если въ былое время въ нѣкоторыхъ сортахъ чугуна иногда умѣли находить алюминій, то, по новѣйшимъ изслѣдованіямъ, не подлежитъ ни малѣйшему сомнѣнію, что это были только аналитическія ошибки. Нѣ самому никогда не удалось открыть въ чугунѣ ни слѣда металлическаго алюминія (происходящаго не отъ шлаковыхъ включеній), даже и въ такомъ металлѣ, въ коемъ алюминій долженъ былъ будто бы находиться.

этому одинъ и тотъ же сѣрый чугунъ можетъ принимать совершенно иной видъ въ изломѣ, показывать иное содержаніе графита и иныя механическія свойства, смотря потому, медленнѣе или быстрѣе былъ онъ охлажденъ. Такъ какъ середина отлитыхъ издѣлій обыкновенно охлаждается медленнѣе, чѣмъ края, то и содержаніе графита тамъ болѣе значительно, чѣмъ по близости къ поверхности; разница становится тѣмъ замѣтнѣе, чѣмъ больше различія въ поперечныхъ размѣрахъ литья.

Неграфитовый углеродъ сѣраго чугуна, называемый вообще „связаннымъ углеродомъ“,—такъ какъ онъ дѣйствительно находится въ соединеніи съ желѣзомъ или нѣкоторою частью его,—выступаетъ въ свою очередь, въ двухъ различныхъ видахъ и оказываетъ на чугунъ различное вліяніе, смотря по тому, находится ли онъ въ одномъ или другомъ видѣ.

Одинъ изъ этихъ видовъ углерода называется „углеродомъ закала“; онъ сплавленъ равномерно со всей массой желѣза, и получилъ свое названіе оттого, что своимъ присутствіемъ весьма сильно увеличиваетъ твердость металла; его можно выдѣлить, растворя желѣзо, какъ въ горячей, такъ и въ холодной разбавленной соляной или сѣрной кислотѣ, въ видѣ углеводороднаго газа съ сильнымъ запахомъ; такъ какъ лишь въ рѣдкихъ случаяхъ желѣзо бываетъ совершенно лишено этого вида углерода, то этотъ запахъ почти всегда можно замѣтить, если только обрабатывать желѣзо упомянутымъ образомъ.

При раствореніи желѣза въ азотной кислотѣ, этотъ углеродъ остается въ видѣ чернаго порошка, исчезающаго довольно быстро съ выдѣленіемъ газовъ во время нагреванія раствора. Углероду закала обязанъ бѣлый чугунъ значительной степенью своей твердости (жесткости).

Второй видъ углерода, извѣстнаго вообще подъ именемъ связаннаго, называется „углеродомъ отпуска“; онъ соединенъ съ опредѣленнымъ количествомъ желѣза и образуетъ сплавъ опредѣленнаго химическаго состава,—по всей вѣроятности, настоящее химическое соединеніе, «карбидъ», распределенное въ коренной массѣ желѣза въ видѣ сѣти или волоконъ ¹⁾).

Карбидъ содержитъ около 7,2% углерода, и соответствуетъ поэтому приблизительно химической формулѣ— Fe^3C^2). Если растворить желѣзо въ холодной разбавленной соляной или сѣрной кислотѣ, то карбидъ останется въ видѣ сѣрочерной массы вмѣстѣ съ нѣкоторымъ количествомъ графита; въ кипящей кислотѣ онъ разлагается при выдѣленіи углеводороднаго газа. При раствореніи желѣза въ азотной ки-

¹⁾ Рисунки вытравленныхъ отшлифованныхъ поверхностей на коихъ карбидъ явственно замѣтенъ: A. Ledebur, Das Roheisen, 3 Auflage, S. 16.

²⁾ „Stahl und Eisen“ 1886, S. 373; 1888, S. 292 und 743.

слотъ остается онъ сначала въ видѣ бурыхъ хлопьевъ, растворяющихся затѣмъ при нагреваніи и, сообщающихъ раствору бурый цвѣтъ.

Карбидъ, о которомъ здѣсь идетъ рѣчь, самъ по себѣ довольно твердъ; такъ какъ онъ, въ качествѣ самостоятельного тѣла, распределенъ среди значительной массы остального желѣза, то, конечно, не можетъ оказывать существеннаго вліянія на степень твердости послѣдняго. При опредѣленномъ общемъ содержаніи связаннаго углерода количество углерода закала должно быть тѣмъ менѣе, чѣмъ больше количество углерода отпуска; на этомъ основаніи степень твердости, зависящая отъ содержанія углерода закала, будетъ тѣмъ меньше, чѣмъ большее количество связаннаго углерода является въ видѣ углерода отпуска.

Въ расплавленномъ чугунахъ углеродъ отпуска, подобно графиту, растворенъ равномерно; расплавленный металлъ содержитъ только одинъ видъ углерода, именно углеродъ закала. Карбидъ образуется при постепенномъ остываніи уже отвердѣвшаго желѣза, именно при температурахъ между 600 и 700° Ц.¹⁾; чѣмъ медленнѣе совершается охлажденіе, тѣмъ значительнѣе будетъ отношеніе между углеродомъ отпуска и углеродомъ закала. Небольшія количества углерода закала обыкновенно содержатся въ желѣзѣ, охлажденномъ весьма медленно, и наоборотъ, весьма быстро охлажденное желѣзо постоянно, рядомъ съ углеродомъ закала, содержитъ углеродъ отпуска.

3. Кремнистый чугунъ (ферросилицій).

(Siliciumeisen;—ferrosilicon;—ferrosilicium).

Кремній въ сѣромъ чугунахъ составляетъ ту часть, которая въ немъ обусловливаетъ образованіе графита и, слѣдовательно, сѣраго чугуна; казалось бы поэтому, что чугуны, самые богатые содержаніемъ кремнія, должны представлять самую совершенную форму сѣрыхъ чугуновъ. По мѣрѣ возрастанія содержанія кремнія, ослабляется вообще способность желѣза къ воспріятію углерода, какъ мы это уже видѣли на страницѣ 12; вмѣстѣ съ тѣмъ должно уменьшаться и количество графита, если только содержаніе кремнія превысило извѣстную границу. Чистый кремнистый чугунъ, лишенный углерода, обладаетъ бѣлымъ цвѣтомъ подобно бѣлому чугунахъ; по мѣрѣ возрастанія содержанія въ чугунахъ кремнія долженъ наступить моментъ, когда углерода вообще и, графита въ частности, будетъ находиться въ металлѣ такъ мало, что имѣющихся чешуекъ графита недостаточно для покрытія бѣ-

¹⁾ F. Osmond, Transformations du fer et du carbone dans les fers, les aciers et les fontes blanches, Paris 1888, p. 28. Отсюда извлечено въ «Stahl und Eisen» 1888 Seite 364.

лой коренной массы, состоящей изъ сплава желѣза съ кремніемъ; въ этомъ случаѣ бѣлый цвѣтъ излома уже становится явственно замѣтнымъ. Возрастаніе содержанія кремнія (и уменьшеніе содержанія углерода) уже заблаговременно обнаруживается изломомъ бѣлаго цвѣта, переходящаго въ желтый; видъ строенія измѣняется: сложеніе излома становится болѣе тонко-зернистымъ, а иногда почти чешуйчатымъ.

Въ торговлѣ кремнистымъ чугуномъ (ферросилиціемъ) называютъ всякій стѣрый чугунъ, содержащій болѣе 5% кремнія. Бѣлая коренная масса обыкновенно замѣтна, на ряду съ графитомъ, при содержаніи кремнія около 10%; при содержаніи отъ 16 до 17% кремнія замѣтны только отдѣльныя графитовыя чешуйки, разсыяныя по основной бѣлой массѣ; такой сплавъ, по своему виду, похожъ на обыкновенный бѣлый чугунъ. Съ содержаніемъ кремнія, значительно превышающимъ 17%, кремнистаго чугуна въ большомъ количествѣ еще не получено, хотя опыты въ малыхъ размѣрахъ показали, что желѣзо можетъ сплавляться съ кремніемъ въ какихъ угодно отношеніяхъ ¹⁾. Для нѣкоторыхъ надобностей получаютъ сплавы, содержащіе кромѣ кремнія еще значительныя количества марганца (кремнисто-марганцовый чугунъ или кремнисто-зеркальный чугунъ); эти сплавы служатъ переходомъ между вышеупомянутыми марганцовыми чугунами и собственно кремнистыми.

Нижеслѣдующіе примѣры могутъ показать химическій составъ кремнистыхъ чугуновъ.

| | Углеродъ. | | Кремній. | Марганецъ. | Фосфоръ. | Сѣра. |
|---|-----------|---------|----------|------------|----------|-----------|
| | Графитъ. | Вообще. | | | | |
| Кремнистый чугунъ завода „Hörde“, мною изслѣдованный | 0,80 | 0,80 | 16,31 | 1,22 | 0,18 | не опред. |
| Кремнистый чугунъ оттуда-же (Jüngst, Schmelzversuche mit Ferrosilicium, S. 5) | 1,90 | 1,90 | 10,38 | 1,02 | 0,36 | 0,12 |
| Кремнистый чугунъ завода „Friedenshütte“ (Jüngst, тамъ-же) | 2,25 | 2,46 | 5,32 | 2,52 | 0,48 | 0,01 |
| Кремнисто-марганцовый чугунъ завода „Firminy“ („Stahl und Eisen“ 1889, S. 858). | не опред. | 1,42 | 16,99 | 18,09 | 0,08 | — |

¹⁾ Jahrbuch der Bergakademien zu Leoben und Pribram, Band 20, Seite 40.

НБ
УДУНТ
ИПБТ

Для прямого примѣненія къ отливкѣ кремнистый чугуны годится такъ же мало, какъ бѣлый; онъ твердъ, хрупокъ и, вдобавокъ, дорогъ: имъ пользуются вмѣсто того въ качествѣ примѣси; необходимой для обогащенія нѣкоторыхъ сортовъ желѣза и стали содержаніемъ кремнія въ томъ случаѣ, когда это требуется для нѣкоторыхъ цѣлей. Путемъ прибавленія кремнистаго чугуна къ бѣлому, можно бѣлый чугуны превратить въ сѣрый, какъ это было уже объяснено при изложеніи вліянія кремнія на содержаніе въ чугунахъ углерода; при надлежащемъ подборѣ пропорціи и подходящемъ составѣ бѣлаго чугуна можно получить прекрасный сѣрый литейный чугуны замѣчательной прочности.

Для этой надобности, въ послѣдніе годы, кремнистый чугуны нерѣдко находятъ примѣненіе. Подробнѣе объ этомъ будетъ сказано во второй главѣ.

4. Темносѣрый чугуны.

(Tiefgraues oder gares Roheisen;—black or dark grey pig-iron, kishy pig-iron; — fonte noire).

Если чугуны содержать около 3,5% углерода и 2 до 3,5% кремнія, то значительнѣйшая часть углерода выдѣляется въ видѣ графита и, чугуны получаетъ въ изломѣ темносѣрую окраску и крупнозернистое сложеніе. Чѣмъ сильнѣе чугуны были перегрѣты при плавленіи и, чѣмъ медленнѣе совершалось охлажденіе, тѣмъ крупнѣе должно быть зерно излома. Въ коксовыхъ доменныхъ печахъ, выплавляющихъ сѣрый чугуны, обыкновенно господствуютъ высшія температуры, чѣмъ въ древесноугольныхъ домнахъ, да, къ тому же, штыки коксоваго чугуна обыкновенно отливаются толще, чѣмъ древесноугольнаго;—весьма понятно поэтому, что коксовый чугуны при химическомъ составѣ, близкомъ къ составу древесноугольнаго, по большей части, обладаетъ болѣе крупнозернистымъ сложеніемъ.

Затѣмъ слѣдуетъ изъ рассмотрѣнія вліянія перегрѣва и охлажденія, что по внѣшнему виду излома нельзя дѣлать сколько нибудь надежныхъ заключеній о внутреннихъ свойствахъ литейнаго чугуна и, особенно о содержаніи въ немъ кремнія, столь важномъ въ практическомъ примѣненіи. Весьма не трудно, путемъ медленнаго охлажденія, сообщить чугуны въ изломѣ видѣ чугуна богатаго кремніемъ, если только количество углерода соотвѣтствуетъ вышеприведенному содержанію, хотя бы содержаніе кремнія и было ниже (1 до 2%); въ примѣненіи для чугунолитейнаго дѣла такой чугуны имѣетъ меньшую цѣнность. Сѣрый чугуны, со значительнымъ содержаніемъ графита и крупнозернистымъ изломомъ, обыкновенно называютъ темносѣрымъ или спѣлымъ. Сѣрые коксовые чугуны идутъ въ торговлѣ обыкновенно по номе-

рамъ. Чугунъ № I-й,—самый крупнозернистый и самый богатый графитомъ,—рядомъ съ графитомъ часто содержитъ значительное количество спѣли (страница 14), какъ на поверхности, такъ и въ пустотахъ; № II-й имѣетъ нѣсколько болѣе мелкое зерно. Чугунъ древесноугольной доменной плавки, соответствующій первому номеру коксового чугуна, получаетъ названіе «спѣлистаго»; слѣдующій же сортъ называется просто „спѣлымъ“. Анализы этихъ чугуновъ, ради лучшаго сравненія съ другими сортами сѣраго чугуна, приводятся ниже въ одной общей таблицѣ.

Темносѣрый чугунъ требуетъ при выплавкѣ болѣе значительнаго расхода горючаго, чѣмъ сѣрые менѣе графитистые чугуны; поэтому-то онъ и цѣнится дороже ¹⁾. Тѣмъ не менѣе было бы вполнѣ ошибочно думать, что, пользуясь исключительно этимъ сравнительно дорогимъ чугуномъ, можно имѣть самый лучший матеріалъ для литья. Литье, полученное изъ такого чугуна должно было бы быть мягкимъ, шероховатымъ и некрасивымъ на видъ, благодаря спѣли, весьма часто выдѣляющейся на поверхности. Настоящее свое значеніе получаетъ этотъ сортъ чугуновъ, по большей части, въ томъ случаѣ, когда приходится бѣдный кремніемъ и, слѣдовательно графитомъ, а потому твердый и хрупкій чугунъ, дѣлать болѣе пригоднымъ для литейнаго дѣла путемъ переплавки съ примѣсью этого темносѣраго чугуна. Такъ какъ при каждой новой переплавкѣ сѣраго чугуна теряется часть кремнія и графита, то получающееся въ литейномъ производствѣ крошье (Abfälle;—waste, refuse;—déchet) и бракованное литье требуетъ обыкновенно, при переплавкѣ, подобной примѣси.

5. Свѣтлосѣрый чугунъ.

(Lichtgrauес Roheisen; — light-grey pig-iron; — fonte grise claire).

Сложеніе въ изломѣ болѣе мелкозернистое, чѣмъ въ предыдущемъ сортѣ чугуна. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ излома, при внимательномъ взглядѣ, можно иногда замѣтить бѣлую коренную массу металла, не покрытую графитомъ.

Анализы этого чугуна обыкновенно показываютъ не болѣе 3,5% углерода и 1,5 до 2,5% кремнія. Впрочемъ, иногда чугунъ, относящійся по своему химическому составу къ темносѣрымъ, при ускоренномъ охлажденіи можетъ быть по

¹⁾ Стоимость производства вообще возрастаетъ параллельно съ увеличеніемъ содержанія кремнія, поэтому собственно кремнистый чугунъ въ торговлѣ еще дороже, чѣмъ темносѣрый; кремнистый чугунъ съ 10% кремнія обыкновенно цѣнится почти въ два раза дороже, чѣмъ сѣрый чугунъ съ 2,5% кремнія.

виду отнесенъ къ этому сорту, если только, само собой разумѣется, руководиться видомъ излома, какъ это дѣлается въ торговлѣ. Свѣтлосѣрый коксовый чугуны обыкновенно идетъ въ продажѣ подъ № III;—при древесноугольных чугунахъ этотъ сортъ обыкновенно пользуется общимъ названіемъ свѣтлосѣраго, или малосѣлаго, чугуна. Будучи употребленъ въ переплавку самъ по себѣ, этотъ чугуны лучше всего удовлетворяетъ требованіямъ, предъявляемымъ къ большинству издѣлій. Если количество кремнія въ этомъ чугуны является достаточно значительнымъ, то онъ часто пригоденъ, вмѣсто дорогого темносѣраго чугуна, для употребленія въ качествѣ улучшающей примѣси при переплавкѣ чугуновъ, слишкомъ бѣдныхъ кремніемъ; однако, чугуны этого сорта, болѣе бѣдные кремніемъ, нерѣдко сами требуютъ прибавленія темносѣраго чугуна, чтобы послѣ переплавки не сдѣлаться слишкомъ мало графитистыми.

6. Половинчатый и свѣтлый чугуны.

(Halbiertes Roheisen; — mottled pig-iron; — fonte truitée; — grelles Roheisen; — white pig-iron; — fonte blanche). Въ изломѣ зерно еще мельче, а графита еще меньше, чѣмъ въ предыдущемъ сортѣ чугуна; бѣлые мѣста въ изломѣ выступаютъ уже отчетливо и, чѣмъ меньше въ чугуны графита, тѣмъ большее пространство занимаютъ эти бѣлые мѣста. Анализы рѣдко показываютъ въ этомъ сортѣ чугуновъ болѣе 1,5% кремнія; чаще всего меньше; содержаніе углерода составляетъ обыкновенно около 3%, или немного болѣе.

Коксовый чугуны, стоящій близко къ № III, а потому еще явно сѣрый въ изломѣ, обыкновенно идетъ въ торговлѣ подъ № IV; самые бѣдные графитомъ сорта, весьма часто почти бѣлые, съ рѣдко разсѣянными графитовыми пластинками, приближающіеся по своимъ свойствамъ и химическому составу къ обыкновенному бѣлому чугуны, идутъ подъ № V. Древесноугольные чугуны этой разновидности называются слабополовинчатыми, когда они близки къ свѣтлосѣрымъ чугунамъ; — сильнополовинчатыми, когда они еще бѣднѣе графитомъ и, наконецъ—свѣтлыми, если подобно № V коксовыхъ чугуновъ, они составляютъ переходъ къ бѣлымъ чугунамъ ¹⁾.

Для очень крупныхъ, медленно остывающихъ издѣлій, въ коихъ, при медленномъ охлажденіи, имѣются уже всѣ данныя для обильнаго образованія графита, половинчатый чу-

¹⁾ Впрочемъ, не во всѣхъ странахъ значеніе номеровъ чугуновъ одинаково. Напр. лотарингскіе заводы самый крупнозернистый сортъ своихъ чугуновъ обозначаютъ № III и оканчиваютъ классификацію № VII; номеромъ I и II совсѣмъ нѣтъ въ ходу.

гунъ оказывается часто самымъ подходящимъ матеріаломъ; для болѣе топкихъ издѣлій онъ можетъ идти въ дѣло только при условіи смѣшенія съ чугунами, болѣе богатыми графитомъ. Свѣтлый чугунъ (коксовый № V) для обыкновенныхъ надобностей въ литейномъ дѣлѣ только тогда употребляется, когда имъ пользуются въ качествѣ примѣси къ значительнымъ количествамъ сильно графитистыхъ чугуновъ. Въ этихъ чугунахъ часто встрѣчается много сѣры и это обстоятельство еще болѣе уменьшаетъ ихъ литейныя качества.

7. Сравнительная таблица анализовъ различныхъ сортовъ сѣраго чугуна.

| | Углеродъ. | | Кремній. | Марганецъ. | Фосфоръ. | Сѣра. |
|--|---------------|--------------|----------|------------|------------|------------|
| | Гра- фитъ. | Вооб- ще. | | | | |
| а) Коксовые чугуны. | | | | | | |
| Литейный чугунъ № I. (Coltness) по Wachler'y ¹⁾ . | 3,30 | 3,50 | 3,50 | 1,58 | 0,98 | 0,02 |
| Оттуда же № II, изслѣдованный мною . | 3,41 | 3,75 | 2,77 | 1,33 | 0,81 | 0,02 |
| Оттуда же изслѣдованный въ моей лабораторіи | 2,54 | 2,82 | 2,16 | 0,67 | 0,51 | не опр. |
| Шотландскій литейный чугунъ (Langloan) № I, по Wachler'y ¹⁾ . | 3,40 | 3,86 | 2,93 | 1,62 | 0,75 | 0,07 |
| Оттуда же № I, по Jüngst'y ²⁾ . | 2,63 | 3,43 | 2,42 | 1,95 | 0,72 | 0,01 |
| Оттуда же № II, мною изслѣдованный. | не опред. | 3,22 | 2,34 | 1,21 | 0,37 | 0,03 |
| Английскій литейный чугунъ (Clapence), идущій въ торговлѣ подъ № III, а по химическому составу № I, по Wachler'y ¹⁾ . | 3,39 | 3,52 | 2,52 | 0,68 | 1,49 | 0,05 |
| Оттуда же, продаваемый подъ № III, по Limbor'y ³⁾ . | 3,33 | 3,45 | 3,08 | 0,82 | 1,80 | 0,02 |
| Рейнскій литейный чугунъ № I, по Wachler'y ¹⁾ . | 3,16 | 3,65 | 2,11 | 0,97 | 0,85 | 0,02 |
| Оттуда же № III, по Wachler'y ¹⁾ . | 2,97 | 3,58 | 1,61 | 0,86 | 0,79 | 0,04 |
| Люксембургскій литейный чугунъ № III, по Beckert'y ⁴⁾ . | 3,45 | 3,92 | 1,40 | 0,78 | 1,50 | 0,04 |
| Оттуда же № III, по Beckert'y ⁴⁾ . | 2,97 | 3,35 | 1,82 | 0,54 | не опр. | не опр. |
| Темносѣрый литейный чугунъ изъ Верхней Силезіи (Gleiwitz) по Jüngst'y ²⁾ . | 2,24 | 3,34 | 3,02 | 2,01 | 0,25 | 0,01 |
| Лотарингскій литейный чугунъ № III ³⁾ . | 3,30 | 3,82 | 2,71 | 0,59 | 1,78 | не опр. |

| | Углеродъ. | | Кремнй. | Марганецъ. | Фосфоръ. | Сѣра. |
|--|---------------|--------------|---------|------------|----------|------------|
| | Гра- фитъ. | Вооб- ще. | | | | |
| Оттуда же, идущий въ торговлѣ подъ № V ³⁾ . | 3,40 | 3,71 | 2,86 | 0,56 | 1,89 | не опр. |
| Оттуда же, идущий въ торговлѣ подъ № VII, ради своего мелкаго зерна ³⁾ . | 3,10 | 3,76 | 2,29 | 0,59 | 1,86 | |
| Чугунъ завода „Main—Weserhütte“ № I, по личному сообщенію. | 3,75 | 4,10 | 2,75 | 0,75 | 0,45 | |
| Англійскій гематитовый чугуны, вы- плавленный изъ красныхъ желѣз- няковъ ⁴⁾ . | не опред. | 4,20 | 2,68 | 0,59 | 0,04 | 0,04 |
| Нѣмецкій гематитовый чугуны. | | 4,16 | 2,55 | 1,59 | 0,06 | 0,03 |
| б) Древесноугольные чугуны. | | | | | | |
| Сѣрый чугуны завода „Zorge“ на Гарцѣ, мною изслѣдованный. | | 3,61 | 2,11 | 0,47 | 0,46 | 0,04 |
| Сѣрый чугуны отсюда-же, мною из- слѣдованный. | | 3,38 | 0,87 | 0,22 | 0,43 | 0,06 |
| Сѣрый чугуны завода „Ilseburg“ на Гарцѣ, мною изслѣдованный | 2,78 | 3,19 | 2,20 | 0,41 | 0,51 | 0,05 |
| Свѣтлосѣрый чугуны отсюда-же, мною изслѣдованный. | 2,53 | 2,93 | 1,68 | 0,35 | 0,54 | 0,08 |
| Сильнополовинчатый чугуны отсюда- же, мною изслѣдованный. | 2,40 | 3,19 | 1,02 | 0,28 | 0,59 | 0,09 |
| Свѣтлый чугуны отсюда-же, мною изслѣдованный . | 1,63 | 3,21 | 0,70 | 0,14 | 0,56 | 0,14 |
| Сѣрый чугуны завода „Ilseburg“, выплавленный на горячемъ дутьѣ, мною изслѣдованный. | не опред. | 4,06 | 1,16 | 0,38 | 0,54 | 0,03 |
| Сѣрый чугуны отсюда-же, выплав- ный на холодномъ дутьѣ, мною изслѣдованный . | | 4,36 | 0,63 | 0,29 | 0,56 | 0,03 |
| Сѣрый чугуны завода „Mariazell“ въ Штириі, мною изслѣдованный. | 3,07 | 3,78 | 1,35 | 2,52 | 0,03 | 0,05 |
| Половинчатый чугуны отсюда-же, мною изслѣдованный. | 2,26 | 3,01 | 1,79 | 2,33 | 0,04 | 0,03 |

¹⁾ Vergleichende Qualitätsuntersuchungen rheinisch-westfälischen und ausländischen Giessereiroheisens, Berlin 1879.

²⁾ Schmelzversuche mit Ferrosilicium, Berlin, 1890.

³⁾ „Stahl und Eisen“ 1882, S. 215.

⁴⁾ „Stahl und Eisen“ 1886, S. 405.

⁵⁾ „Stahl und Eisen“ 1886, S. 405.

⁶⁾ Schmelzversuche mit Ferrosilicium.

⁷⁾ Изъ A. Ledebur, Das Roheisen, S. 23.

⁸⁾ Metallarbeiter 1891, S. 670.

II. Литое желѣзо и литая сталь.

Уже выше было упомянуто, что оба вида желѣза, обозначенные въ заглавіи, отличаются отъ чугуна въ химическомъ отношеніи своимъ меньшимъ содержаніемъ постороннихъ тѣлъ и особенно углерода, въ физическомъ же отношеніи характеризуются своею гибкостью и особенно ковкостью; этимъ послѣднимъ именемъ обозначается податливость раскаленного металла подъ ударами молотка безъ разрушенія связи частицъ металла.

Иныя отличія, свойственныя этимъ видамъ желѣза, будутъ подробнѣе сообщены ниже, при изложеніи ихъ свойствъ вообще. Здѣсь надо только вкратцѣ замѣтить, что они обладаютъ не только высшей температурой плавленія, чѣмъ чугунъ, но также, по другимъ причинамъ, труднѣе поддаются отливкѣ; эти обстоятельства достаточно объясняютъ намъ, почему ихъ полученіе и употребленіе для литейнаго дѣла много моложе, чѣмъ чугуна.

Литейнымъ желѣзомъ въ широкомъ смыслѣ или литымъ металломъ можно называть всякое ковкое желѣзо, получаемое въ жидкомъ состояніи. Въ болѣе узкомъ значеніи литымъ желѣзомъ (Flusseisen; —ingot-iron; —fer fondu) называютъ металлъ самый бѣдный посторонними примѣсями (главнымъ образомъ углерода), а потому самый мягкій и, не закаливающійся при погруженіи въ холодную воду. Литую сталью (Flussstahl; —ingot-steel; —acier fondu) называютъ металлъ болѣе богатый углеродомъ, а потому болѣе твердый и крѣпкій, явственно закаливающійся при погруженіи накаливаемой полосы въ воду. Это различіе, однако, не всегда соблюдаютъ. Въ Англіи, Сѣверной Америкѣ и Франціи, всякое литое ковкое желѣзо называютъ сталью безъ различія, твердо-ли оно или мягко, способно-ли закаливаться, или неспособно; въ нѣмецкой практикѣ, по примѣру заграницы, говорятъ о стальномъ литѣ и сталелитейномъ дѣлѣ всегда, когда для литья употребляется литой металлъ ¹⁾. Хотя, къ сожалѣнію, въ этомъ отношеніи упорно держится путаница понятій, однако, приходится въ практикѣ съ этимъ фактомъ мириться. Въ послѣдующемъ изложеніи будетъ всегда обращено вниманіе, когда рѣчь пойдетъ о настоящей стали, болѣе богатой углеродомъ, чѣмъ мягкое желѣзо и, явственно закаливающейся.

¹⁾ У насъ, въ Россіи, на практикѣ путаница въ терминологіи, пожалуй, еще больше; напр., сталелитейной обыкновенно называютъ сталеплавильный отдѣлъ завода и сталью или литымъ желѣзомъ называютъ также хорошо литое желѣзо, какъ и литую сталь. Нашъ таможенный тарифъ не проводитъ вообще разницы между сталью и желѣзомъ, въ противоположность германскому таможенному тарифу.

Между самой твердой сталью, приближающейся къ чугуну, и самымъ мягкимъ ковкимъ желѣзомъ существуютъ постепенные переходы, а по внѣшнему виду, мы не замѣчаемъ такихъ отчетливыхъ различій, какія, напр., существуютъ между сѣрымъ и бѣлымъ чугуномъ. Въ то время, когда всякій чугунъ получается единственнымъ способомъ, путемъ выплавки изъ рудъ въ доменныхъ печахъ, для получения жидкаго ковкаго металла существуетъ нѣсколько способовъ; способъ же полученія литого металла отчасти оказываетъ вліяніе на пригодность его къ литью. Въ нижеслѣдующемъ изложеніи вкратцѣ будутъ представлены способы полученія литого металла, въ ихъ главныхъ чертахъ; за болѣе подробными свѣдѣніями относящимися къ области металлургіи желѣза слѣдуетъ обратиться къ соотвѣтствующимъ руководствамъ ¹⁾.

1. Тигельная сталь и родственные ей сорта.

Сырцовая сталь (укладъ) въ томъ видѣ, въ какомъ составляетъ ее пудлинговая печь или кричный горнъ, подвергается расплавленію при высокой температурѣ въ графитовыхъ тигляхъ и держится въ расплавленномъ состояніи такъ долго, пока появившееся сначала кипѣніе совершенно не прекратится; послѣ этого приступаютъ къ отливкѣ.

Вмѣсто этихъ довольно дорогихъ сортовъ сырцовой стали, отличающихся въ химическомъ отношеніи своей чистотой, нерѣдко употребляютъ обрѣзки литой стали (бессемеровской или мартеновской) особенно, когда тигельная сталь должна идти въ литье, а не на инструментальную сталь; часто прибавляютъ немного пиролюзита ²⁾ или марганцоваго чугуна, чтобы ввести въ сталь нѣкоторое количество марганца (обыкновенно 0,5 до 1⁰/₁₀), способствующаго полученію болѣе плотнаго литья вслѣдствіе уменьшенія кипѣнія; къ стали, предназначенной для литья, прибавляютъ, кромѣ того, кремнистаго чугуна, кремнисто-марганцоваго чугуна или просто сѣраго чугуна; этимъ путемъ вспучиваніе стали устраняется болѣе надежно, чѣмъ при помощи одного только марганца;—особенно-же хорошо, когда марганецъ и кремній вводятся въ шихту вмѣстѣ; въ новѣйшее время для той-же цѣли пользуются въ концѣ плавленія незначительнымъ прибавленіемъ

¹⁾ Gemeinfassliche Darstellung des Eisenhüttenwesens. Herausgegeben vom Verein deutscher Eisenhüttenleute, 2 Auflage. Düsseldorf 1890 (имѣется русскій переводъ съ 3 изданія). A. Ledebur, Handbuch der Eisenhüttenkunde, Leipzig 1894. (Выходитъ въ настоящее время въ русскомъ переводѣ).

²⁾ Пиролюзитъ—марганцовая руда, представляющая собою соединеніе марганца съ кислородомъ.

алюминія (въ видѣ чистаго алюминія или алюминіевогo желѣза); эта примѣсь считается особенно дѣйствительной; количество ея не должно быть больше количества необходимаго для того, чтобы въ готовой стали осталось алюминія около 0,1%; болѣе значительное содержаніе алюминія оказываетъ неблагоприятное вліяніе на механическія свойства стали.

Тигельный способъ получения литой стали является самымъ стариннымъ, какъ въ дѣлѣ полученія литого ковкаго металла вообще, такъ и въ дѣлѣ полученія литья изъ литого металла. Благодаря изнашиванію тиглей и относительно большому расходу горючаго, тигельная сталь оказывается самой дорогой среди всѣхъ сортовъ стали; въ то же самое время эта сталь удобнѣе всего поддается отливкѣ.

Тигельная плавка стали находитъ часто примѣненіе тамъ, гдѣ для отливки въ одинъ разъ требуются небольшія количества литого металла; поэтому тигельная плавка еще въ настоящее время на мелкихъ заводахъ является исключительно примѣняемымъ способомъ, если не имѣется постоянной надобности въ значительныхъ количествахъ литейной стали; точно также на большихъ заводахъ можно встрѣтить широкое примѣненіе тигельной плавки, рядомъ съ другими способами, особенно, если для литья требуется металлъ богатый углеродомъ.

Однако, чѣмъ ниже содержаніе углерода, чѣмъ мягче, слѣдовательно, долженъ быть литой металлъ, тѣмъ выше должна лежать температура плавленія и тѣмъ труднѣе вести тигельную плавку.

Поэтому въ тигляхъ обыкновенно готовятъ сталь для литья, содержащаго не менѣе 0,4% углерода. Исключеніе изъ этого правила составляетъ такъ называемое „митисное“ (мягкое) литье, введенное въ употребленіе шведомъ Nordenfeldt'омъ въ 1885 г. Подъ этимъ именемъ разумѣютъ литье изъ совершенно мягкаго литого желѣза, полученнаго путемъ плавленія въ тиглѣ чистаго сварочнаго желѣза (заклепокъ, подковныхъ гвоздей и т. п.) и прибавленія въ концѣ плавки алюминія; для полученія требуемой, весьма высокой температуры, пользуются, въ качествѣ горючаго, нефтяными остатками или нефтью¹⁾. Этотъ способъ до сихъ поръ нашелъ себѣ только рѣдкое примѣненіе и, въ будущемъ несомнѣнно высокая стоимость производства будетъ служить препятствіемъ для его распространенія.

¹⁾ Подробнѣе объ этомъ: Revue universelle des mines, Série III, page 190 (съ чертежами), „Stahl und Eisen“, 1888, S. 85; Transactions of the American Institute of Mining Engineers, vol XIV, page 773; затѣмъ въ шестой главѣ настоящей книги подъ заглавіемъ „митисное литье“.

Примѣры химическаго состава тигельнаго литья.

| | Углеродъ. | Кремній. | Марганецъ. | Фосфоръ. | Сѣра. |
|--|-----------|----------|------------|------------|------------|
| Колокола завода „Bochumer Gussstahlfabrik“ ¹⁾ . | 1,30 | 0,35 | 0,80 | не опр. | не опр. |
| Желѣзнодорожный сердечникъ, мною изслѣдованный | 1,31 | 0,09 | 0,98 | 0,13 | 0,05 |
| Кольца для рудныхъ валковъ | 1,10 | 0,30 | 0,70 | не опр. | не опр. |
| Желѣзнодорожное ходовое колесо, мною изслѣдованное. | 1,09 | 0,26 | 0,52 | 0,11 | 0,05 |
| Цилиндръ для пресса завода „Bochu- mer Gussstahlfabrik“ ¹⁾ . | 0,80 | 0,25 | 0,60 | не опр. | не опр. |
| Мелкія машинныя части оттуда-же въ среднемъ | 0,50 | 0,20 | 0,50 | | |

2. Мартеновскій металлъ.

Мартеновскій металлъ получается на корытообразномъ поду (ваннѣ) пламенной печи съ сименсовскими регенераторами ²⁾, путемъ переплавки всякаго рода желѣзныхъ отбросовъ, какъ то: рельсовыхъ кусковъ, листовыхъ обрѣзковъ, стараго лома и проч., въ смѣси съ кремнистымъ или марганцовистымъ чугуномъ; этого послѣдняго обыкновенно вводятъ въ шихту столько, чтобы его углеродъ, кремній и марганецъ, выгорая сами въ значительнѣйшей части, достаточно предохраняли желѣзо отъ сжиганія. Когда все достаточно сплавлено, тогда, для выдѣленія изъ металла поглощеннаго кислорода, вводятъ въ ванну печи нѣкоторое количество или марганцоваго чугуна (ферромарганца), или кремнисто-зеркальнаго чугуна (стр. 18); этимъ послѣднимъ пользуются въ томъ случаѣ, когда металлъ предназначенъ для литья; послѣ названной прибавки, металлъ въ ваннѣ перемѣшиваютъ; затѣмъ выпускаютъ изъ печи въ разливочный ковшъ, откуда металлъ поступаетъ уже въ литейныя формы.

Въ одну печь обыкновенно насаживаютъ, по крайней мѣрѣ, 5 тоннъ металла (слишкомъ малыя печи даютъ не-

¹⁾ „Stahl und Eisen“ 1891, Seite 453.

²⁾ Относительно устройства сименсовскихъ печей смотри, A. Ledebur, Die Gasfeuerungen für metallurgische Zwecke, Leipzig 1891 Seite 87.

благопріятные результаты); чаще пользуются печами въ 8 до 10 тоннъ, а при достаточно большой потребности въ расплавленномъ металлѣ прибѣгаютъ къ печамъ, дающимъ много больше 25 тоннъ. Плавка, вмѣстѣ со всѣми относящимися къ ней работами (исправленіе пода послѣ каждой плавки, насаживаніе матеріаловъ и проч.), продолжается 8 до 10 часовъ; сименсъ-мартеновская печь, какъ и каждая регенераторная, требуетъ возможно продолжительнаго дѣйствія безъ перерыва, если хотѣть имѣть удовлетворительную работу ея; поэтому суточная производительность даже малой печи этого рода является сравнительно значительной; только немногія сталелитейныя бываютъ въ состояніи всю суточную выплавку металла обращать въ литье.

Отсюда слѣдуетъ, что мартеновскими печами для стального литья пользуются преимущественно на такихъ заводахъ, кои могутъ обращать въ прокатку металлъ, ненужный для литья; въ малыхъ сталелитейныхъ, не связанныхъ съ желѣзопрокатнымъ дѣломъ, мартеновскія печи вообще экономически мало пригодны.

Случается, что изъ одной плавки приходится получать и прокатный и литейный металлъ; если химическій составъ обоихъ продуктовъ долженъ быть неодинаковъ, тогда обыкновенно сначала выпускаютъ часть плавки, готовой для требуемого прокатнаго металла, задерживая въ печи количество металла, требуемое для литья;—затѣмъ вводятъ въ печь примѣси (марганцовый и кремнистый чугуны, аллюминіевое желѣзо) для улучшенія литейныхъ свойствъ металла и, въ такомъ видѣ примѣняютъ уже къ литейному дѣлу.

Если дѣло ведется только-что описаннымъ образомъ, тогда стоимость производства мартеновскаго металла много ниже тигельнаго; сталелитейное дѣло могло достигнуть своего теперешняго значенія только послѣ того, какъ научились отливать изъ мартеновской печи. ¹⁾ Изъ мартеновской печи отливаютъ преимущественно болѣе крупные предметы изъ мягкаго, мало углеродистаго металла (углерода 0,15 до 0,50%, марганца 0,32 до 1%, кремнія 0,18 до 0,50%) какъ то: всякаго рода машинныя части, весьма тяжелыя часто паровозныя части и многое прочее ²⁾.

¹⁾ Мартеновскій способъ въ примѣненіи къ поковочному, или прокатному металлу сталь примѣнялась съ 1865 года; первое удовлетворительное литье изъ мартеновской печи было получено на французскомъ заводѣ „Tegrepoire“ около половины семидесятыхъ годовъ.

²⁾ Сравни объ этомъ статью „Ueber Stahlformguss“ въ „Stahl und Eisen“ 1891, Seite 451.

Примѣры химическаго состава литья изъ мартеновскаго металла.

| | Углеродъ. | Марганецъ. | Кремній |
|-----------------------------------|-----------|------------|---------|
| Башмаки Эйфелевой башни въ Парижѣ | 0,22 | 0,52 | 0,20 |
| Орудійное кольцо . | 0,30 | 0,50 | 0,20 |
| Рама дыропробивательной машины | 0,38 | 0,60 | 0,20 |
| Зубчатый ободъ. | 0,49 | 0,60 | 0,28 |
| Большая шестерня | 0,55 | 0,85 | 0,20 |

3. Бессемеровскій металлъ.

Способъ получения жидкаго ковкаго металла, изобрѣтенный въ 1855 году англичаниномъ Bessemer'омъ и, названный его именемъ, до сихъ поръ къ литейному дѣлу примѣняется чрезвычайно рѣдко, хотя и сумѣлъ произвести рѣзкій переворотъ въ дѣлѣ полученія прокатнаго и поковочнаго металла. По этому способу, черезъ расплавленный чугуны прогоняють воздухъ; приэтомъ примѣси чугуна (углеродъ, кремній, марганецъ, при извѣстныхъ условіяхъ также фосфоръ) окисляются и удаляются, чугуны же превращается въ ковкій литой металлъ. Благодаря продуванію воздуха черезъ жидкій металлъ, сей послѣдній встрѣчаетъ болѣе благопріятныя условія для поглощенія газовъ, чѣмъ при другихъ способахъ (тигельномъ или мартеновскомъ); во время отливки поглощенные газы снова выдѣляются, труднѣе поэтому изъ бессемеровскаго металла получить плотное непугыристое литье. Путемъ особаго устройства бессемеровскихъ конверторовъ, т. е. сосудовъ, служащихъ для превращенія чугуна въ литой металлъ, и, при помощи нѣкоторыхъ уловокъ, въ новѣйшее время несомнѣнно удалось ослабить этотъ недостатокъ бессемеровскаго металла и сдѣлать этотъ матеріалъ болѣе пригоднымъ для литья. Видоизмѣненный такимъ образомъ способъ бессемерования обладаетъ передъ мартеновской плавкой тѣмъ значительнымъ преимуществомъ, что онъ не требуетъ непрерывнаго дѣйствія и, производство литого металла легче сообразовать съ потребностью литейной мастерской; въ весьма многихъ сталелитейныхъ прибѣгаютъ поэтому къ видоизмѣненному бессемерованію. Съ этимъ предметомъ читатель можетъ ближе познакомиться въ упоминавшейся уже

статьѣ „Ueber Stahlformguss“ въ нѣмецкомъ журналѣ „Stahl und Eisen“ 1891, стр. 451.

Анализы литья изъ такого бессемеровскаго металла по имѣющимся до сихъ поръ даннымъ показываютъ содержаніе углерода отъ 0,25 до 0,35%, марганца отъ 0,6 до 1%, кремнія отъ 0,14 до 0,25%.

III. Важнѣйшія свойства литейнаго желѣза въ связи съ его химическимъ составомъ.

1. Температура плавленія, плавкость, степень жидкости.

По сдѣланнымъ до сихъ поръ наблюденіямъ, температура плавленія различныхъ разновидностей чугуна лежитъ между 1050 и 1250° Ц., температура же плавленія литого металла, примѣняемаго въ литейномъ дѣлѣ, между 1300° и 1500 Ц. ¹⁾.

Если только содержаніе въ желѣзѣ постороннихъ тѣлъ не превышаетъ извѣстной границы, да они дѣйствительно сплавлены съ желѣзомъ, а не примѣшаны,—на подобіе графита въ сѣромъ чугунахъ,—то всѣ они, или почти всѣ, понижаютъ температуру плавленія желѣза. Температура плавленія желѣза зависитъ не только отъ количества примѣсей, но также отъ числа различныхъ примѣсей, попадающихся одновременно въ желѣзѣ; она тѣмъ ниже, чѣмъ разнообразнѣе примѣси. Если желѣзо содержитъ весьма разнообразныя постороннія тѣла, то оно обладаетъ сравнительно низкой температурой плавленія даже въ случаѣ, когда количества нѣкоторыхъ тѣлъ — незначительны. Граница, при которой увеличеніе содержанія въ желѣзѣ даннаго посторонняго тѣла вызываетъ уже возвышеніе температуры плавленія, а не пониженіе ея,—въ одномъ случаѣ наступаетъ раньше, въ другомъ позже, въ иномъ же совсѣмъ не достигается.

Углеродъ въ связанномъ, т. е. неграфитовомъ состояніи (страница 12) весьма значительно понижаетъ температуру плавленія; ему-то прежде всего чугуны обязаны тѣмъ, что обладаетъ температурой плавленія значительно низшей, чѣмъ литой металлъ. Графитовый углеродъ самъ по себѣ не плавится; въ значительныхъ количествахъ попадаетъ онъ самостоятельно только въ сѣромъ чугунахъ; во время плавленія графитъ растворяется въ желѣзѣ, а потому не можетъ, согласно сдѣланному уже указанію, непосредственно вліять на температуру плавленія. Слѣдовательно, если нѣкоторая часть углерода выдѣляется въ видѣ графита, то остальная масса металла становится менѣ науглероженной; этимъ надо объяснить, почему сѣрый чугунъ въ общемъ плавится труднѣе,

¹⁾ По изслѣдованіямъ Osmond'a, приведенная высшая температура (1500°) принадлежитъ чистому желѣзу („Stahl und Eisen“ 1891, Seite 637).

чѣмъ бѣлый. Одинъ и тотъ же сѣрый чугунокъ на томъ же самомъ основаніи станетъ плавиться при низшей температурѣ, если онъ предварительно былъ быстро охлажденъ; въ случаѣ быстрого охлажденія выдѣляется меньше графита, чѣмъ при медленномъ остываніи.

Одинъ видъ связаннаго углерода, называемый „углеродомъ отпуска“, (стр. 16) переходитъ въ другой видъ „углеродъ закала“, уже при температурѣ много низшей температуры плавленія чугуна; — слѣдовательно еще до наступленія плавленія чугуна весь связанный углеродъ равномерно распределится въ желѣзѣ ¹⁾, а потому для температуры плавленія желѣза безразлично, въ какомъ видѣ выступаетъ связанный углеродъ: вѣдь только общимъ количествомъ послѣдняго опредѣляется степень вліянія на температуру плавленія. Принято считать, что по мѣрѣ возрастанія содержанія въ желѣзѣ связаннаго углерода температура плавленія желѣза постоянно понижается до тѣхъ поръ, пока не будетъ достигнуто состояніе насыщенія желѣза углеродомъ; точныхъ опредѣленій, показывающихъ, на примѣръ, не наступаетъ ли иногда, въ присутствіи другихъ тѣлъ, самая низшая температура еще до достиженія состоянія насыщенія, — къ сожалѣнію, — не имѣется ²⁾.

Кремній также понижаетъ температуру плавленія; однако, проявляетъ онъ свое дѣйствіе не такъ сильно, какъ равное ему количество углерода. Еслибы въ сѣромъ чугунокѣ не содержался постоянно кремній, то разница въ температурахъ плавленія сѣраго и бѣлаго чугуновъ проявлялась бы еще рѣзче, чѣмъ теперь. Osmond опредѣлилъ температуру плавленія кремнистаго чугуна съ содержаніемъ 10% кремнія и 2,38% углерода (въ видѣ графита, а потому безъ вліянія на температуру плавленія) въ 1130° Ц.; между тѣмъ сплавъ съ содержаніемъ 4,2% кремнія и 0,25% углерода еще не расплавился даже при 1400° Ц. ³⁾.

Практическія наблюденія надъ чугунами съ измѣняющимся содержаніемъ марганца показали, что умѣренное содержаніе марганца способствуетъ пониженію температуры плавленія желѣза; однако, по мѣрѣ возрастанія этого тѣла довольно скоро наступаетъ моментъ, когда дальнѣйшее увеличеніе влечетъ за собой повышеніе температуры плавленія, а не ея уменьшеніе. Марганцовые чугуны съ высокимъ содержаніемъ марганца оказываются весьма трудноплавкими, несмотря на значительное содержаніе связаннаго углерода.

Фосфоръ, уже въ количествѣ 1%, замѣтно понижаетъ температуру плавленія.

¹⁾ Сравни объ этомъ: F. Osmond, Transformations du fer et du carbone dans les fers, les aciers et les fontes blanches, Paris 1888.

²⁾ Сравни также „Stahl und Eisen“ 1884, S. 635 und 705; 1891, S. 637.

³⁾ „Stahl und Eisen“ 1891, Seite 637.

Стѣра, выступая въ большихъ количествахъ равнымъ образомъ понижаетъ температуру плавленія; объ этомъ свидѣтельствуесть извѣстный фактъ, что раскаленная желѣзная проволока плавится въ соприкосновеніи съ сѣрой; однако, при малыхъ количествахъ сѣры, какъ, напримѣръ, въ чугунахъ (по большей части меньше 0,15%: сравни приведенные раньше анализы) нельзя ожидать замѣтнаго вліянія ея.

Наши свѣдѣнія о вліяніи перечисленныхъ здѣсь тѣлъ опираются главнымъ образомъ на практическихъ наблюденійхъ; точныхъ опредѣленій температуръ плавленія имѣется чрезвычайно мало, такъ какъ они сопряжены со значительными трудностями ¹⁾.

Плавкость какого-либо тѣла по понятію, принятому въ ежедневномъ обиходѣ, зависитъ отъ температуры плавленія: обыкновенно считаютъ данное тѣло тѣмъ болѣе легкоплавкимъ, чѣмъ ниже его температура плавленія.

Однако, гораздо правильнѣе степень плавкости опредѣлять количествомъ тепла, потребнаго для нагрѣванія и плавленія: такимъ образомъ слѣдуетъ считать данное тѣло тѣмъ болѣе легкоплавкимъ, чѣмъ меньшаго расхода тепла требуетъ оно для своего плавленія.

Въ зависимости отъ того, какой мѣрой опредѣляютъ плавкость, получаютъ часто немаловажныя разногласія относительно плавкости; такимъ образомъ, 1 килограммъ льда напримѣръ, плавящагося, какъ извѣстно, при 0°, поглощаетъ во время плавленія 79,2 калорій ²⁾; въ то же самое время свинецъ, плавясь при 330° Ц., поглощаетъ только 16 калорій, а серебро — только 77 калорій, хотя плавится при температурѣ въ 960° Ц. Вопреки высокимъ температурамъ плавленія, оба эти металла по количеству тепла, поглощаемому при плавленіи, должны считаться болѣе легкоплавкими, чѣмъ ледъ ³⁾. Бѣлый чугунъ при плавленіи 1 килограмма задолжаетъ тепла около 230 калорій, сѣрый—245, сталь—300 ⁴⁾.

Вода для нагрѣва отъ обыкновенной температуры до точки кипѣнія, а затѣмъ для превращенія въ паръ, соотвѣтственно 1 килограмму, потребляетъ около 600 калорій; отсюда ясно поэтому, что мы можемъ расплавить одинъ килограммъ желѣза съ гораздо меньшимъ расходомъ тепла, чѣмъ испарить 1 килограммъ воды.

¹⁾ Литература: Comptes rendus, t. III, p. 789; M. L. Gruner, Analytische Studien über den Hochofen. Nach dem Französischen bearbeitet von C. Steffen. Wiesbaden 1875, S. 114; F. Osmond. Transformations du fer et du carbone dans les fers, les aciers et les fontes. Paris 1888, p. 28; „Stahl und Eisen“ 1891, S. 634.

²⁾ Одной калоріей считается количество тепла, потребное для нагрѣванія 1 килогр. воды отъ 0° Ц. на 1°.

³⁾ Больше примѣровъ этого рода: A. Ledebur, Die Metalle, Stuttgart 1887, Seite 66.

⁴⁾ Gruner—Steffen, въ названномъ сочиненіи стр. 114 и 115.

Степень жидкости металловъ является для литейнаго дѣла тѣмъ болѣе важнымъ свойствомъ, что способствуетъ совершенному заполненію тонкихъ сѣченій. Вообще степень жидкости возрастаетъ по мѣрѣ возрастанія перегрѣва, сообщеннаго металлу, или вообще какому-либо плавкому тѣлу свыше его температуры плавленія; однако, различные виды желѣза точно такъ же, какъ и различные металлы, при одинаковомъ перегрѣвѣ проявляютъ довольно замѣтно различіе. Для всѣхъ металловъ существуетъ правило, что они въ состояніи сплавовъ жиже, чѣмъ въ чистомъ видѣ.

Поэтому сильноуглеродистые чугуны жиже малоуглеродистаго ковкаго желѣза, и сѣрый чугунъ, въ общемъ, жиже бѣлаго, такъ какъ въ первомъ кромѣ углерода еще постоянно содержится кремній, почти отсутствующій въ бѣломъ чугунѣ. Не подлежитъ сомнѣнію, что и марганецъ, при умѣренномъ содержаніи, увеличиваетъ жидкость ¹⁾; однако, особенно дѣятельнымъ въ этомъ отношеніи является фосфоръ, на этомъ-то основаніи въ литейномъ чугунѣ часто не безъ охоты мирятся съ умѣреннымъ содержаніемъ фосфора (до 1,5%), не взирая на его неблагопріятное вліяніе на прочность литья; въ стали, къ механическимъ свойствамъ коей предъявляются гораздо высшія требованія, такое значительное содержаніе фосфора никомъ образомъ не допускается (сравни анализы на стр. 27).

Содержаніе сѣры въ желѣзѣ влечетъ за собою уменьшеніе жидкости металла. Сильно-сѣрнистое желѣзо дурно заполняетъ формы.

Уже при 0,2% сѣры ея вліяніе обыкновенно можно отчетливо замѣтить ²⁾.

Равнымъ образомъ кислородъ дѣлаетъ ковкій литой металлъ густымъ, будучи отчасти растворенъ въ металлѣ въ видѣ закиси желѣза; нѣкоторой прибавкой марганца разрушается въ металлѣ закись желѣза, и кислородъ удаляется изъ раствора; алюминій дѣйствуетъ еще быстрѣе и сильнѣе, чѣмъ марганецъ; весьма малаго количества этого металла уже достаточно для достиженія очевиднаго результата. Сѣ-

¹⁾ Благодаря особенно высокой степени своей жидкости, нѣкоторые зеркальные чугуны вѣдряются въ самые тонкіе швы плавильныхъ печей. „Stahl und Eisen“ 1882, Seite 222.

²⁾ Riemer указалъ непосредственно на опытѣ, что литейный чугунъ, вслѣдствіе обогащенія сѣрой, становится маложилимымъ; для сего онъ обогащалъ расплавленный металлъ сѣрой до 0,7%, при помощи растворенія въ немъ односѣрнистаго желѣза (FeS). Весьма горячій и весьма жидкій чугунъ становился тотчасъ же густымъ и застывалъ немедленно по введеніи въ форму. Литье въ обработкѣ оказалось очень твердымъ и дало полубѣлый изломъ съ малымъ выдѣленіемъ графита („Stahl und Eisen“ 1886, Seite 311, Spalte 2). Kerpely нашель, что литейный чугунъ съ 0,34% сѣры, вслѣдствіе своей густоты, оказался для дѣла негоднымъ.

рый чугуны, съ не слишкомъ малымъ содержаніемъ кремнія и углерода, и съ нѣкоторымъ содержаніемъ марганца и фосфора, благодаря высокой степени своей жидкости, является излюбленнымъ литейнымъ металломъ.

2. Выдѣленіе сплавовъ (зейгерованіе) и его послѣдствія.

Многочисленные сплавы обладаютъ свойствомъ расплываться, при постепенномъ застываніи, на значительное число сплавовъ различнаго состава. Болѣе трудноплавкій сплавъ застываетъ раньше, образуя кору, внутри коей заключается одинъ или нѣсколько болѣе легкоплавкихъ, а потому позднѣе застывающихъ сплавовъ; равнымъ образомъ, благодаря различію въ удѣльныхъ вѣсахъ сплавовъ, образующихся другъ возлѣ друга, можетъ произойти ихъ раздѣленіе; причемъ болѣе легкіе поднимаются къ поверхности металла, а болѣе тяжелые опускаются на дно.

Это явленіе называютъ вообще „выдѣленіемъ“ (зейгерованіемъ) сплавовъ (Saigerung;—liquation, separation or reduction by eliquation;—liqutation, réssuage):—оно становится тѣмъ болѣе замѣтнымъ, чѣмъ медленнѣе происходитъ застываніе. Чугуны, представляя собою сплавъ элементарнаго желѣза съ углеродомъ, кремніемъ, марганцемъ, фосфоромъ, сѣрой и другими вышеназванными тѣлами, обладаетъ въ значительной мѣрѣ способностью къ выдѣленію сплавовъ; не такъ сильно, но всетаки довольно отчетливо, можно нерѣдко наблюдать явленіе выдѣленія сплавовъ и при литомъ ковкомъ металлѣ.

Образованіе графита при застываніи сѣраго чугуна, объясняемаго этому явленію своимъ существованіемъ, по своей сущности, представляется ничѣмъ инымъ, какъ выдѣленіемъ сплавовъ изъ массы, однородной въ жидкомъ состояніи. Было уже упомянуто, что графитъ выдѣляется тѣмъ обильнѣе, чѣмъ медленнѣе происходитъ застываніе чугуна и, что иногда, путемъ быстрого охлажденія металла, можно совершенно помѣшать его выдѣленію.

Первымъ послѣдствіемъ подобнаго вліянія со стороны охлажденія оказывается то, что въ крупномъ литѣ изъ сѣраго чугуна содержаніе графита возрастаетъ, по мѣрѣ удаленія отъ поверхности къ серединѣ; въ то же самое время и общее количество углерода по серединѣ не бываетъ то же, что въ болѣе быстро охлажденныхъ частяхъ; именно, къ удивленію, оно оказывается по серединѣ меньшимъ; это обстоятельство позволяетъ намъ думать, что съ возрастаніемъ количества углерода за извѣстные предѣлы, температура

плавления чугуна не только болѣе не понижается, но даже подымается ¹⁾.

Это явленіе отчетливѣе всего можно наблюдать при закаленномъ литѣ (стр. 15); здѣсь, въ нѣкоторыхъ мѣстахъ, часть чугуна, подверженнаго быстрому охлажденію, тотчасъ застываетъ въ то время, когда остальное количество долгое время остается въ жидкомъ состояніи. Вотъ что, напримѣръ, показали многіе изслѣдованные мною куски закаленного литья.

| | Углеродъ вообще. | Кремній. | Марганецъ | Фосфоръ. | Сѣра. | Мѣдь. |
|---|---------------------|----------|-----------|-------------|-------------|---------------------|
| Закаленная броня Грузона Закаль | 3,31 | 0,26 | 1,03 | не опрд. | не опрд. | 0,08 не опрд. |
| Сѣрая часть Ходовое колесо | 3,03 | 0,71 | 1,08 | | 0,08 | |
| Закаль | 3,27 | 0,91 | 1,64 | | 0,03 | |
| Сѣрая часть Закаленный валокъ | 3,06 | 1,01 | 1,01 | | 0,03 | |
| Закаль | 3,08 | 0,88 | 0,21 | 0,83 | 0,12 | 0,06 |
| Сѣрая часть (шейка) Другой закаленный валокъ | 2,40 | 0,86 | 0,24 | 0,87 | 0,14 | 0,07 |
| Закаль | 3,20 | 0,83 | 0,15 | 0,88 | 0,10 | 0,03 |
| Сѣрая часть (шейка) | 2,84 | 0,80 | 0,16 | 0,88 | 0,10 | 0,04 |

Въ обоихъ валкахъ явленіемъ выдѣленія сплавовъ захваченъ только углеродъ; въ закаленной бронѣ выдѣленіе распространилось и на кремній, а при ходовомъ колесѣ, кромѣ того и на марганецъ.—Равнымъ образомъ въ обыкновенномъ чугунномъ литѣ и, даже въ штыкахъ, количество углерода нерѣдко по срединѣ бываетъ значительно меньше, чѣмъ по близости къ поверхности; такимъ образомъ одинъ штыкъ темносѣраго чугуна изъ Бильбао,—замѣчательный тѣмъ, что

¹⁾ Лучше объяснить это явленіе не различіемъ въ температурахъ плавленія, а различіемъ въ удѣльныхъ вѣсахъ углеродистыхъ сплавовъ; само собою разумѣется, что только подробнымъ изслѣдованіемъ всего сѣченія даннаго литья, съ большей вѣроятностью, можно установить тотъ или иной взглядъ.

по срединѣ, гдѣ выдѣленіе графита обыкновенно бываетъ самымъ обильнымъ, показаль мелкозернистое сложеніе свѣтлосѣраго цвѣта, ¹⁾—оказался по моимъ изслѣдованіямъ слѣдующаго химическаго состава.

| | Углеродъ вообще. | Кремній. | Марганецъ | Фосфоръ. | Сѣра. | Мѣдь. |
|-------------------------------|---------------------|----------|-----------|----------|-------|-------|
| Снаружи: | | | | | | |
| Крупнозернистый, темносѣрый . | 3,97 | 3,65 | 1,58 | 0,02 | 0,03 | 0,04 |
| Внутри: | | | | | | |
| Мелкозернистый, свѣтлосѣрый | 3,41 | 3,68 | 1,32 | 0,01 | 0,02 | 0,03 |

Одинъ только углеродъ показаль разницу въ химическомъ составѣ.

Въ бѣломъ чугуна можно также наблюдать подобное различіе въ химическомъ составѣ одного и того же куска. Platz, напримѣръ, въ пустотахъ мелкозернистаго бѣлаго чугуна съ содержаніемъ 5% до 7 % марганца нашелъ кристаллы, которые оказались богаче коренного металла углеродомъ и марганцемъ и бѣднѣе кремніемъ и фосфоромъ ²⁾; затѣмъ Reinhardt наблюдалъ, что въ одномъ и томъ же штыкѣ такъ называемаго томасовскаго чугуна (бѣлый чугунъ съ содержаніемъ 2 до 3 % фосфора и столько-же марганца) фосфоръ и марганецъ часто распредѣлены совсѣмъ неравномѣрно ³⁾. Нерѣдко, въ особенности изъ сѣраго чугуна, выдѣляются сплавы, отличающіеся отъ коренного металла своимъ составомъ: въ то же самое время они образуютъ внутри чугуна или литья самостоятельныя зерна шаро-или почкообразной формы величиною отъ проса до лѣснаго орѣха и бываютъ или плотно окружены кореннымъ металломъ или, весьма нерѣдко, прямо включены въ пустоты, очевидно, образованныя поглощенными газами.

Нижеслѣдующіе примѣры даютъ возможность судить о химическомъ составѣ подобныхъ включеній.

¹⁾ По всей вѣроятности этотъ штыкъ не былъ отлитъ одной непрерывной струей, а былъ полученъ путемъ наплавленія металла изъ прерванной струи чугуна.

Прим. Редакціи.

²⁾ «Stahl und Eisen» 1886, Seite 244.

³⁾ Repertorium der analytischen Chemie 1887, № 49.

| | Углеродъ вообще. | Кремній. | Марганецъ | Фосфоръ. | Сѣра. | Мѣль. | Мышьякъ. | Титанъ. |
|--|---------------------|----------|-----------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Темносѣрый чугуунъ изъ Шварценберга (мною изслѣдованный) | | | | | | | | |
| Коренной металлъ | 3,76 | 3,14 | 0,85 | 0,88 | 0,01 | 0,06 | 0,06 | 0,12 |
| Почкообразныя включенія | 2,86 | 3,15 | 0,93 | 0,82 | 0,02 | 0,05 | 0,13 | 0,16 |
| Темносѣрый вестфальскій чугуунъ (мною изслѣдованный) | | | | | | | | |
| Коренной металлъ | 3,45 | 3,28 | 1,03 | 0,96 | 0,01 | не опрд. | не опрд. | не опрд. |
| Почкообразныя включенія | 2,67 | 3,18 | 1,05 | 1,27 | 0,01 | | | 0,10 |
| Сѣрый литейный чугуунъ не- извѣстнаго происхожденія. (Частное сообщеніе) | | | | | | | | |
| Коренной металлъ | 3,79 | 2,52 | 0,57 | 0,58 | не опрд. | не опрд. | не опрд. | не опрд. |
| Бобообразныя включенія | 3,11 | 2,22 | 0,70 | 1,25 | | | | |

Въ первомъ изъ приведенныхъ здѣсь примѣровъ только углеродъ показаль существенное различіе въ химическомъ составѣ коренного металла и выдѣленій; въ обоихъ остальныхъ случаяхъ содержаніе фосфора во включеніяхъ оказалось гораздо больше, чѣмъ въ коренномъ металлѣ, содержаніе же кремнія замѣтно меньше ¹⁾. Во всѣхъ этихъ случаяхъ включенія оказались мелкозернистѣе, тверже и хрупче коренного металла. Очевидно, что подобныя свободныя включенія могутъ значительно понизить годность литья. Если, на примѣръ, литье подвергается механической обработкѣ, да при этомъ обнаружены включенія съ такъ называемыми «нецѣльными мѣстами», т. е. пустоты съ заключенными въ нихъ выдѣленіями, то иногда литье, если издѣліе должно обязательно обладать равномерно гладкой поверхностью, оказывается совершенно непригоднымъ къ дѣлу. Когда-же во время продолжительнаго застыванія менѣе углеродистый и болѣе твердый сплавъ не успѣлъ отдѣлиться отъ общей массы металла, тогда бываетъ возможнымъ обнаружить существующее выдѣ-

¹⁾ О другихъ примѣрахъ подобныхъ выдѣленій внутри чугуннаго литья „Stahl und Eisen“ 1887, Seite 643.

леніе сплавовъ во время обработки литья на токарномъ, строгальномъ или иномъ станкѣ: выдѣлившіеся сплавы можно замѣтить по ихъ большей твердости; рѣзепъ встрѣчаетъ здѣсь большее сопротивленіе, беретъ болѣе тонкую стружку; жесткое мѣсто, слѣдовательно, должно выдаваться надъ поверхностью издѣлія и уже своимъ болѣе свѣтлымъ цвѣтомъ рѣзко отличается отъ общей массы металла. Каждый работникъ, имѣющій дѣло съ обработкой литья на станкахъ, хорошо знакомъ съ существованіемъ такихъ жесткихъ мѣстъ. Чѣмъ крупнѣе отливается издѣліе, слѣдовательно, чѣмъ медленнѣе происходитъ застываніе и, чѣмъ въ болѣе перегрѣтомъ состояніи металлъ поступаетъ въ форму, тѣмъ скорѣе можно ожидать твердыхъ мѣстъ.

Еще и другимъ образомъ, весьма своеобразнымъ, хотя и пренепріятнымъ для литейщика, можетъ проявить себя выдѣленіе легкоплавкихъ сплавовъ внутри менѣе легкоплавкаго коренного металла; именно случается, что,—подобно ртути, прожимаемой черезъ кожаный мѣшокъ,—еще жидкій сплавъ, заключенный въ отвердѣвшей коренной массѣ металла, можетъ проникнуть наружу въ видѣ капель или шариковъ, находясь подъ давленіемъ, обнаруживаемымъ сжимающеюся оболочкой остывающаго металла. Равнымъ образомъ и другіе распадающіеся сплавы, напримѣръ, бронзы со значительнымъ содержаніемъ олова, обнаруживаютъ такое же явленіе. Если внимательно разсматривать чугунный штыкъ или большую болванку литого металла, удаливъ съ поверхности постороннія тѣла (песокъ и тому подобное), то можно обнаружить на поверхности шарики величиной отъ проса до гороха, обязанные своимъ происхожденіемъ только-что описанному явленію.

Эти выдѣленія могутъ оказаться безусловно вредными въ томъ случаѣ, когда они появляются на поверхности литья, долженствующаго отличаться своей совершенной внѣшностью: напримѣръ, на художественномъ литьѣ, печныхъ доскахъ съ украшеніями и проч. Если выдѣлившіяся капли обладаютъ достаточно большимъ діаметромъ, то онѣ могутъ сохранить свою шаровую форму только тогда, когда появляются на свободной верхней плоскости литья (при такъ называемой почвенной формовкѣ безъ перекрышъ); въ прочихъ случаяхъ онѣ должны быть расплюснуты стѣнками литейной формы; при этомъ часто онѣ могутъ натекасть другъ на друга, принимая видъ, будто-бы былъ налитъ здѣсь жидкій металлъ и расплылся по поверхности. Въ иныхъ случаяхъ каждая отдѣльная капелька бываетъ такъ мала, что только при помощи увеличительнаго стекла можно обнаружить выдѣленіе; покрывая всю поверхность безчисленнымъ множествомъ капелекъ, эти выдѣленія могутъ сообщить ей шероховатый видъ; въ послѣднемъ состояніи ихъ можно обнаружить вообще на

такихъ литыхъ издѣліяхъ, которыя, сами по себѣ, отличаются большой чистотой.

Ошибочно полагая, что этотъ покровъ состоитъ изъ привареннаго формоваго песку, въ нѣкоторыхъ странахъ даютъ ему названіе „пригара“ (Anbrand).

По моимъ анализамъ подобныхъ каплевидныхъ выдѣленій, образовавшихся на поверхности доски, отлитой въ почвѣ, оказалось:

| | Химическій составъ. | |
|-----------------|---------------------|-----------------------|
| | Коренной металлъ | Выдѣлившіяся капельки |
| Углеродъ вообще | 3,41 | 3,07 |
| Кремній | 2,04 | 1,63 |
| Марганецъ | 0,43 | 0,42 |
| Фосфоръ | 0,44 | 1,98 |
| Сѣра | 0,08 | 0,05 |
| Мѣдь | 0,03 | 0,01 |

Эти выдѣленія, подобно нѣкоторымъ прежнимъ примѣрамъ, оказались значительно богаче общей массы металла въ отношеніи фосфора и бѣднѣе въ отношеніи углерода и кремнія. Значительнымъ содержаніемъ фосфора легко объяснить низкую температуру плавленія капель и ихъ значительную жидкость, обезпечивающую каплямъ выдѣленіе намѣченнымъ образомъ.

Въ только-что описанныхъ примѣрахъ выдѣленія сплавовъ коренная масса металла застывала ранѣе выдѣлившагося сплава; однако случается, что какой либо трудноплавкій сплавъ застываетъ раньше и, всплываетъ на поверхность еще жидкаго чугуна. Если, напримѣръ, расплавленный и перегрѣтый чугунъ держать спокойно продолжительное время въ литейномъ ковшѣ, то нерѣдко на поверхности металла появляются выдѣленія; такимъ образомъ ихъ нельзя считать продуктами окисленія, образовавшимися на поверхности металла подъ вліяніемъ воздуха ¹⁾, но слѣдуетъ смотрѣть на нихъ какъ на соединенія, выдѣлившіяся изъ чугуна путемъ распада сплавовъ и затѣмъ всплывшія на поверхность; нерѣдко они богаче коренной массы металла содержаніемъ сѣры и марганца; такимъ образомъ, напримѣръ, анализъ подобныхъ выдѣленій, собранныхъ съ поверхности верхнеси-лезскаго литейнаго чугуна, отстоявшагося въ котлѣ, обнаружилъ слѣдующій составъ выдѣленій, обладавшихъ листоватой формой и бѣлымъ изломомъ.

¹⁾ Объ окисленныхъ образованіяхъ на поверхности расплавленного чугуна, такъ называемыхъ „клопахъ“ будетъ рѣчь ниже.

| | Коренной металл | Выдѣленія |
|------------|-----------------|-----------|
| Углеродъ | 3,46 | 3,81 |
| Кремній | 2,20 | 1,87 |
| Марганецъ. | 2,62 | 5.19 |
| Фосфоръ | не опред. | 0,47 |
| Сѣра | 0,06 | 0,22 |

Еще отчетливѣе это явленіе выступаетъ иногда при бѣломъ марганцовистомъ и фосфористомъ чугуна (томасовскомъ чугуна). Здѣсь застывшіе куски, вѣсомъ иногда больше 500 граммовъ, могутъ быть сняты съ поверхности металла; они обнаруживаютъ содержаніе сѣры до 3%, при содержаніи марганца до 9% (количество сѣры коренного металла въ крайнемъ случаѣ 0,3%, а марганца 3 до 4%); количество фосфора остается приблизительно такимъ же, какъ въ жидкомъ металлѣ.

3. Игра и образованіе желѣзныхъ клоповъ на поверхности металла.

Если расплавленному и относительно сильно перегрѣтому металлу дать возможность постоять спокойно въ открытой формѣ или литейномъ котлѣ, то часто можно наблюдать, — спустя нѣкоторое время, когда металлъ достаточно охладится, — особое явленіе, называемое „игрой металла“. Особенно ясно обнаруживается эта игра при нѣкоторыхъ сортахъ сѣраго чугуна; при литомъ, быстро застывающемъ металлѣ съ поверхностью, вздутой выдѣленіемъ газовъ, игру можно наблюдать только въ ея начальномъ проявленіи. Процессъ игры представляется слѣдующимъ образомъ.

На поверхности металла, подъ вліяніемъ атмосфернаго воздуха, образуется тонкая корка, состоящая изъ окисловъ; желѣзо же постоянно подвержено живому движенію ¹⁾. Подъ вліяніемъ этого движенія корка разрывается одновременно въ нѣсколькихъ мѣстахъ; по мѣстамъ разрыва желѣзо представляется въ видѣ темныхъ блестящихъ линий; этотъ процессъ повторяется черезъ весьма небольшіе промежутки времени. Получающіяся такимъ образомъ линіи образуютъ между собою обыкновенно фигуры — треугольники, шестиугольники и проч., — то появляющіяся, то снова пропадающія и, опять быстро образующіяся. Въ одномъ и томъ же сортѣ чугуна игра проявляется неизмѣнно однимъ опредѣленнымъ образомъ: получающіяся линіи и фигуры остаются постоянно совершенно одинаковыми; въ различныхъ же сортахъ чугуна

¹⁾ Въ качествѣ причины этого явленія, свойственного многимъ расплавленнымъ металламъ, обыкновенно выставляютъ стремленіе къ кристаллообразованію. Правильно ли это объясненіе, не стану входить въ разборъ его.

игра представляетъ часто много различія. Сильнокремнистый чугуны обыкновенно совсѣмъ не даетъ игры; образующаяся корка слишкомъ толста и, поэтому не можетъ быть разорвана движеніемъ металла; равнымъ образомъ на бѣломъ чугуны это явленіе не такъ замѣтно; за то на свѣтлосѣромъ и слабополовинчатомъ чугуны игра развивается обыкновенно весьма отчетливо; при чугунахъ съ еще меньшимъ содержаниемъ кремнія и углерода, застываніе происходитъ раньше, а потому игра не появляется.

При доменной плавкѣ иногда пользуются игрой для сужденія о качествахъ выплавленного чугуна, особенно тогда, когда чугуны непосредственно, безъ переплавки, идетъ въ литье; опытный глазъ можетъ съ полной вѣрностью опредѣлить этимъ путемъ измѣненіе въ составѣ чугуна. Въ прочихъ отношеніяхъ игра, взятая сама по себѣ, не имѣетъ никакого практическаго значенія. Послѣдствіемъ игры является образованіе на поверхности металла, такъ называемыхъ, «желѣзныхъ клоповъ» („Wanzen“);—это образованіе имѣетъ видъ осы: оно появляется сначала въ видѣ точекъ, движущихся по поверхности металла, затѣмъ между собою соединяющихся въ пятна, доходящія иногда до величинъ, превышающихъ 10 мм. въ діаметрѣ. Если снять такого клопа, то подъ нимъ обыкновенно будетъ находиться воронко—или котловинообразное углубленіе, простирающееся часто на много миллиметровъ вглубь ¹⁾).

Можно помѣщать образованію клоповъ и названныхъ углубленій, если только по поверхности расплавленного металла разсыпать немного песка, глины или древесноугольнаго мусору такъ, чтобы предохранить поверхность металла отъ соприкосновенія съ воздухомъ; дѣйствительно, пользуются этимъ средствомъ тогда, когда чугуны застываютъ въ открытой формѣ (при почвенной формовкѣ безъ перекрышъ).

Описываемые здѣсь клопы, по своему существу, представляются ничѣмъ инымъ, какъ частями корки, состоящими изъ окисленныхъ частей чугуна, оторванными во время игры и сдвинутыми другъ съ другомъ; вновь образующіяся корки подвергаются той же участи. Нерѣдко съ этими окисленными выдѣленіями смѣшиваются тѣ выдѣленія, кои были описаны на страницѣ 39. Плоскія выемки образуются подъ клопами, благодаря воздѣйствію окисловъ на углеродъ чугуна; если образующаяся при этомъ окись углерода быстро не удалится, то получится углубленіе ²⁾); трубообразныя углубленія образовались, очевидно, вслѣдствіе выдѣленія газа, бывшаго въ растворѣ.

Въ то время, когда игра отчетливѣе всего обнаруживается

¹⁾ Рисунокъ можно найти: A. Ledebur, Das Roheisen, 3 Auflage, 39.

²⁾ Относящіяся сюда опыты: „Stahl und Eisen“ 1887, Seite 640 u. 792.

при умѣренно-сѣромъ чугунахъ, образованіе клоповъ сильнѣе всего идетъ при сильно половинчатомъ и свѣтломъ чугунахъ; корки, получающіяся при этихъ чугунахъ, съ меньшимъ содержаніемъ кремнія, бѣднѣе содержаніемъ кремнезема, но богаче желѣзными окислами, а потому и трудноплавче; такимъ образомъ клопы являются затвердѣвшими окислами и, какъ таковые, отличаются своимъ чернымъ цвѣтомъ.

При обстоятельствахъ, побуждающихъ образованіе желѣзныхъ клоповъ, кремній, марганецъ, — также фосфоръ, если въ чугунахъ мало кремнія, — легче подвергаются окисленію, чѣмъ желѣзо; этимъ достаточно объясняется то обстоятельство, что анализы желѣзныхъ клоповъ показываютъ содержаніе этихъ тѣлъ больше, чѣмъ въ соответствующемъ чугунахъ; если въ составъ этихъ выдѣленій входятъ иныя тѣла (напр., сѣрнистыя соединенія), то рядомъ съ окислами можно въ клопахъ найти и не окисленные соединенія.

Такимъ образомъ, напр., по анализу подобныхъ клоповъ, произведенному мною, составъ ихъ представляется ¹⁾:

| | |
|---------------------|------------------|
| Кремнеземъ | 29,30 |
| Окись желѣза | 13,46 |
| Закись „ | 46,73 |
| „ марганца. | 6,40 |
| Фосфорная кислота | 2,66 |
| Сѣрнистый марганецъ | (0,46 сѣры) 1,25 |

Уже было упомянуто, что эти клопы могутъ оказаться пренепріятными при почвенномъ литьѣ, благодаря углубленіямъ, если только ихъ образованіе не было предупреждено засыпкой поверхности литья; однако, они могутъ проявить себя еще болѣе вреднымъ образомъ, когда при отливкѣ нечаянно попадутъ въ литейную форму послѣ того, какъ они образовались въ котлѣ на поверхности жидкаго металла: углеродъ жидкаго чугуна возстановляетъ окислы; получаются метталлическіе шарики, заключенные въ газовыхъ пузыряхъ (окись углерода образуется изъ углерода, принявшаго участіе въ возстановленіи) и, въ такомъ видѣ остаются въ застывшемъ металлѣ.

Такимъ образомъ описываемое здѣсь явленіе весьма похоже на образованіе въ металлѣ почекъ или горошинъ вслѣдствіе „выдѣленія сплавовъ“; однако, причины этихъ явленій совершенно различны, хотя не всегда съ точностью можно сказать, отъ той или другой причины получились эти шарики. Третьей причиной подобнаго образованія будутъ описываемые вслѣдъ за этимъ газовые пузыри въ желѣзѣ.—

¹⁾ Иные примѣры состава: Dinglers Polytechnisches Journal, Band 214, Seite 48 (Muck); „Stahl und Eisen“ 1887, Seite 640 (Platz) также A. Ledebur, Das Roheisen, 3 Auflage, Seite 40.

4. Образованіе въ желѣзѣ газовыхъ пузырей.

Если разсматривать достаточно толстый кусокъ стекла или льда, то нерѣдко можно замѣтить включенные въ нихъ пузырьки; эти послѣдніе, очевидно, образовались благодаря воздуху или газамъ, не успѣвшимъ выдѣлиться при застываніи жидкаго стекла или воды. Равнымъ образомъ на поверхности излома литья нерѣдко можно обнаружить газовые пузыри круглой или грушевидной формы, съ гладкими стѣнками, содержащіе иногда внутри металлическій шарикъ; въ однихъ случаяхъ эти пузырьки чрезвычайно малы, но разсѣяны въ большомъ количествѣ по всему куску металла, въ другихъ же—они попадаются одиноко, но зато занимаютъ объемъ иногда въ нѣсколько кубическихъ сантиметровъ. Нѣкоторые металлы, напримѣръ чистая мѣдь, благодаря вспучиванію и разбрызгиванію вслѣдствіе обильнаго выдѣленія газовъ, оказываются совершенно непригодными для литейнаго дѣла. Совершенно чистое желѣзо, расплавленное безъ примѣсей, было бы равнымъ образомъ для литья непригоднымъ вслѣдствіе свойственнаго ему выдѣленія газовъ. Путемъ сплавленія желѣза съ другими тѣлами (углеродомъ, кремніемъ, марганцемъ, алюминіемъ) и, при помощи нѣкоторыхъ уловокъ при плавленіи и отливкѣ, удается уменьшить образованіе пузырей; тѣмъ не менѣе нерѣдко литье поступаетъ въ бракъ вслѣдствіе обильнаго выдѣленія газовъ. Чѣмъ чище желѣзо, тѣмъ сильнѣе проявляется этотъ процессъ; такимъ образомъ литой металлъ сильнѣе подверженъ выдѣленію газовъ, чѣмъ чугуны и, это обстоятельство является главнымъ затрудненіемъ при употребленіи литого металла для литья.

Вообще какой-либо металлъ тѣмъ менѣе склоненъ къ образованію пузырей, чѣмъ быстрѣе переходитъ онъ изъ жидкаго состоянія въ твердое; металлъ, переходящій изъ жидкаго состоянія въ твердое постепенно,—сначала черезъ густое и тѣстообразное состояніе,—болѣе подверженъ образованію пузырей. Изъ жидкаго металла газы выдѣляются безпрепятственно; въ густомъ же металлѣ газы задерживаются и тогда образуются пузыри.

Чугуны застываютъ вдругъ; ковкое же желѣзо постепенно.

Образованіе въ металлѣ пузырей можетъ быть обязано многимъ причинамъ.

Если въ литейной формѣ заключается воздухъ и, не было оставлено ему иного выхода, какъ черезъ расплавленный металлъ, поступающій въ форму,—то, во-первыхъ, металлъ приходитъ въ состояніе кипѣнія, а, во-вторыхъ, одна часть воздуха удаляется въ то время, когда другая задерживается въ металлѣ вслѣдствіе наступающаго затвердѣванія; въ та-

комъ случаѣ литье обыкновенно никуда негодно. — Дѣйствіе такого запертаго воздуха проявляется тѣмъ сильнѣе, что, вслѣдствіе нагрѣванія въ соприкосновеніи съ жидкимъ металломъ, онъ увеличиваетъ свой объемъ раза въ четыре-пять. Въ изложеніи о приготовленіи литейныхъ формъ будутъ приведены средства, примѣняемые для устранения этого явленія.

Нерѣдко пузыри образуются въ металлѣ изъ такихъ газовъ, кои были растворены въ жидкомъ металлѣ и выдѣлились изъ него передъ самымъ застываніемъ, но не успѣли удалиться. Выше уже упомянутые пузыри, заключенные во льду или стеклѣ, обязаны своимъ образованіемъ, по большей части газамъ, раствореннымъ въ водѣ или жидкомъ стеклѣ; когда-же газы приняли свое первоначальное свободное состояніе, тогда уже подъ застывшимъ покровомъ не могли найти себѣ выхода и должны были такимъ образомъ остаться. Въ желѣзѣ, кромѣ другихъ газовъ, преимущественно растворяются водородъ и азотъ; желѣзу представляется случай поглощать эти газы почти всегда во время плавленія при соприкосновеніи съ продуктами горѣнія ¹⁾. Такимъ образомъ Müller нашелъ въ пузыряхъ различныхъ сортовъ желѣза ²⁾:

| | Водо- родъ. | Азотъ. | Окись угле- рода. |
|--|----------------|--------|-------------------------|
| | % по объему. | | |
| Газы изъ сѣраго чугуна со значительнымъ содержаніемъ марганца (бессемеровскій чугунъ). | 86,5 | 9,2 | 4,3 |
| Газы изъ сѣраго чугуна съ малымъ содержаніемъ марганца (гематитовый чугунъ) | 52,1 | 44,0 | 3,9 |
| Газы изъ бессемеровской стали. | 76,7 | 26,3 | 0,0 |
| | 92,4 | 5,9 | 1,4 |

Водородъ и азотъ были здѣсь несомнѣнно растворены въ жидкомъ металлѣ; найденныя же небольшія количества окиси углерода могли произойти и благодаря другому процессу, ниже описываемому. При всѣхъ изслѣдованіяхъ было замѣчено, что газы въ пузыряхъ находятся подъ высокимъ дав-

¹⁾ Если въ продуктахъ горѣнія и не имѣется свободного водорода, то, во всякомъ случаѣ, при соприкосновеніи водяныхъ паровъ съ жидкимъ желѣзомъ можетъ наступить разложеніе съ выдѣленіемъ свободного водорода.

²⁾ Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Band XXIII, S. 493; „Stahl und Eisen“ 1882, S. 537; 1883, S. 443.

НБ
УДУНТ
ИПБТ

леніемъ; отсюда должно слѣдовать, что и въ застывшемъ уже металлѣ продолжается еще выдѣленіе газовъ; иначе, вслѣдствіе охлажденія газовъ, не только не было бы вышшаго давления, но скорѣе должно было бы наступить въ пузыряхъ разрѣженіе. Если выдѣленіе газовъ идетъ обильно, то имъ вызывается летаніе искръ, благодаря выбрасыванію частицъ металла; опять таки это явленіе особенно замѣтно обнаруживается при такомъ металлѣ, который переходитъ изъ вполне жидкаго состоянія во вполне твердое черезъ тѣстообразное состояніе; такимъ образомъ при желѣзѣ оно замѣтнѣе, чѣмъ при чугунахъ; равнымъ образомъ и при чугунахъ съ меньшимъ содержаніемъ углерода, кремнія, марганца (сильно половинчатый или бѣлый чугунъ) искры обильнѣе выбрасываются. Передъ самымъ застываніемъ нерѣдко появляется настоящий дождь искръ; поверхность металла вспучивается, если она лежитъ свободно, или же получаются лукообразныя вздутія.

Не всѣ виды желѣза въ одинаковой степени обладаютъ способностью къ растворенію газовъ. Углеродъ и кремній ослабляютъ растворительную способность газовъ въ желѣзѣ, или, по крайней мѣрѣ, препятствуютъ раствореннымъ газомъ выдѣляться изъ жидкаго металла въ газообразномъ состояніи ¹⁾.

Темносерый чугунъ, съ малымъ содержаніемъ марганца, выдѣляетъ только относительно незначительное количество газовъ; обильнѣе выдѣленіе газовъ идетъ при свѣтломъ или обыкновенномъ бѣломъ чугунахъ: еще же значительнѣе при литомъ металлѣ:—уже обильное изверженіе искръ служить яснымъ признакомъ значительнаго количества газовъ, выдѣляющихся изъ этого вида желѣза. Марганецъ значительно усиливаетъ растворительную способность газовъ въ желѣзѣ, если количество его въ металлѣ превышаетъ 1%. Чугунъ, содержащій въ себѣ нѣсколько процентовъ марганца, при изливаніи обыкновенно покрытъ слоемъ горящаго, мало свѣтящагося газа, состоящаго повидимому изъ водороднаго газа; съ увеличеніемъ количества марганца увеличивается толщина этого слоя. Müller нашелъ при своихъ уже упомянутыхъ изслѣдованіяхъ, что чугунъ, съ большимъ содержаніемъ марганца, содержитъ въ три до десяти разъ больше газовъ, чѣмъ гематитовый чугунъ съ малымъ содержаніемъ марганца.—Вышеприведенные анализы показываютъ содержаніе водорода въ чугунахъ со значительнымъ количе-

¹⁾ Очевидно что, результатъ получается одинъ и тотъ же, будетъ ли твердый металлъ въ растворѣ содержать меньше газовъ или же останутся въ растворѣ при застываніи металла тѣ газы, кои были поглощены: въ обоихъ случаяхъ пузырей не будетъ.

Какой изъ этихъ двухъ причинъ обязано дѣйствіе углерода и кремнія,—до сихъ поръ еще съ точностью не опредѣлено.

ствомъ марганца выше, чѣмъ въ чугуны съ меньшимъ содержаніемъ марганца. Содержаніе марганца въ то же самое время увеличиваетъ степень жидкости металла и сокращаетъ переходъ между жидкимъ и твердымъ состояніями; поэтому болѣе обильное содержаніе газовъ въ чугуны съ большимъ содержаніемъ марганца, не вполне оказывается такъ вреднымъ, какъ можно было-бы ожидать; значительная часть газовъ удаляется, какъ показываетъ упомянутый пламенный покровъ, еще изъ совершенно жидкаго металла, не причиняя никакого вреда; все-таки чугуны съ большимъ содержаніемъ марганца, при прочихъ равныхъ условіяхъ, скорѣе склонены къ образованію пузырей, чѣмъ чугуны, съ меньшимъ содержаніемъ марганца.

Растворимость газовъ въ жидкомъ металлѣ усиливается по мѣрѣ увеличенія давленія, подъ которымъ газы и металлъ дѣйствуютъ другъ на друга. Количество газовъ, растворяющихся въ расплавленномъ желѣзѣ, увеличивается по мѣрѣ усиленія давленія газовъ подобно тому, какъ и въ водѣ, способной растворять подъ сильнымъ давленіемъ большое количество газовъ; изъ этой послѣдней, однако, тотчасъ же удаляется весьма значительная часть газовъ въ газообразномъ состояніи, какъ только уменьшено давленіе; — вспомнимъ-те, напримѣръ, бурное выдѣленіе газовъ при раскупориваніи содовой воды. Вслѣдствіе уменьшенія давленія, нѣкоторая часть газовъ должна выдѣляться изъ желѣза. Поэтому въ плавильныхъ печахъ, работающих при высокомъ давленіи газовъ, обыкновенно получаютъ металлъ съ большимъ содержаніемъ газовъ, чѣмъ въ печахъ низкаго давленія.

Выдѣленіе газовъ въ застывающемъ металлѣ можетъ быть равнымъ образомъ послѣдствіемъ химическаго процесса, обусловливающаго образованіе газа. Если углеродъ жидкаго чугуна приходитъ въ соприкосновеніе съ желѣзными окислами, то вслѣдствіе возстановленія желѣза получается окись углерода, дающая пузыри, если только она не можетъ удалиться. Литой металлъ, содержащій кислородъ, выдѣляетъ поэтому окись углерода, при воздѣйствіи въ растворѣ углерода на кислородъ, до тѣхъ поръ, пока кислородъ не будетъ удаленъ изъ металла при помощи марганца или алюминія; случайныя примѣси въ чугуны могутъ вызвать такое же самое явленіе. Уже раньше, напр., было упомянуто, что, если плавающие на поверхности чугуна „желѣзные клопы“ попадутъ въ литейную форму, то даютъ тамъ пузыри, превращаясь сами въ металлическіе шарики, заключенные въ тѣхъ же пузыряхъ. Совершенно подобное явленіе происходитъ иногда и тогда, когда расплавленный металлъ при отливкѣ долженъ ниспадать со значительной высоты прежде, чѣмъ попадетъ на дно литейной формы (напр., при вертикальной отливкѣ трубъ или колоннъ). Первое количество вливаемого металла разбрызги-

вается на многочисленные шарики; они застываютъ и окисляются при соприкосновеніи съ воздухомъ, находящимся въ формѣ, тотчасъ же покрываясь коркой магнитнаго окисла (закись-окись) желѣза. Эти шарики бываютъ обыкновенно приподняты поступающимъ затѣмъ металломъ; закись-окись желѣза дѣйствуетъ на углеродъ чугуна и такимъ образомъ получается пузырь съ заключеннымъ въ немъ металлическимъ шарикомъ. Это явленіе часто обнаруживается въ литѣѣ съ тонкими стѣнками, слѣдовательно въ быстро застывающемъ; въ болѣе толстомъ литѣѣ, медленно застывающемъ, пузырямъ легче всплыть на поверхность металла, а металлическому шарiku—снова расплавиться.

Равнымъ образомъ желѣзные части литейной формы, находящіяся въ соприкосновеніи съ расплавленнымъ металломъ способствуютъ выдѣленію газовъ, если только онѣ покрыты окислами желѣза—окалиной, ржавчиной. Весьма часто это явленіе обнаруживается при пользованіи такъ называемыми «жеревками» (Kernsteifen, Kernträger, Kernnagel;—print;—portée) т. е. желѣзными подпорками для удержанія въ своемъ положеніи поставленной на мѣсто шишки (сердечника) (Kern, Kernstück;—false core, draw-back;—pièce de rapport, rapport). При отливкѣ жидкій металлъ окружаетъ жеребки, остающіеся затѣмъ въ литѣѣ. Каждое прокатное желѣзо или вообще обработанное при высокой температурѣ, какъ извѣстно, всегда покрыто окалиной, представляющей собою, по химическому составу, закись-окись желѣза; если только передъ употребленіемъ въ дѣло жеребки не были вполне освобождены отъ этого покрова, то, безъ сомнѣнія, происходитъ выдѣленіе газовъ и, литье обнаруживаетъ возлѣ залитаго жеребка пузырь или нѣсколько пузырей. Если металлъ жеребка освобождаетъ отъ этого покрова путемъ опиловки или протравы при помощи соляной или сѣрной кислоты, то такимъ образомъ можно устранить первоначальную причину выдѣленія газовъ; однако очищенное желѣзо, какъ извѣстно, обыкновенно скоро ржавѣетъ и такимъ образомъ опять можетъ быть создана причина для выдѣленія газовъ. Поэтому обыкновенно жеребки, приготовленные въ запасъ, сначала подвергаются протравѣ, а затѣмъ полудѣ, для предохраненія отъ ржавчины; однако это средство не даетъ совершенныхъ результатовъ ¹⁾.

Совершенно подобное явленіе можно наблюдать при отливкѣ закаленного литья (стр. 15), если чугунныя части формы, служащія для быстрого охлажденія влитаго металла, лежали на открытомъ воздухѣ и заржавѣли: ржавчина будетъ

¹⁾ Опыты съ заржавленными жеребками: „Stahl und Eisen“ 1886, Seite 312 (Riemer).

разложена, образуется водяной паръ и окись углерода, а литье будетъ пузыристое.

Наконецъ нельзя не упомянуть, что, благодаря простому соприкосновенію расплавленнаго металла съ холодною металлическою частью, можетъ произойти выдѣленіе газовъ даже тогда, когда нѣтъ никакой видимой причины для новаго образованія газовъ. Это явленіе основано на томъ фактѣ, что твердыя тѣла обладаютъ свойствомъ сгущать газы въ порахъ своей поверхности, какъ напр., азотъ, кислородъ и водяной паръ, заимствуемые изъ атмосферы путемъ простого притяженія. Если такое тѣло со сгущенной газовой оболочкой, приходитъ въ соприкосновеніе съ жидкимъ металломъ, то газъ вытѣсняется и, вслѣдствіе нагрѣванія, расширяется, увеличиваясь во много разъ въ объемѣ; если при этомъ твердое тѣло окружено жидкимъ, то послѣднее должно придти въ состояніе кипѣнія, а литье должно выйти пузыристымъ.

При вбрасываніи холоднаго желѣза въ расплавленный металлъ, благодаря этому процессу, можетъ произойти такое внезапное и сильное выдѣленіе газовъ, что значительное количество жидкаго металла можетъ быть выброшено, точно при взрывѣ. Благодаря такому бросанію холоднаго металла въ массу расплавленнаго желѣза, нерѣдко происходятъ несчастные случаи—обжоги рабочихъ. На этомъ основаніи, благодаря жеребкамъ или другимъ желѣзнымъ частямъ, находящимся въ литейной формѣ, пузыри могутъ образоваться даже тогда, когда эти части были совершенно свободны отъ окисловъ. Эту опасную газовую оболочку можно удалить вполне или, по большей части, путемъ даже умѣреннаго нагрѣванія холодной металлической части, какъ это доказывается опытомъ. При отливкѣ закаленнаго литья чугуныя части обыкновенно подвергаются предварительному незначительному нагрѣванію. Если для какой-либо надобности куски желѣза должны быть растворены въ расплавленномъ металлѣ (напр., затѣмъ чтобы ускорить охлажденіе перегрѣтаго чугуна, непригоднаго къ немедленной отливкѣ) или, если хотятъ перемѣшать расплавленный металлъ при помощи желѣзной полосы, то всякая опасность будетъ вполне устранена путемъ слабого подогреванія желѣзнаго куска. Не всегда возможно бываетъ предварительно нагрѣвать жеребки, такъ какъ они часто задолго до отливки должны быть поставлены на мѣсто: они то составляютъ неизбежное зло.

5. Усадка и ея послѣдствія.

Усадка,—какъ процессъ,—является уменьшеніемъ размѣровъ, которое претерпѣваетъ металлъ, (или вообще какое-либо литейное тѣло) предназначенный для полученія литья, при переходѣ отъ температуры расплавленнаго состоянія до обык-

новенной. Такъ какъ при производствѣ литья литейная форма наполняется расплавленнымъ металломъ для того, чтобы онъ въ ней застылъ и воспринялъ ея форму, то усадкой обыкновенно называютъ также и разницу въ размѣрахъ между литейной формой и соответствующимъ литьемъ ¹⁾.

Цифра, опредѣляющая, на сколько каждый размѣръ уменьшается при усадкѣ по сравненію съ первоначальнымъ объемомъ, называется коэффициентомъ или величиной усадки ²⁾ (Schwindungskoeffizient, Schwindmass; — measure of contraction, shrinkage; — mesure de rétraite).

Подобно многимъ другимъ тѣламъ, напримѣръ водѣ, расплавленное желѣзо, и чугуны въ особенности, расширяются тотчасъ передъ застываніемъ; подобно тому, какъ ледъ по водѣ, такъ застывшее желѣзо плаваеетъ по жидкому ³⁾.

Чѣмъ сильнѣе подобное расширеніе, тѣмъ меньше выйдетъ усадка. Образованіе въ чугуны графита влечетъ за собою расширеніе; поэтому чугуны, со значительнымъ содержаніемъ кремнія, обыкновенно слабѣе всего усаживаются. Среднюю величину усадки для сѣраго чугуна обыкновенно считаютъ въ $\frac{1}{96}$, для твердой тигельной стали въ $\frac{1}{65}$, для мягкой стали (литого желѣза) и обыкновеннаго бѣлаго чугуна въ $\frac{1}{55}$ до $\frac{1}{60}$. Совершенно чистое желѣзо по Кееру ⁴⁾ обладаетъ величиной усадки въ $\frac{1}{41}$, — слѣдовательно, усаживается весьма значительно. Впрочемъ, величина усадки зависитъ отъ различныхъ обстоятельствъ. Чѣмъ въ болѣе перепрѣтомъ состояніи вольемъ металлъ въ литейную форму, тѣмъ сильнѣе будетъ усадка, такъ какъ жидкій металлъ, вплоть до самаго застыванія, сокращаетъ свои размѣры: поэтому одинъ и тотъ же металлъ покажетъ усадку различной величины, смотря по тому, въ болѣе или менѣе горячемъ состояніи пошелъ онъ въ отливку. Jüngst произвелъ опыты надъ чугуномъ различного состава съ цѣлью опредѣленія вліянія химическаго состава чугуновъ на ихъ усадку ⁵⁾; ниже слѣдующіе примѣры позаимствованы изъ его данныхъ.

¹⁾ Разница въ объемѣ литейной формы и литья называется кубической усадкой. Это опредѣленіе, однако, въ практикѣ не имѣетъ никакого значенія.

²⁾ Коэффициентъ кубической усадки представляется соответственнымъ отношеніемъ объемовъ первоначальнаго и окончательнаго. Онъ почти въ три раза больше соответствующаго линейнаго коэффициента.

³⁾ Относительно доказательства, что плаваніе застывшаго металла по жидкому въ самомъ дѣлѣ является послѣдствіемъ происшедшаго расширенія, обратитесь къ А. Ledebur, Das Roheisen, 3 Auflage, Seite 41. Другія сообщенія объ этомъ же предметѣ: Berg und Hüttenmännische Zeitung 1875. Seite 176; 1876 Seite 34; Dinglers Polytechnisches Journal, Band 226, Seite 213.

⁴⁾ „Stahl und Eisen“ 1890, Seite 604.

⁵⁾ Jüngst, Schmelzversuche mit Ferrosilicium, Berlin 1890.

| № опыта согласно съ названіемъ сочиненіемъ. | Видъ излома образцовъ. | Химическій составъ. | | | | | Величина усадки |
|---|-------------------------------------|---------------------|------------------|----------|------------|----------|-----------------|
| | | Графитъ. | Углеродъ вообще. | Кремній. | Марганецъ. | Фосфоръ. | |
| 18 | Свѣтлосѣрый мелкозернистый | 2,08 | 2,80 | 2,29 | 0,86 | 0,81 | |
| 17 | Сѣрый мелкозернистый. | 2,22 | 2,71 | 2,24 | 0,45 | 0,93 | |
| 14 | Свѣтлосѣрый мелкозернистый | 2,38 | 2,88 | 3,21 | 1,86 | 0,90 | $\frac{1}{105}$ |
| 4 | Не сказано | 2,89 | 3,43 | 1,46 | 0,75 | 0,93 | $\frac{1}{103}$ |
| 3 | » » | 2,53 | 3,45 | 1,63 | 1,75 | 0,85 | $\frac{1}{89}$ |
| 1 | | 2,82 | 2,97 | 4,27 | 2,25 | 0,53 | $\frac{1}{87}$ |
| 2 | » » | 2,64 | 3,44 | 1,39 | 2,20 | 0,86 | $\frac{1}{78}$ |
| 11 | Не сказано, во всякомъ случаѣ бѣлый | 0,15 | 2,92 | 0,67 | 0,35 | 0,98 | $\frac{1}{71}$ |
| 9 | Сѣровато бѣлый | 1,97 | 1,97 | 9,50 | 0,62 | 0,33 | $\frac{1}{70}$ |
| 44 | Бѣлый | 0,49 | 3,14 | 0,84 | 0,26 | 0,73 | $\frac{1}{65}$ |
| 10 | Бѣлый | 0,00 | 3,61 | 0,99 | 3,23 | 0,67 | $\frac{1}{58}$ |

Изъ всѣхъ приведенныхъ здѣсь сортовъ литейнаго чугуна ни въ одномъ нѣтъ столько графита, сколько обыкновенно содержится въ темносѣромъ чугуна; поэтому въ двухъ только образцахъ усадка оказалась меньше вышеприведенной средней величины для сѣраго чугуна ($\frac{1}{96}$)¹⁾; всѣ остальные образцы обладаютъ болѣе сильной усадкой.

Неграфитовый углеродъ не вліяетъ значительно на усадку; бѣлый чугунъ усаживается только немного слабѣе, чѣмъ обезуглероженное желѣзо, коего усадка по вышесказанному составляетъ $\frac{1}{41}$. Тотъ фактъ, что сѣрый чугунъ усаживается не такъ сильно, какъ бѣлый, находитъ себѣ объясненіе въ воздѣйствіи графита, уменьшающаго усадку перваго сорта металла.

Марганецъ усиливаетъ усадку, какъ непосредственно, такъ и потому, что ослабляетъ образованіе графита. Въ вышеприведенной таблицѣ наиболѣе сильно усаживающіеся образцы

¹⁾ При сильно графитовомъ литейномъ чугуна я самъ нашелъ усадку только въ $\frac{1}{135}$ (Das Roheisen, Seite 42).

въ то же самое время содержатъ больше всего марганца: образцы, обозначенные цифрами 1 и 2, показываютъ сравнительно большую усадку, — хотя въ нихъ болѣе всего графита, — такъ какъ они обладаютъ довольно высокимъ содержаніемъ марганца; въ то-же самое время менѣе всего усаживающіеся образцы принадлежатъ къ наименѣе марганцовистымъ.

Умѣренное содержаніе кремнія косвенно уменьшаетъ величину усадки, такъ какъ способствуетъ выдѣленію графита; изъ всѣхъ сортовъ чугуна, по даннымъ опыта, наименьшею усадку показываютъ чугуны съ содержаніемъ 2 до 3% кремнія рядомъ съ 3,5 до 4% углерода вообще, да къ тому же съ малымъ содержаніемъ марганца. Образцы 11 и 44, съ малымъ содержаніемъ кремнія, даютъ довольно значительную усадку, не взирая на малое содержаніе въ нихъ марганца потому только, что въ нихъ немного содержится графита вслѣдствіе низкаго содержанія кремнія. Однако непосредственно кремній скорѣе увеличиваетъ, чѣмъ уменьшаетъ усадку, какъ это можно заключить изъ опыта 9 и изъ другихъ фактовъ ¹⁾.

Фосфоръ вовсе не оказываетъ значительнаго вліянія на усадку; во всякомъ случаѣ онъ усадки не усиливаетъ, вопреки существующему мнѣнію. Кеер нашелъ даже, что, какъ чистое желѣзо, такъ и чугунъ, уменьшаютъ величину своей усадки, если только увеличить въ нихъ содержаніе фосфора ²⁾; равнымъ образомъ въ вышеприведенной таблицѣ наименѣе усаживающіеся сорта чугуна содержали довольно много фосфора.

Изъ вышесказаннаго такимъ образомъ слѣдуетъ, что усадка сѣраго чугуна прежде всего зависитъ отъ количества въ немъ графита; если же графитъ является первой причиной, по которой сѣрый чугунъ усаживается слабѣе бѣлаго и, если вообще чугунъ проявляетъ тѣмъ меньшую усадку, чѣмъ выше въ немъ содержаніе графита, — то должно слѣдовать, что одинъ и тотъ же литейный чугунъ тѣмъ слабѣе усядется, чѣмъ будетъ медленнѣе онъ охлаждаться; — вѣдь получаемое содержаніе графита зависитъ существенно отъ условій охлажденія. Поэтому-то литее усаживается слабѣе тонкаго, отлитаго изъ того же самаго чугуна.

Этотъ фактъ можно легко подтвердить простымъ опытомъ; въ литейныхъ формахъ точно тождественной длины (1 метръ для сего самая подходящая величина) изъ одного и того же чугуна отливаютъ нѣсколько толстыхъ и нѣсколько тонкихъ полосъ; тонкія полосы окажутся короче толстыхъ, такъ какъ первыя успѣли сильнѣе вторыхъ. Однако, въ чугунолитейной практикѣ можно встрѣтить случаи, приво-

¹⁾ «Stahl und Eisen» 1889, Seite 1005.

²⁾ «Stahl und Eisen» 1890, Seite 604.

дѣнія повидному къ противоположному заключенію: будто-бы тонкія издѣлія усаживаются слабѣе толстыхъ. Среди рабочаго персонала чугунолитейной мастерской можно нередко наткнуться на подобное мнѣніе.

Если, напр., отлить рѣшетку съ толстой охватывающей рамой и тонкими прутьями, да вдобавокъ дать ей стынуть безъ примѣненія особыхъ предосторожностей, то окажется, что тонкіе прутья выгнутся изъ плоскости рамы и, слѣдовательно на самомъ дѣлѣ, будутъ длиннѣе болѣе толстыхъ плоскость охватывающей рамы. Причина этого явленія не столько лежитъ въ томъ, что усадка чугуна меньше въ болѣе охлаждающихся тонкихъ прутьяхъ, сколько въ томъ, что тонкіе прутья застываютъ и оканчиваютъ свою усадку скорѣе, чѣмъ рама; при этомъ изъ рамы долженъ притекать жидкій металлъ, чтобы уравнять происшедшее укороченіе; такимъ образомъ прутья вышли длиннѣе, чѣмъ должны были-бы быть въ томъ случаѣ, если-бы не застывали въ соединеніи съ рамой; эта послѣдняя, при своей позже наступающей усадкѣ, должна была бы или лопнуть или заставить тонкіе прутья выгнуться ¹⁾.

Послѣдствія усадки бываютъ причиною многочисленныхъ и, на первый взглядъ, часто загадочныхъ случаевъ въ литейномъ дѣлѣ; поэтому-то, для полученія удачнаго литья, прежде всего надо стараться предвидѣть процессъ усадки.

Усадка всегда затрудняетъ полученіе удачнаго литья; отсюда слѣдуетъ, что, чѣмъ меньше величина усадки металла, тѣмъ удобнѣе имъ пользоваться для литейнаго дѣла.

Ковкій металлъ (литая сталь, литое желѣзо) усаживаются по вышесказанному сильнѣе, чѣмъ чугунъ; это обстоятельство равнымъ образомъ затрудняетъ полученіе изъ перваго удовлетворительнаго литья ²⁾. Нѣкоторые примѣры могутъ лучше, всего выяснить это явленіе.

Въ каждомъ литѣѣ охлажденіе и застываніе жидкой массы начинается отъ стѣнокъ литейныхъ формъ, т. е. идетъ отъ внѣшней поверхности литья вовнутрь. Прежде всего образуется кора изъ застывшаго металла, затѣмъ она сокращается и вытѣсняетъ черезъ литникъ нѣкоторый избытокъ заключеннаго въ ней жидкаго металла. Кора мало-по-малу становится все толще и толще, т. е. къ ней все болѣе и болѣе присаживается находящійся внутри металлъ, подвергающійся въ свою очередь усадкѣ.

Естественнымъ послѣдствіемъ такой постепенной усадки, при которой кора уже успѣла застыть въ то время, когда ядро находится еще въ жидкомъ состояніи, является *образо-*

¹⁾ Опыты надъ этимъ: Berg- und Hüttenmännische Zeitung. 1869, S. 49.

²⁾ Другимъ уже раньше упомянутымъ обстоятельствомъ является, болѣе сильное выдѣленіе газовъ изъ литого ковкаго металла.

ваніе пустоты въ томъ мѣстѣ, гдѣ находился послѣдній жидкій металлъ, гдѣ застываніе наступило позже всего. Форма и величина этой пустоты зависитъ отъ формы и величины литья; въ нѣкоторыхъ образцахъ, пустота въ литѣ идетъ въ видѣ канала, слѣдуя профили издѣлія, въ другихъ же, толстыхъ издѣліяхъ она ограничивается единственнымъ мѣстомъ, но зато занимаетъ часто весьма значительное пространство; въ болѣе тонкихъ сѣченіяхъ, напр., въ плитахъ, усадка проявляется только въ видѣ неплотнаго пористаго мѣста и всегда отчетливо замѣтна, если только соответствующее сѣченіе неслишкомъ мало. Всѣ эти пустоты, образовавшіяся вслѣдствіе усадки, явственно характеризуются присутствіемъ въ нихъ на стѣнкахъ кристалловъ; нерѣдко также бываютъ онѣ заполнены друзами кристалловъ, постоянно принимающими при сѣромъ чугуна и стали особенную форму, напоминающую елку; нерѣдко поэтому называютъ ихъ елочными кристаллами; это—октаэдрическіе остовы, напоминающіе октаэдръ только въ общихъ чертахъ (фиг. 1).

Фиг. 1.

Равнымъ образомъ въ бѣломъ чугуна обнаруживаются эти кристаллическія образованія, однако въ большинствѣ случаевъ въ очень малыхъ размѣрахъ ¹⁾.

Благодаря кристаллическому покрову своихъ стѣнъ, эти пустоты обыкновенно ясно отличаются отъ ранѣе описанныхъ газовыхъ пузырей. Даже тамъ, гдѣ только пористое сложеніе литья въ тонкихъ сѣченіяхъ свидѣтельствуетъ о происшедшемъ процессѣ, можно, обыкновенно при помощи увеличительнаго стекла, найти кристаллы внутри поръ».

Если стѣнка литья, охватывающая подобную пустоту, сравнительно тонка, то случается, что она вдавливается вовнутрь силой давленія внѣшняго воздуха, такъ какъ внутри находится настоящая пустота; воздухъ можетъ также продавить полужастывшую массу, продѣлывая себѣ вовнутрь каналъ; это явленіе называется „усадочной раковиной“ (Lungern, Lunkern oder Saugen;—sucking;—tassement).

Образованіе подобныхъ пустотъ или поръ въ высшей степени вредно сказывается на доброкачественности литья.

Вообразимъ себѣ литье съ отвѣтственною прочностью, напр., балку, валокъ или тому подобное, съ размѣрами, опредѣленными согласно коэффициентамъ сопротивленія матеріала;

¹⁾ Марганцевые чугуны кристаллизуются въ иглахъ или столбикахъ эти послѣдніе въ зеркальных чугунахъ соединяются между собою въ пластинчатые кристаллическія образованія, какъ уже объ этомъ раньше упоминалось.



пусть внутри его находится неплотное мѣсто или даже пустота, благодаря усадкѣ; очевидно, что прочность его будетъ меньше, чѣмъ должна быть, а опасность не раньше можетъ быть обнаружена, какъ только при послѣдовавшемъ уже изломѣ.

Въ другихъ случаяхъ безупречное на видѣ литье подвергается обработкѣ рѣзущими инструментами; однако стоило только рѣзцу снять одну стружку, какъ тотчасъ же обнаружится внутри неплотное мѣсто; часто, благодаря этому, литье оказывается непригоднымъ къ своему назначенію, и понесенные уже расходы на обработку литья тогда пропадаютъ. Литейщику поэтому предстоитъ рѣшеніе весьма важной задачи относительно возможно полнаго устраненія пустотъ, могущихъ образоваться въ литьѣ. Помимо выбора матеріала, съ возможно малой величиной усадки, этой цѣли главнымъ образомъ можно достигнуть:

Во-первыхъ, путемъ подбора температуры расплавленнаго металла такимъ образомъ, чтобы онъ поступалъ въ литейную форму, будучи перегрѣтъ не сильнѣе, чѣмъ требуется для заполнения всѣхъ сѣченій и.

Во-вторыхъ, при помощи примѣненія такъ называемой „прибыли“ (Verlorener Kopf, todter Kopf, Anguss;—dead-head, sullage-piece, runner;—jet, masselotte, saumon), т. е. такой прибавки къ отливаемому издѣлію, внутри коей жидкій металлъ долженъ застынуть позже, чѣмъ собственно въ литьѣ; эта прибыль затѣмъ удаляется путемъ механической обработки.

Уже раньше было упомянуто, что усадка получается меньше, такъ что и послѣдствія усадки не такъ чувствительно обнаруживаютъ себя, если въ форму вливать металлъ, только немного перегрѣтый выше точки его плавления. Легче всего будетъ понять роль прибыли, если мы вообразимъ себѣ, что изъ нея, если только металлъ сохраняется въ ней жидкимъ дольше, чѣмъ въ самомъ литьѣ, металлъ долженъ выливаться внизъ, какъ только начнетъ снизу образовываться пустота; такимъ образомъ литье окажется плотнымъ, прибыль же пустою. Прибыль можетъ быть равнымъ образомъ полезна для принятія поднимающихся въ литьѣ пузырей; въ такомъ случаѣ эти послѣдніе собираются въ прибыль. Болѣе подробно о надлежащемъ устройствѣ прибыли будетъ сказано въ четвертой и пятой главахъ.

Другимъ послѣдствіемъ усадки является образованіе въ литьѣ такъ называемаго «натяженія или напряженія» (Spannung;—tension;—tension) или даже трещинъ, если различныя части литя быстро остываютъ и не могутъ усаживаться, независимо другъ отъ друга.

Раньше уже былъ описанъ случай, при которомъ болѣе тонкіе прутья рѣшетки, съ толстою рамою, оказались длин-

нѣе, чѣмъ въ томъ случаѣ, еслибы они усаживались свободно; вслѣдствіе этого вышли они изъ плоскости рамы. Само собою понятно, что это выгибаніе не можетъ случиться безъ сопротивленія матеріала; этимъ послѣднимъ обстоятельствомъ и вызывается упомянутое натяженіе, являющееся нарушеніемъ равновѣсія между частичными силами литья. Напряженіе существуетъ, какъ въ выгнутыхъ прутьяхъ, такъ и въ рамѣ, вызвавшей это выгибаніе, благодаря своей опоздавшей усадкѣ. Если сопротивленіе металла превышено силой напряженія въ литѣѣ, то еще во время охлажденія долженъ произойти разрывъ или поломка; въ иномъ случаѣ достаточно малѣйшей причины, напр., слабого удара, сотрясенія, односторонняго нагрѣва или тому подобнаго, чтобы вызвать поломку.

Чѣмъ менѣе податливымъ оказывается употребляемый литейный матеріалъ, тѣмъ болѣе будетъ, очевидно, получающееся напряженіе, и тѣмъ скорѣе можетъ произойти поломка.

Между всѣми литейными металлами, преимущественно чугуны, оказывающійся самымъ хрупкимъ, сильно склоненъ къ вреднымъ напряженіямъ и къ проистекающему отъ нихъ разрыву: чугуны, съ малымъ содержаніемъ графита,—сильнѣе чугуна, съ большимъ содержаніемъ графита, отчасти потому, что первый усаживается сильнѣе послѣдняго, а отчасти потому, что онъ обыкновенно хрупче; чугуны со значительнымъ содержаніемъ фосфора—сильнѣе чугуна съ малымъ содержаніемъ этой примѣси. Хотя ковкое желѣзо и податливѣе чугуна, но за то его усадка значительно больше; поэтому и при этомъ видѣ желѣза легко появляются вредныя напряженія или даже происходитъ разрывъ частей литья.

Въ чугунолитейномъ дѣлѣ постоянно имѣется чрезвычайно много такихъ случаевъ, при которыхъ существуютъ всѣ данныя для образованія вредныхъ напряженій.

Подобно рѣшеткѣ (или окну) съ толстой рамой и тонкими прутьями (переплетомъ) относится также колесо съ толстымъ ободомъ и тонкими спицами: ободъ усаживается въ такомъ случаѣ позже и производитъ тогда давленіе на спицы; вслѣдствіе этого происходитъ, или выгибаніе спицъ, или разрывъ обода; при отливкѣ маховыхъ колесъ, ремневыхъ шкивовъ и т. п. такое явленіе бываетъ нерѣдко ¹⁾

Если, наоборотъ, въ рѣшеткѣ переплетъ толще рамы, тогда первый усаживается позже и лопаецъ; если въ колесѣ

¹⁾ Къ сожалѣнію, у насъ, особенно при проектированіи чугунныхъ частей, не принято считаться съ вредными напряженіями при усадкѣ металла; нерѣдко поэтому приходится намъ встрѣчать машинныя рамы, лопнувшія на первыхъ же порахъ дѣйствія машины или даже во время перевозки; этимъ отчасти оправдывается существующее недоверіе къ машинамъ отечественнаго производства.

Прим. Ред.

имѣется втулка, весьма толстая по сравненію со спицами, то первая усаживается также позже и отдѣляется отъ спиць или же вызываетъ вредныя напряженія.

Если какая-нибудь плита, напр., фундаментная плита подъ машину, должна быть снабжена однимъ или нѣсколькими ребрами, то въ соответственныхъ мѣстахъ происходитъ извѣстное накопленіе матеріала, замедляющее остываніе; ребра усаживаются позже и плита коробится или лопается.

Даже плита безъ реберъ, совершенно равномернаго сѣченія, можетъ покоробиться или получить вредныя напряженія потому только, что по краямъ застываніе идетъ сильнѣе, чѣмъ въ серединѣ. Чѣмъ больше удалена середина отъ краевъ, тѣмъ менѣе равномерно будетъ происходить застываніе; на этомъ основаніи квадратныя или круглыя плиты сильнѣе подвержены выгибанію, чѣмъ продолговатыя (четыреугольныя или эллиптическія) при одной и той же площади. Однако опасность выгибанія будетъ значительно уменьшена, если вмѣсто полной квадратной плиты будетъ отлита плита съ отверстиемъ по серединѣ, хотя бы это послѣднее было не очень велико по своимъ размѣрамъ. Конечно, не всегда дѣло представляется такъ просто, какъ при описанныхъ здѣсь примѣрахъ; требуется поэтому практической навыкъ для того, чтобы въ данномъ случаѣ умѣть опредѣлить, представляютъ ли форма и размѣры отливаемого издѣлія опасность въ отношеніи вредныхъ напряженій; иногда весьма опытный и предусмотрительный практикъ въ этомъ отношеніи встрѣчается съ неудачей.

Напряженіе въ литѣ растетъ пропорціонально общей величинѣ происходящей въ немъ усадки; эта же послѣдняя растетъ пропорціонально размѣрамъ литья; такимъ образомъ опасность получения вредныхъ напряженій возрастаетъ параллельно съ величиной отливаемого издѣлія. Въ то время, когда отливка квадратной или круглой плиты въ 20 сантиметровъ въ діаметрѣ не представляетъ никакихъ трудностей, для подобной же плиты въ 200 сантиметровъ въ діаметрѣ опасность искривленія существуетъ уже весьма близко; то же самое можно сказать о всякомъ другомъ литѣ.

Къ счастью, имѣются нѣкоторыя уловки для предупрежденія или, по крайней мѣрѣ, уменьшенія образованія вредныхъ напряженій.

Самымъ простымъ средствомъ было бы такъ спроектировать издѣліе, чтобы происходило равномерное охлажденіе: для сего ни въ одномъ мѣстѣ не должно быть накоплено слишкомъ много матеріала. Хотя при проектированіи литыхъ издѣлій никогда не слѣдуетъ упускать изъ виду этого обстоятельства, однако, не всегда бываетъ возможнымъ достигнуть этого, не разойдясь съ назначеніемъ отливаемого издѣлія.

Вторымъ средствомъ должно быть регулированіе охлажденія такимъ образомъ, чтобы, не взирая на разницу въ сѣченіяхъ, всѣ части литья затвердѣвали и стыли довольно равномерно; болѣе тонкія части литья прикрываются дурными проводниками тепла (формовымъ пескомъ), а болѣе толстыя раскрываются или даже окропляются водой, если разница въ размѣрахъ особенно велика; при нѣкоторой сноровкѣ въ примѣненіи этого средства можно достигъ вполне хорошихъ результатовъ.

Длинные части литья лучше могутъ выносить слабый прогибъ, чѣмъ продольное сдавливаніе; поэтому напряженіе, вызванное прогибомъ, вмѣстѣ съ тѣмъ бываетъ слабѣе, чѣмъ вслѣдствіе продольнаго сдавливанія; такимъ образомъ часто бываетъ возможно, путемъ цѣлесообразнаго подбора формъ отдѣльныхъ частей, довольно совершенно избѣгать вредныхъ напряженій, если подвергнуть ихъ выгибанью, а не продольному сдавливанью.

Если въ колесѣ съ прямыми спицами толстый ободъ нажимается при усадкѣ на спицы въ направленіи ихъ длины, то получается вредное напряженіе или раздавливаніе, такъ какъ подобныя спицы мало податливы; если же примѣнить спицы выгнутой формы вмѣсто прямолинейной (какъ Фиг. 2. это водится при ремневыхъ шкивахъ и проч.), то легко видѣть, что уже сравнительно слабого выгиба достаточно для уменьшенія напряженія въ ободѣ; очевидно, здѣсь напряженіе въ спицахъ, а слѣдовательно и опасность поломки, будутъ тѣмъ менѣе, чѣмъ спицы болѣе выгнуты.

На этомъ самомъ основаніи, такъ называемымъ дисковымъ колесамъ (ходовымъ желѣзнодорожнымъ) даютъ вполне цѣлесообразно не плоскую тарелкообразную форму, но сообщаютъ диску между ходовымъ ободомъ и втулкой (фиг. 2) изогнутую профиль для того, чтобы онъ могъ лучше приспособляться къ неравномерной усадкѣ обѣихъ этихъ частей.

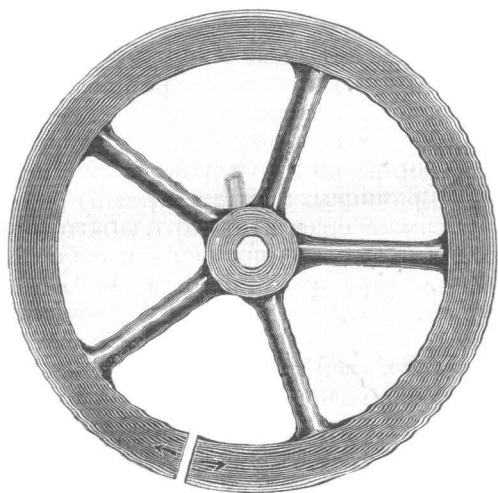
Иногда весьма дѣйствительнымъ средствомъ оказывается раздѣленіе болѣе толстой, позже усаживающейся части на нѣсколько отдѣльныхъ кусковъ, если только свойства издѣлія допускаютъ такое дѣленіе. Если, напр. отливается маховое колесо съ толстымъ полнымъ ободомъ, то сей послѣдній усаживается позже, чѣмъ болѣе тонкія спицы; при усадкѣ уменьшается его діаметръ, затѣмъ развивается давленіе на спицы въ радіальномъ направленіи, и такимъ образомъ получается значительное вредное напряженіе. Если въ какомъ либо мѣстѣ раздѣлимъ ободъ, при помощи поперечной сквозной вставки желѣзнаго листа, покрытого графитомъ, то закрытое кольцо превратится въ открытое; вмѣсто уменьшенія діаметра обода получится только при усадкѣ расширение



щели (фиг. 3), а вмѣсто сильнаго сжатія спиць только ихъ небольшой выгибъ въ общей плоскости; это послѣднее воздѣйствіе спицы могутъ перенести легче, чѣмъ первое; щель въ этомъ случаѣ нетрудно задѣлать послѣ охлажденія, при помощи вставнаго куска желѣза; то же самое средство можетъ быть, примѣнено при окнахъ или рѣшеткахъ съ толстыми рамами. Чтобы избѣжать разрыва рамы или выпячиванія переплета изъ плоскости издѣлія, раздѣляютъ раму въ одномъ или нѣсколькихъ подходящихъ мѣстахъ, а затѣмъ уже задѣлываютъ щели вставными кусочками желѣза ¹⁾).

Нерѣдко для предупрежденія вредныхъ напряженій при мѣняють одновременно нѣсколько изъ описанныхъ здѣсь средствъ.

Фиг. 3.



Хотя съ одной стороны регулированіе охлажденія литья представляется превосходнымъ средствомъ для противодѣйствія вреднымъ вліяніямъ, образующимся въ литьѣ благодаря разнообразію его сѣченій, — однако бываетъ и наоборотъ; неравномѣрное охлажденіе издѣлія, соразмѣреннаго впрочемъ вполне соотвѣтственно законамъ усадки, можетъ быть причиною образованія въ литьѣ весьма значительныхъ вредныхъ напряженій; сквозной вѣтеръ, попавшій съ одной стороны на раскаленное еще литье, водяныя капли, упавшія въ одномъ мѣстѣ, могутъ произвести вредныя напряженія, а отчасти и поломку литья, безукоризненнаго въ прочихъ отно-

¹⁾ Сравни равнымъ образомъ Ledebur, Das Roheisen, 3 Auflage, S. 45.

шеніяхъ; правда, не всегда эти факторы считаются позже настоящей причиной неудачи.

Чѣмъ больше литье по своимъ свойствамъ обнаруживаетъ склонность къ вреднымъ напряженіямъ, тѣмъ больше своего вниманія долженъ посвятить литейщикъ этимъ обстоятельствамъ.

6. Удѣльный вѣсъ.

Удѣльный вѣсъ желѣза уменьшается съ возрастаніемъ въ немъ содержанія постороннихъ тѣлъ; совершенно особо уменьшается удѣльный вѣсъ чугуна, благодаря содержанію въ немъ графита; это обстоятельство, слѣдовательно, стоитъ въ тѣсной связи съ расширеніемъ, происходящимъ при затвердѣваніи, и съ меньшей усадкой сѣраго чугуна.

Въ то время, когда удѣльный вѣсъ чистаго желѣза обыкновенно принимается $= 7,8$, удѣльный вѣсъ ковкаго желѣза въ литѣ и бѣлаго чугуна составляетъ 7,6, свѣтлосѣраго чугуна 7,2, темносѣраго 7,0. Этими цифрами можно пользоваться для вычисленія вѣса литья по объемному содержанію литейной формы.

Если форма литья не такова, что легко позволяетъ разсчитать объемъ, но для полученія литейной формы пользуются моделью (неполою, конечно), то можно напередъ, съ нѣкоторымъ приближеніемъ, разсчитать вѣсъ литья по вѣсу модели и по отношенію удѣльных вѣсовъ матеріаловъ. Если модель слѣлана изъ пихты или ели, то вѣсъ литья долженъ быть разъ въ 16 до 18 больше вѣса модели.

7. Механическія свойства сопротивленія.

Общій обзоръ.

Кромѣ сопротивленія разрыву, опредѣляемаго нагрузкой при разрывѣ соотвѣтственно единицѣ площади сѣченія тѣла, подвергаемаго спокойному вытягиванію, еще принимается въ разсчетъ преимущественно сопротивленіе матеріала толчкамъ и сотрясеніямъ. Какое-либо тѣло можетъ выдерживать весьма значительную спокойную нагрузку, однако же можетъ лопнуть, если на него подѣйствуетъ короткій толчекъ; такое тѣло называется хрупкимъ.

Чугунъ не только слабѣе ковкаго желѣза сопротивляется разрыву, но обладаетъ еще хрупкостью въ значительно большей степени; это послѣднее обстоятельство скрываетъ въ себѣ несомнѣнную опасность особенно тогда, когда чугунъ употребленъ для приготовленія частей подверженныхъ сильнымъ сотрясеніямъ. Благодаря именно своей значительно меньшей хрупкости,—помимо другихъ преимуществъ,—литье

изъ ковкаго желѣза, такъ называемое стальное литье, изъ году въ годъ все больше входитъ на мѣсто чугунаго; въ нѣкоторыхъ случаяхъ сталь служить даже исключительно примѣняемымъ матеріаломъ.

Однако, и различные сорта чугуна проявляютъ довольно значительныя колебанія въ степени своей хрупкости; естественно поэтому, тѣмъ настойчивѣе требовать въ литейномъ дѣлѣ выбора, для той или другой надобности, по возможности менѣе хрупкаго чугуна, чѣмъ болѣе сильнымъ сотрясеніямъ должно быть подвергнуто изготовляемое литье и, чѣмъ тяжелѣе были бы послѣдствія въ случаѣ, еслибы, благодаря этимъ сотрясеніямъ, произошла поломка. Затѣмъ надо еще обратить здѣсь вниманіе на то обстоятельство, — уже раньше разсмотрѣнное, — что вредныя сопротивленія, образующіяся иногда при усадкѣ литья, представляютъ значительную опасность для прочности литья и, проявляются тѣмъ легче, чѣмъ больше хрупкость литейнаго матеріала.

Хрупкости обыкновенно противопоставляютъ вязкость (тягучесть), хотя это не вполнѣ отвѣчаетъ приведенному здѣсь значенію. Вязкость зависитъ отъ коэффициента упругости, предѣла упругости и разстоянія между послѣднимъ и предѣломъ сопротивленія. Вообще матеріалъ считается тѣмъ болѣе тягучимъ, чѣмъ сильнѣе будетъ измѣненіе формы, которое можетъ онъ выдержать передъ наступленіемъ разрыва. Если ударъ дѣйствуетъ на какой-либо предметъ, и этотъ послѣдній состоитъ изъ вязкаго матеріала, то онъ подается въ ударяемомъ мѣстѣ, т. е. претерпѣваетъ здѣсь временное или остающееся измѣненіе формы, на которое затрачивается сила удара; поломка такимъ образомъ устранена. Если дѣло происходитъ съ хрупкимъ тѣломъ, то измѣненіе формы не проявляется, а въ ударяемомъ мѣстѣ слѣдуетъ разрывъ.

Поэтому степень измѣненія формы, наступающаго до разрыва какого-либо матеріала, можетъ отчасти служить мѣрой его сопротивленія ударамъ. Однако опытъ насъ поучаетъ, что для полученія точнаго сужденія объ этомъ сопротивленіи, равнымъ образомъ, является цѣлесообразнымъ непосредственное испытаніе матеріала ударами опредѣленной силы.

Если оставить въ сторонѣ тѣ вредныя вліянія на свойства сопротивленія отлитаго желѣза, кои происходятъ отъ вредныхъ напряженій въ литьѣ (стр. 54), то химическій составъ литейнаго матеріала долженъ опредѣлять прежде всего свойства матеріала въ работѣ.

Чистое желѣзо обладаетъ значительною степенью вязкости, при умѣренномъ сопротивленіи разрыву; благодаря воспринятію постороннихъ тѣлъ, вязкость, во всякомъ случаѣ, быстро уменьшается, сопротивленіе же разрыву на первыхъ порахъ по большей части увеличивается; если только содержаніе

соотвѣтственныхъ постороннихъ тѣлъ въ желѣзѣ превзошло нѣкоторый, по большой части довольно низкій предѣлъ, то и сопротивленіе разрыву быстро понижается.

Чугунъ всегда содержитъ сравнительно много постороннихъ примѣсей; поэтому онъ почти всегда обладаетъ меньшимъ сопротивленіемъ разрыву и, значительно большей хрупкостью, чѣмъ ковкое желѣзо въ литѣ.

Вліяніе различныхъ тѣлъ въ этомъ отношеніи проявляется съ весьма различной силой; къ тому-же, и то содержаніе, при переходѣ черезъ которое сопротивленіе разрыву опять начинаетъ уменьшаться, бываетъ весьма различно.

Весьма сильно и отчетливо сказывается вліяніе *углерода*.

Между различными видами углерода, попадающимися въ желѣзѣ (стр. 16), только углеродъ закала можетъ оказывать непосредственное вліяніе, такъ какъ только онъ находится въ равномерномъ сплавѣ со всѣмъ количествомъ желѣза; чѣмъ выше въ металлѣ содержаніе углерода отпуска и графита, тѣмъ ниже будетъ, при одномъ и томъ-же общемъ количествѣ углерода, содержаніе углерода закала. Графитъ, будучи самъ по себѣ мягкимъ и, представляя въ чугунѣ самостоятельное отложеніе, прежде всего можетъ только вредно вліять на свойства сопротивленія металла, такъ какъ онъ прерываетъ внутреннее сѣпленіе желѣзной массы; на самомъ дѣлѣ, чугунъ съ весьма значительнымъ содержаніемъ графита не обладаетъ, ни значительнымъ сопротивленіемъ разрыву, ни значительной вязкостью.

Несмотря на это, сѣрый чугунъ по большей части прочнѣе и всегда менѣе хрупокъ, чѣмъ бѣлый; это обстоятельство достаточно объясняется тѣмъ, что большимъ содержаніемъ углерода закала сопротивленіе разрыву еще болѣе ослабляется, а хрупкость болѣе усиливается, чѣмъ при умѣренномъ содержаніи графита; къ тому-же, какъ было только что упомянуто, благодаря образованію графита, уменьшается количество углерода закала.

Къ сожалѣнію, до сихъ поръ, при изслѣдованіи зависимости свойствъ сопротивленія отъ химическаго состава, постоянно подвергалось опредѣленію на ряду съ графитомъ только общее количество такъ называемаго связаннаго углерода, т. е., безъ отличія углерода закала отъ углерода отпуска; поэтому мы и не знаемъ, при какомъ содержаніи углерода закала желѣзо обладаетъ наибольшимъ сопротивленіемъ разрыву. Въ ковкомъ желѣзѣ, вообще содержащемъ графитъ развѣ только въ исключительныхъ случаяхъ, сопротивленіе разрыву растетъ до тѣхъ поръ, пока количество углерода не достигнетъ приблизительно 1%. Въ сортахъ чугуна, отличающихся своимъ высокимъ сопротивленіемъ, количество связаннаго углерода обыкновенно колеблется въ

предѣлахъ отъ 0,4 до 0,7%, количество графита въ предѣлахъ отъ 3,2 до 1,8%, углерода вообще отъ 3 до 3,5%.

Значительное количество, какъ связаннаго углерода, такъ и графита, вредно отзывается на сопротивленіи разрыву и на вязкости; отсюда ясно, отчего въ чугунахъ, отличающихся своимъ значительнымъ сопротивленіемъ и малой хрупкостью, общее содержаніе углерода по большей части стоитъ ближе къ низшей, чѣмъ высшей изъ обѣихъ приведенныхъ цифръ.

Кремній дѣйствуетъ подобно углероду закала, но въ значительнѣе болѣе слабой степени: небольшое количество кремнія способствуетъ увеличенію сопротивленія; значительное же—ослабляетъ его и усиливаетъ хрупкость. Кремнистый чугунъ отличается весьма малымъ сопротивленіемъ. Однако роль кремнія при образованіи въ чугунѣ графита оказывается гораздо важнѣе этого непосредственнаго его вліянія на свойства сопротивленія чугуна:—чугунъ безъ кремнія или со слишкомъ незначительнымъ его количествомъ былъ-бы только бѣлымъ, хрупкимъ и очень мало пригоднымъ къ дѣлу. Чѣмъ выше общее количество углерода, чѣмъ ниже количество марганца, чѣмъ медленнѣе происходитъ остываніе, слѣдовательно, чѣмъ толще литье,—тѣмъ ниже можетъ быть количество кремнія, необходимое для полученія сѣраго чугуна.

Толстыя издѣлія изъ сѣраго чугуна, отличающіяся весьма высокимъ механическимъ сопротивленіемъ и сравнительно малой хрупкостью, часто содержатъ не болѣе 0,7% кремнія; въ болѣе тонкихъ издѣліяхъ количество кремнія можетъ составлять 2 до 2,5%, особенно, если количество углерода не очень выше 3%; болѣе низкое содержаніе кремнія было бы здѣсь скорѣе вредно, чѣмъ полезно.

Въ литьѣ изъ ковкаго желѣза, кремнія бываетъ даже до 0,6%; иногда еще нѣсколько выше; однако, чѣмъ высшія требованія предъявляются къ вязкости матеріала, тѣмъ желательнѣе бываетъ низшее содержаніе углерода.

Марганецъ способствуетъ увеличенію хрупкости и уменьшенію механическаго сопротивленія, если только количество его превышаетъ 1,5%. Чугунъ со значительнымъ содержаніемъ марганца поэтому не годится для полученія прочнаго литья; равнымъ образомъ и въ ковкомъ металлѣ количество марганца около 1% считается высшимъ допустимымъ предѣломъ. Литье изъ ковкаго металла содержитъ по большей части 0,3% до 0,8% марганца.

Фосфоръ способствуетъ увеличенію хрупкости и замѣтному уменьшенію сопротивленія чугуна, если только его количество переходитъ черезъ нѣкоторую низко лежащую границу, точно еще не опредѣленную. Кеер (Кипъ) изслѣдовалъ это вліяніе такимъ образомъ, что все болѣе и болѣе обогащалъ три сорта чугуна, съ малымъ содержаніемъ фосфора, при помощи фосфористаго чугуна и, затѣмъ, полученные образцы

испытывалъ на изгибъ; полученные при этомъ цифры сопротивленія, выраженные въ килограммахъ на 1 кв. мм. площади излома, представляются слѣдующимъ образомъ ¹⁾:

| | |
|--|------------------------------------|
| Количество фосфора въ %. | 0,08—0,50—1,00—1,50—2,00—2,50—3,00 |
| Сѣрый чугуны, сопротивление въ килограммахъ. | 29,0—31,5—26,2—26,0—18,9—15,4— — |
| Бѣлый | — —26,2—25,3—24,5—24,4—21,7—18,3 |
| | — —13,6—12,6—13,8— 9,7— 8,4— — |

Увеличеніе хрупкости чугуна при помощи фосфора на практикѣ часто представляется глазамъ. Подъ единственнымъ ударомъ молота соотвѣтственной силы распадается штыкъ чугуна съ большимъ содержаніемъ фосфора, часто на нѣсколько кусковъ, въ то время, когда при чугуны, съ малымъ содержаніемъ фосфора, требуется нѣсколько такихъ же ударовъ для раздѣленія только на двѣ части.

Колонна или балка изъ фосфористаго чугуна, подверженная дѣйствію неспокойной нагрузки, лопасть въ дѣлѣ въ то время, когда такія же самыя издѣлія изъ чугуна съ малымъ содержаніемъ фосфора вполне выдерживаютъ испытаніе; литее, слишкомъ склонное къ вреднымъ напряженіямъ, разлетается въ куски иногда еще при остываніи въ литейной формѣ, если оно было приготовлено изъ фосфористаго чугуна въ то время, когда оно выходитъ безупречнымъ, если для литья употребили чугуны съ малымъ содержаніемъ фосфора.

Не менѣе отчетливо обнаруживается это вредное вліяніе фосфора также при ковкомъ металлѣ; такъ какъ къ механическимъ качествамъ послѣдняго предъявляются вообще гораздо высшія требованія, чѣмъ при чугуны, то и фосфора въ первомъ допускается гораздо меньше, чѣмъ въ послѣднемъ.

Впрочемъ, степень вліянія содержанія фосфора зависитъ также отъ количества другихъ тѣлъ. Марганецъ и углеродъ закала усиливаютъ вредное вліяніе фосфора; однако, не слишкомъ малое количество кремнія косвенно улучшаетъ качества фосфористаго чугуна, такъ какъ кремній, усиливая образованіе графита, уменьшаетъ количество углерода закала. Вообще чугуны оказываются тѣмъ лучше для отливки издѣлій, отъ коихъ требуется большая прочность, чѣмъ ниже въ немъ содержаніе фосфора; однако, въ особенности въ чугунахъ съ малымъ содержаніемъ марганца, при содержаніи 2 до 2,5% кремнія, на содержаніе фосфора около 1% не слѣдуетъ смотрѣть, какъ на особенно вредное количество, если только соотвѣтствующія издѣлія не подвергаются сильнымъ сотрясеніямъ; для обыкновеннаго литья, къ коему не предъявляютъ высокихъ требованій относительно прочности, нѣрѣдко пользуются, безъ вреда, чугуномъ съ содержаніемъ фосфора до 1,5%. Тамъ, гдѣ, вслѣдствіе поломки литья отъ

¹⁾ «Stahl und Eisen» 1890, Seite 604;—извлеченіе изъ Transactions of the American Institute of Mining Engineers.

ударовъ, могутъ произойти несчастные случаи, осторожность должна заставлять брать въ литье чугуны съ содержаніемъ фосфора не болѣе 0,4⁰/₀; въ стальномъ литѣй количество фосфора свыше 0,1⁰/₀ оказывается положительно вреднымъ.

Стѣна по большей части попадаетъ въ такихъ небольшихъ количествахъ, что ея присутствіе не оказываетъ замѣтнаго вліянія на прочность желѣза. Болѣе значительное содержаніе сѣры (0,15⁰/₀ и болѣе) въ сѣромъ чугунѣ препятствуетъ выдѣленію графита (стр. 12) и такимъ образомъ способствуетъ образованію чугуна, склоннаго къ отбѣливанію, а потому можетъ неблагоприятно воздѣйствовать на прочность издѣлій; чѣмъ меньше сѣченія издѣлій, чѣмъ быстрее, слѣдовательно, идетъ застыванье, тѣмъ отчетливѣе проявляется это вліяніе. Тѣмъ не менѣе въ чугунныхъ издѣліяхъ, отличающихся своей высокой вязкостью, находится иногда свыше 0,2⁰/₀ сѣры.

Равнымъ образомъ объ остальныхъ случайныхъ спутникахъ желѣза, — какъ-то: мышьякѣ, сурьмѣ, мѣди, хромѣ, ванадіи и другихъ — можно сказать то же самое, что и относительно сѣры: они по большей части встрѣчаются въ слишкомъ незначительныхъ количествахъ для того, чтобы хотя одна изъ этихъ примѣсей самостоятельно могла оказать замѣтное вліяніе. Однако, если много подобныхъ тѣлъ выступаетъ одновременно, то, при ихъ общемъ воздѣйствіи, вліяніе можетъ быть замѣтнымъ: металлъ дѣлается хрупче и перѣдко теряетъ отчасти свою прочность. Поэтому, чѣмъ ниже въ желѣзѣ содержаніе этихъ тѣлъ, тѣмъ лучше вообще оно оказывается въ дѣлѣ. Высокая температура при выплавкѣ чугуна содѣйствуетъ воспринятію постороннихъ тѣлъ; такимъ образомъ объясняется, почему древесно-угольный чугунъ, выплавленный при низшей температурѣ, при испытаніи прочности, въ среднемъ оказывается лучше чугуна, выплавленного на минеральномъ горючемъ при высшей температурѣ; равнымъ образомъ этимъ же объясняется, почему изъ бѣлаго чугуна, съ малымъ содержаніемъ марганца, можно получить литье, отличающееся особенно большимъ сопротивленіемъ и малой хрупкостью, если только превратить его въ сѣрый чугунъ путемъ переплавки съ соотвѣтственнымъ количествомъ кремнистаго чугуна ¹⁾.

Кромѣ химическаго состава на механическое сопротивленіе желѣза оказываетъ также нѣкоторое вліяніе и *свойство строенія металла*. Строеніе металла зависитъ отчасти отъ химическаго состава, а отчасти отъ условій охлажденія; два куска литья, приблизительно одинаковаго химическаго состава, могутъ въ дѣлѣ обнаруживать довольно неодинаковое строеніе и неодинаковыя механическія свойства сопротивленія.

¹⁾ Jüngst, Schmelzversuche mit Ferrosilicium. Berlin 1890.

Большія плоскости отдѣльностей въ желѣзѣ точно такъ же, какъ во всѣхъ тѣлахъ кристаллическаго сложенія, способствуютъ уменьшенію сопротивленія разрыву и ведутъ къ ослабленію вязкости; поэтому желѣзо съ крупнозернистымъ изломомъ вообще менѣе прочно въ отношеніи ударовъ, чѣмъ мелкозернистое.

Медленное охлажденіе способствуетъ образованію въ металлѣ крупнозернистаго сложенія, быстрымъ же охлажденіемъ вызывается мелкозернистое строеніе. Пользованіе быстрымъ охлажденіемъ было бы цѣлесообразнымъ, при полученіи литья большой прочности, только въ томъ случаѣ, когда употребленный чугуны, по своему химическому составу, (содержаніе углерода и кремнія) легко можетъ получить крупнозернистое строеніе. Съ другой стороны нельзя также забывать, что умѣренное количество графита необходимо для сообщенія чугуны прочности и, что содержаніе графита зависитъ частью отъ условій охлажденія. Если, путемъ быстрого охлажденія, уменьшить количество графита ниже требуемой нормы,—причемъ соотвѣтственно усиливается содержаніе въ чугуны углерода закала,—то прочность металла будетъ уменьшена. Въ то время, когда чугуны со значительнымъ содержаніемъ углерода и кремнія, склонный къ обильному выдѣленію графита, оказывается болѣе пригоднымъ въ тонкихъ сѣченіяхъ, чѣмъ въ толстыхъ, наоборотъ, искусственно замедленное охлажденіе можетъ быть полезнымъ тогда, когда чугуны, по своему химическому составу, склоненъ къ отбѣливанію. Въ послѣднемъ случаѣ и при очень медленномъ охлажденіи получается довольно мелкозернистое сложеніе. Подобно этому чугуны съ небольшимъ содержаніемъ углерода и кремнія, относится и ковкій литейный металлъ. При быстромъ застываніи, напр., при вливаніи въ чугунную изложницу, получается въ быстрѣе остывшихъ частяхъ неоднородное, иногда даже широколистватое сложеніе; при медленномъ охлажденіи получается однородное зернистое сложеніе. Послѣднимъ строеніемъ обуславливается высшая степень вязкости и сопротивленія разрыву. Поэтому-то литые изъ ковкаго желѣза обыкновенно подвергаютъ *отжиганью* (Ausglühen;—annealing;—recuit, recuite), вслѣдъ за отливкой, въ теченіе нѣсколькихъ дней.

Наконецъ, заслуживаетъ вниманія тотъ фактъ, что *механически обработанныя чугуныя издѣлія, т. е., такія, коиъ плена* ¹⁾ *снята при помощи терпуга или на станкѣ показывають большее сопротивленіе, чѣмъ не отдѣланныя издѣлія, если брать во вниманіе только сопротивленіе на единицу площади сѣченія.*

¹⁾ Пленой обыкновенно называютъ внѣшнюю корку литья, состоящую болѣею частью изъ окисловъ.

По изслѣдованіямъ Johnson'a (Джонсона) сопротивленіе чугуна разрыву, путемъ механической обработки, увеличивается на 25% противъ сопротивленія сырого литья ¹⁾; по опредѣленіямъ же С. Bach'a сопротивленіе изгибу возрастаетъ на 11 до 20%, слѣдовательно въ среднемъ на 15% ²⁾.

Объясненія этого явленія надо искать во многихъ обстоятельствахъ.

Прежде всего плена литья состоитъ отчасти изъ окисленныхъ тѣлъ, обладающихъ меньшимъ сопротивленіемъ, чѣмъ чистый металлъ; равнымъ образомъ на поверхности, или тутъ же подъ нею, находятся нерѣдко скопленія пузырей, спѣли или иныхъ постороннихъ тѣлъ, также уменьшающихъ прочность. Затѣмъ надо принять во вниманіе, что внѣшняя быстрѣе охлажденная кора содержитъ больше углерода закала, а потому она тверже, хрупче и менѣе податлива, чѣмъ внутреннія части литья:—когда здѣсь начнется изломъ, тогда внутреннія части должны слѣдовать за внѣшними. Равнымъ образомъ въ сыромъ литѣ больше внутреннихъ напряжений, происшедшихъ отъ одновременнаго охлажденія внѣшнихъ и внутреннихъ частей; благодаря механическому снятію плены, напряжения въ литѣ уменьшаются и, такимъ образомъ прочность обработаннаго литья относительно возрастаетъ. Относительно вліянія плены въ литыхъ издѣліяхъ изъ ковкаго желѣза пока не имѣется изслѣдованій. Постоянно применяемое отжиганіе этихъ издѣлій во всякомъ случаѣ скрываетъ здѣсь въ значительной степени, или вполне, различія, явственныя замѣчаемыя въ отношеніи обработаннаго и сырого чугунаго литья. Насколько форма сѣченія изслѣдуемаго литья можетъ оказать вліяніе на его прочность, будетъ еще сказано ниже.

Сопротивленіе разрыву.

а. Чугунъ.

При благопріятныхъ условіяхъ нагрузка при разрывѣ чугуна можетъ достигать 24 клг. на 1 кв. мм. (въ механически обработанномъ состояніи), а при неблагопріятныхъ обстоятельствахъ можетъ быть меньше 8 клг.

По соглашенію нѣмецкихъ желѣзозаводчиковъ ³⁾ и по нормальнымъ условіямъ, принятымъ союзомъ нѣмецкихъ обществъ архитекторовъ и инженеровъ ⁴⁾, сопротивленіе разрыву не обработанной механически чугунной полосы

¹⁾ Transactions of the American Society of Civil Engineers, vol XII, p. 91.; Оттуда извлечено въ «Stahl und Eisen» 1890, Seite 603.

²⁾ Zeitschrift d. Ver. deutscher Ingenieure 1889, Seite 140.

³⁾ «Stahl und Eisen» 1889, Seite 362.

⁴⁾ Mittheilungen des Verbands deutscher Architekten und Ingenieure-reine 1886, № 4.

должно составлять по меньшей мѣрѣ 12 клг. на 1 кв. мм., если чугуны предназначены для примѣненія въ строительномъ дѣлѣ; въ механически обработанномъ состояніи такое сопротивленіе должно соотвѣтствовать приблизительно 15 клг. Удлиненіе, претерпѣваемое чугуномъ при испытаніи его на разрывъ, является весьма незначительнымъ. Въ этомъ отношеніи производилъ опыты Hodgkinson; онъ бралъ полосы длиной въ 15,24 метра и сѣченіемъ въ 685 кв. мм. для того, чтобы получаемое удлиненіе было болѣе доступно измѣренію; при сопротивленіяхъ разрыву въ 10,3 до 11,5 клг. на 1 кв. мм., удлиненія оказались въ $\frac{1}{741}$ до $\frac{1}{514}$ первоначальной длины ¹⁾. Если взять болѣе короткія полосы, то получится нѣсколько большее отношеніе между удлиненіемъ и всей длиной. Johnson предлагаетъ наименьшее удлиненіе, допустимое для чугуна въ постройкахъ, принять въ 0,4% ($\frac{1}{250}$) первоначальной длины, если длина испытываемой полосы составляетъ 381 мм. (15 англійскихъ дюймовъ).

При всѣхъ испытаніяхъ чугуна на разрывъ оказывается, что онъ не обладаетъ ни предѣломъ упругости, ни предѣломъ пропорціональности:—часть каждого измѣряемаго удлиненія остается безвозвратной, а коэффициентъ упругости уменьшается непрерывно по мѣрѣ увеличенія нагрузки. Высокія цифры сопротивленія разрыву получились у Jünger'a при его опытахъ, часто уже упоминавшихся, путемъ прибавленія кремнистаго чугуна къ чугунамъ съ малымъ содержаніемъ кремнія и, переплавки смѣси въ вагранкѣ; напр., 20 частей кремнистаго чугуна (съ 5,32% кремнія) и 80 частей бѣлаго древесноугольнаго чугуна съ малымъ содержаніемъ марганца дали послѣ переплавки чугуны съ содержаніемъ 2,89% графита, 3,43% углерода вообще, 1,46% кремнія, 0,75% марганца, 0,93% фосфора и 0,16% сѣры съ сопротивленіемъ разрыву въ 24 клг. (въ механически обработанномъ состояніи); равнымъ образомъ 5,4 части кремнистаго чугуна (10,4% кремнія) съ 34,6 части сѣраго коксоваго чугуна и 60 частями бѣлаго древесноугольнаго чугуна, съ малымъ содержаніемъ марганца, послѣ переплавки дали чугуны съ содержаніемъ 2,47% графита, 3,11% углерода вообще, 1,55% кремнія, 0,79% марганца, 0,70% фосфора, 0,11% сѣры при сопротивленіи разрыву въ 21,25 клг. Путемъ прибавленія стали, при переплавкѣ сѣраго чугуна, также можно получить матеріалъ съ весьма высокимъ сопротивленіемъ разрыву.

При весьма крупнозернистыхъ чугунахъ всегда получаютъ низкія цифры сопротивленій; равнымъ образомъ содержаніе марганца, превышающее 1,5% по всѣмъ имѣющимся результатамъ, значительно уменьшаетъ сопротивленіе разрыву ²⁾.

¹⁾ Annales des mines, série IV. tome XX, p. 456.

²⁾ Примѣры подобныхъ испытаній читатель можетъ найти въ книгѣ

б. Литье изъ ковкаго металла.

Путемъ сообщенія металлу опредѣленнаго химическаго состава, можно измѣнять это сопротивленіе въ широкихъ границахъ. Съ возрастаніемъ количества углерода возрастаетъ сопротивленіе разрыву до тѣхъ поръ, пока углеродъ не достигнетъ 1% или немного выше; равнымъ образомъ марганецъ (до 1%) способствуетъ увеличенію сопротивленія, хотя и не въ такой значительной степени, какъ углеродъ. Еще менѣе замѣтнымъ оказывается вліяніе кремнія.

Вмѣстѣ съ сопротивленіемъ разрыву обыкновенно соразмѣрно возрастаетъ и хрупкость; въ большинствѣ случаевъ, поэтому находятъ цѣлесообразнымъ пользоваться матеріаломъ, менѣе прочнымъ въ отношеніи разрыва, съ меньшимъ содержаніемъ углерода и марганца, но за то болѣе стойкимъ въ отношеніи сотрясеній, чѣмъ наоборотъ. Опаснымъ врагомъ прочности, и особенно вязкости, является фосфоръ; содержанія этого тѣла въ литѣ изъ ковкаго металла свыше 0,1%, во всякомъ случаѣ стараются избѣгать.

Литье съ содержаніемъ около 1% углерода, 0,3% кремнія, 0,8 до 1% марганца можетъ, въ отожженномъ состояніи, доставить сопротивленіе разрыву въ 60 до 70 клг. на 1 кв. мм.; однако удлиненіе такого металла все же не велико и не превышаетъ 4% (относительно первоначальной длины въ 20 мм.). При 0,1% углерода, 0,2 до 0,3% кремнія, 0,5 до 0,6% марганца сопротивленіе разрыву составляетъ только 40 до 50 клг., но въ то же самое время металлъ обладаетъ весьма значительной вязкостью и, вслѣдствіе этого, оказывается болѣе пригоднымъ для многочисленныхъ примѣненій, чѣмъ первый металлъ, болѣе прочный, но въ то же время гораздо болѣе хрупкій. Пробныя полосы, отлитыя изъ этого желѣза, болѣе бѣднаго содержаніемъ углерода, показываютъ при испытаніяхъ на разрывъ отъ 20 до 35 % удлиненія на 200 мм. первоначальной длины. ¹⁾

Сопротивленіе давленію.

При измѣняющемся отношеніи между высотой и діаметромъ испытываемыхъ тѣлъ, получаютъ различныя цифры сопротивленій давленію. Чѣмъ больше высота, при одномъ и томъ же діаметрѣ, тѣмъ ниже дѣлается сопротивленіе давленію ²⁾. Поэтому-то результаты, полученные при испытаніи

Jügst'a, Schmelzversuche mit Ferrosilicium, Seite 47; затѣмъ у Wachler'a, Vergleichende Qualitätsuntersuchungen rheinisch—westfälischen und ausländischen Giessereiroheisens. Berlin 1879, Seite 66; A. v. Kerpely Ungarns. Eisenhüttenzeugnisse, Wien 1877, Seite 74; A. Ledebur, Das Roheisen, 3 Auflage, Leipzig 1891, Seite 56.

¹⁾ Примѣры; „Stahl und Eisen“ 1891, Seite 458.

²⁾ Опыты надъ этимъ: Annales des mines, série IV, tome XX, p. 446, „Stahl und Eisen“ 1890, Seite 604.

чугуна на сопротивленіе давленію, колеблются между 30 и 125 клг. на 1 кв. мм.; въ среднемъ можно считать 70 клг. ¹⁾

Относительно сопротивленія давленію литейнаго ковкаго металла имѣется пока мало опытныхъ данныхъ. Сопротивленіе давленію растетъ и падаетъ, подобно сопротивленію разрыву, вмѣстѣ съ содержаніемъ углерода; въ то же самое время, въ равной мѣрѣ возрастаетъ и хрупкость. При желѣзѣ, съ весьма малымъ содержаніемъ углерода, опредѣленіе собственно сопротивленія давленію часто бываетъ совершенно невозможнымъ; металлъ при возрастаніи давленія, безпрерывно измѣняетъ свою форму, потерявъ вслѣдствіе этого свою способность къ сопротивленію, хотя собственно изломъ и не наступаетъ. Для прокованнаго или прокатаннаго желѣза найдены цифры сопротивленія давленію между 33 и 211 клг. на 1 кв. мм. ²⁾ Подобныя цифры должны равнымъ образомъ получаться и для литейнаго хорошо отожженнаго ковкаго металла. Въ среднемъ сопротивленіе давленію, само по себѣ, для ковкаго желѣза не бываетъ существенно выше, чѣмъ при чугуиѣ; однако, вязкость перваго, при испытаніяхъ давленіемъ, проявляется значительно сильнѣе, какъ это должно слѣдовать изъ только-что сказаннаго объ отношеніи желѣза съ малымъ содержаніемъ углерода.

Сопротивленіе изгибу.

Въ отношеніи сопротивленія литья изгибу имѣются обширныя изслѣдованія только для чугуна. Ковкое желѣзо отличается тѣмъ большею гибкостью, т. е. оно переноситъ безъ разрыва тѣмъ большій изгибъ, чѣмъ ниже въ желѣзѣ содержаніе постороннихъ тѣлъ, и особенно углерода, и чѣмъ тоньше сѣченіе испытываемаго образца. Пробныя полосы, отлитыя изъ мягкаго желѣза и, хорошо отожженные, въ 25 мм. въ сторонѣ квадратнаго поперечнаго сѣченія, могутъ иногда выгибаться безъ разрыва на 180°;—подобныя образцы обладаютъ поэтому вязкостью въ весьма высокой степени; однако слѣдовало-бы подвергать испытаніямъ предметы гораздо болѣе значительныхъ размѣровъ, если угодно получить практическія данныя относительно сопротивленія изгибу. Сопротивленіе изгибу въ ковкомъ металлѣ возрастаетъ вмѣстѣ съ содержаніемъ въ немъ углерода; для прокованныхъ круглыхъ полосъ съ 0,12% углерода найдено сопротивленіе изгибу въ 78,6 клг. на 1 кв. мм., а при содержаніи 1% углерода, подобная полоса показала сопротивленіе изгибу въ 116,9 клг. ³⁾

¹⁾ Примѣры: Ledebur, Das Roheisen, 3 Auflage, Seite, 55.

²⁾ Подробности объ этомъ: A. Ledebur, Eisen und Stahl in ihrer Anwendung für bauliche und gewerbliche Zwecke, Berlin 1890, Seite 83.

³⁾ A. v. Kerpely, Eisen und Stahl auf der Weltausstellung zu Paris im Jahre 1878, Seite 164.

Цифры, близкія къ этой, можно было-бы получить и при литомъ ковкомъ металлѣ, предварительно хорошо отожженномъ. Относительно гибкости чугуна надлежитъ прежде всего упомянуть то немаловажное обстоятельство, что на это свойство въ значительной степени оказываетъ вліяніе форма поперечнаго сѣченія испытываемаго литого издѣлія. С. Вачъ производилъ опыты относительно вліянія формы поперечнаго сѣченія ¹⁾; при одномъ и томъ же сортѣ чугуна получены имъ слѣдующія цифры сопротивленія изгибу при разломѣ, въ килограммахъ на 1 кв. мм.

Поперечное сѣченіе. 

Сопротивл. изгибу. 19,79—23,72 — 23,95 — 29,05— 29,29 —32,81 кг.

По нормальнымъ условіямъ вышеупомянутыхъ нѣмецкихъ учреждений, механически не обработанная квадратная чугунная полоса въ 30 мм. въ сторонѣ, свободно положенная на опорахъ, съ разстояніемъ между ними въ 1 метръ, должна по серединѣ выдерживать безъ разлома нагрузку, возрастающую постепенно до 450 клг. Такая нагрузка при разломѣ должна была бы соответствовать сопротивленію изгибу въ 25 клг. на 1 кв. мм.

При испытаніи механически обработанныхъ образцовъ тѣхъ же самыхъ размѣровъ, согласно свѣдѣніямъ, раньше сообщеннымъ въ этой книгѣ относительно вліянія механической обработки, надо считать нормальной нагрузку около 520 клг., соответственно сопротивленію изгибу въ 29 клг. на 1 кв. мм. Относительно прогиба, принимаемаго чугунными полосами, испытываемыми на изгибъ, не дается въ упомянутыхъ нормальныхъ условіяхъ никакихъ опредѣленій. На дѣлѣ оказывается, что механически не обработанные полосы приведенныхъ размѣровъ изъ хорошаго, т.е. не слишкомъ хрупкаго чугуна, выдерживаютъ прогибъ въ 15—20 мм. Хрупкій чугунъ иногда ломается, не давъ прогиба больше, чѣмъ въ 3 до 4 мм.; очень вязкій матеріалъ прогибается на 26 мм., а иногда и нѣсколько сильнѣе ²⁾. Благодаря механической обработкѣ, (удаленію плены) увеличивается также сопротивленіе литья изгибу ³⁾.

Небольшое безвозвратное измѣненіе формы можно замѣтить уже при небольшой нагрузкѣ; въ то же самое время коэффи-

¹⁾ Zeitschrift d. Vereins deutscher Ingenieure 1888, Seite 193, 221, 1090.

²⁾ Какимъ образомъ эти цифры измѣняются, вмѣстѣ съ размѣрами испытываемыхъ полосъ, учить объ этомъ каждое руководство по механикѣ, или часть ея, называемая ученіемъ о сопротивленіи матеріаловъ

³⁾ Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1889, S. 140

іентъ упругости уменьшается по мѣрѣ возрастанія въ литѣхъ напряженія. Равнымъ образомъ при испытаніяхъ на изгибъ чугуна не показываетъ, ни предѣла упругости, ни предѣла пропорціональности. Впрочемъ по большей части оказывается, что, согласно ученію о сопротивленіи матеріаловъ, сорта чугуна, отличающіеся значительнымъ сопротивленіемъ разрыву и давленію, оказываются вполне удовлетворительными и при испытаніи на изгибъ, и наоборотъ. Значительнымъ сопротивленіемъ изгибу отличаются чугуны, не слишкомъ богатые графитомъ и не очень крупнозернистые, а также не слишкомъ бѣдные графитомъ; къ тому же чугуны съ очень малымъ содержаніемъ графита, благодаря значительному содержанію углерода закала, обыкновенно бываютъ очень хрупкими, т. е. выдерживаютъ только незначительный прогибъ.

Jüngst произвелъ многочисленные опыты относительно сопротивленія изгибу съ различными сортами литейнаго чугуна ¹⁾; онъ подвергалъ испытанію механически не обработанныя полосы литейнаго чугуна при 30 мм. въ сторонѣ квадратнаго сѣченія свободно укладывая полосы на 2-хъ опорахъ, съ разстояніемъ между ними въ 1 метръ. Ниже слѣдуютъ нѣкоторые примѣры, позаимствованные изъ достигнутыхъ Jüngst'омъ результатовъ.

| | Нагрузка при разломѣ. | Прогибъ. |
|--|-----------------------------|-----------|
| | Килограм. | Миллимет. |
| Кремнистый чугунъ, переплавленный безъ примѣсей, съ 9,50% кремня и 1,97% углерода (въ видѣ графита) | 13,25 | 7,9 |
| Бѣлый коксовый чугунъ, переплавленный безъ примѣсей, съ 3,61% углерода вообще (безъ графита), 3,23% марганца, 0,99% кремня, 0,67% фосфора. | 14,18 | 4,0 |
| Бѣлый древесноугольный чугунъ, переплавленный безъ примѣсей, съ 0,15% графита, 2,92% углерода вообще, 0,67% кремня, 0,35% марганца, 0,98% фосфора. | 24,79 | 7,9 |
| Темносерый коксовый чугунъ, переплавленный безъ примѣсей, съ 2,11% графита, 3,02% углерода вообще, 2,52% кремня, 1,10% марганца, 0,26% фосфора | 21,45 | 20,2 |

¹⁾ Они подробно сообщены въ сочиненіи этого автора, упоминавшемся раньше.

| | Нагрузка при разломѣ. | Прогибъ. |
|--|-----------------------------|-----------|
| | Килограм. | Миллимет. |
| 70 частей сѣраго верхнесилезскаго коксо- ваго чугуна переплавлено съ 30 частями го- рѣлаго чугуна и чугунаго лома; послѣ пере- плавки было: 2,69% графита, 3,63% углерода вообще, 2,31% кремнія, 1,35% марганца, 0,31% фосфора | 25,06 | 18,5 |
| 20 частей сѣраго шотландскаго чугуна переплавлено съ 80 частями горѣлаго чугуна и чугунаго лома; послѣ переплавки было: 2,64% графита, 3,17% углерода вообще, 1,88% кремнія, 0,95% марганца, 0,57% фосфора | 30,14 | 17,9 |
| 34 части сѣраго шотландскаго чугуна переплавлено съ 66 частями превосходнаго чугунаго лома; послѣ переплавки было: 2,62% графита, 3,23% углерода вообще, 1,81% кремнія, 0,52% марганца, 0,64% фосфора | 31,77 | 18,9 |
| 20 частей кремнистаго чугуна (10 ³ / ₈ % кремнія) переплавлено съ 80 частями бѣлаго древесноугольнаго чугуна съ малымъ содер- жаніемъ марганца; послѣ переплавки было: 2,22% графита, 2,71% углерода вообще, 2,24% кремнія, 0,45% марганца, 0,93% фосфора | 34,38 | 17,8 |
| 5 частей кремнистаго чугуна (10 ³ / ₈ % крем- нія) переплавлено съ 95 частями чугунаго лома и горѣлаго чугуна; послѣ переплавки было: 2,33% графита, 2,94% углерода вообще, 1,81% кремнія, 0,04% марганца, 0,67% фос- фора | 38,45 | 20,8 |

Впрочемъ чугуны, съ различнымъ содержаніемъ углерода и кремнія, могутъ дать приблизительно одинаково хорошіе результаты; нижеслѣдующая таблица, позаимствованная изъ ряда вышеприведенныхъ опытовъ, подтверждаетъ это:

| | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|-----|
| Нагрузка при разломѣ на 1 кв. мм. | 37,26 — 34,38 — 37,97 — 38,06 | кг. |
| Прогибъ | 17,40 — 17,80 — 22,00 — 17,50 | мм. |
| Графитъ | 2,89 — 2,22 — 1,59 — 2,12 | % |
| Углеродъ вообще. | 3,43 — 2,71 — 2,28 — 2,72 | |
| Кремній | 1,46 — 2,24 — 3,07 — 1,77 | |
| Марганецъ | 0,75 — 0,45 — 0,22 — 0,05 | |
| Фосфоръ | 0,93 — 0,93 — 0,64 — 0,12 | |

8. Твердость.

Чистое желѣзо, не содержащее углерода, оказывается сравнительно мягкимъ, т. е., его можно безъ затрудненія обрабатывать терпугомъ, зубиломъ и т. п.; углеродъ, въ видѣ углерода закала, будучи слѣдовательно равномернo

Твердость.

сплавленнымъ съ желѣзомъ, весьма значительно увеличиваетъ твердость металла; желѣзо, съ содержаніемъ только 0,8% углерода закала, уже не поддается никакому терпугу.

Углеродъ отпуска оказываетъ лишь ограниченное влияние на степень твердости желѣза, такъ какъ образованное имъ соединеніе желѣза, такъ называемый карбидъ, хотя и твердо само по себѣ, но находится разсѣяннымъ въ общей массѣ металла; графитъ представляетъ собою тѣло. еще болѣе мягкое, чѣмъ чистое желѣзо. Кремній способствуетъ только незначительному увеличенію твердости желѣза: даже при содержаніи 10% кремнія металлъ доступенъ для обработки при помощи стальныхъ инструментовъ.

Отсюда слѣдуетъ:

1. Сѣрый чугуны, благодаря только незначительному содержанію въ немъ углерода закала, отличается гораздо меньшей твердостью, чѣмъ бѣлый чугуны; первый легко поддается механической обработкѣ, второй—съ трудомъ.

2. По мѣрѣ возрастанія количества графита твердость металла уменьшается; поэтому медленно охлажденный чугуны оказывается мягче, чѣмъ быстро охлажденный, съ одинаковымъ содержаніемъ углерода вообще; путемъ быстрого охлажденія (вливанія въ чугунныя литейныя формы) возможно совершенно воспрепятствовать выдѣленію графита въ такихъ сѣрыхъ чугунахъ, кои не сильно богаты содержаніемъ кремнія;—такой чугуны въ быстро охлажденныхъ мѣстахъ дѣлается совершенно бѣлымъ и очень твердымъ (закаленное литье).

3. Отожженные литыя издѣлія изъ ковкаго металла бываютъ сравнительно мягки и легко доступны механической обработкѣ. Твердость ковкаго металла возрастаетъ съ содержаніемъ въ немъ углерода; однако никогда не достигаетъ такой степени, чтобы издѣліе уже не было легко доступно для обработки.

Увеличеніе твердости, практикуемое при изготовленіи стальныхъ инструментовъ, путемъ закалки раскаленного предмета въ водѣ, при литьѣ не примѣняется никогда, или только въ крайнемъ случаѣ, какъ исключеніе; издѣлія оказались-бы тогда очень хрупкими. Марганецъ довольно чувствительно увеличиваетъ твердость желѣза, какъ непосредственно, такъ посредственно; именно въ чугуны онъ затрудняетъ образованіе графита и способствуетъ увеличенію количества углерода закала.

Подобное, однако еще болѣе чувствительное влияніе, оказываетъ хромъ, попадающійся, впрочемъ, въ исключительныхъ случаяхъ. Уже 0,2% хрома отчетливо проявляютъ свое влияніе.

Фосфоръ, сѣра, мѣдь въ тѣхъ количествахъ, въ коихъ они обыкновенно встрѣчаются въ желѣзѣ, не могутъ проявлять своего замѣтнаго влиянія на возвышеніе его твердости.

9. Стойкость противъ химическихъ вліяній.

Это свойство — не безъ практическаго значенія. Уже ржавленіе, вообще столь вредное въ примѣненіи къ дѣлу желѣза, основывается, очевидно, на химическихъ вліяніяхъ. Кто внимательно сравнивалъ между собою различные сорта желѣза, или различные сорта чугуна. въ отношеніи ихъ склонности ко ржавленію, — тотъ могъ замѣтить, что въ этомъ отношеніи часто оказываются значительныя различія.

Если предметъ, приготовленный изъ желѣза, подвергается болѣе сильному химическому воздѣйствію, какъ напр., въ котлахъ съ кислотами, въ ваннахъ съ сѣрнокислыми соединениями и въ другихъ сосудахъ фабрично-химическаго, или металлургическаго производства, то упомянутыя различія проявляются въ еще болѣе сильной степени.

Химическія вліянія могутъ быть различнаго рода: они отчасти обнаруживаются тогда, когда желѣзо, какъ въ приведенныхъ уже примѣрахъ, приходитъ въ соприкосновеніе съ жидкостями, а отчасти тогда, когда раскаленный металлъ подверженъ дѣйствию газовъ.

Смотря по тому, съ какимъ изъ этихъ двухъ случаевъ мы имѣемъ дѣло, стойкость металла можетъ проявить себя въ различной мѣрѣ. Желѣзо, и особенно чугунъ, заявившіе свою значительную стойкость противъ разрушающаго вліянія жидкостей, могутъ легко подвергаться разрушенію при накаливаніи, и наоборотъ. Разрушающее дѣйствіе жидкостей почти всегда основывается на присутствіи въ нихъ кислотъ, обуславливающихъ вмѣстѣ съ водою, раствореніе желѣза. Ржавленіе начинается благодаря углекислотѣ, содержащейся въ водѣ или воздухѣ, и дѣйствующей совокупно съ водою; дальнѣйшее теченіе ржавленія обуславливается кислородомъ воздуха. Подобнымъ бываетъ процессъ при воздѣйствіи сѣрной и соляной кислотъ и нѣкоторыхъ растворовъ солей.

По даннымъ опыта, чистое желѣзо оказывается мало стойкимъ противъ химическихъ вліяній мокраго пути: оно весьма легко ржавѣетъ и, весьма быстро разѣдается кислотами.

Химически связанный углеродъ, кремній и марганецъ усиливаютъ стойкость желѣза въ этомъ отношеніи.

Графитъ самъ по себѣ вообще не подверженъ дѣйствию кислотъ; однако онъ, дѣлаетъ желѣзо болѣе доступнымъ воздѣйствию жидкостей, такъ какъ до нѣкоторой степени разрыхляетъ чугунную массу. Весьма значительное количество графита поэтому не оказывается здѣсь полезнымъ. Отсюда становится яснымъ, почему бѣлый чугунъ является болѣе стойкимъ, чѣмъ сѣрый, и почему чугуны, отличающіеся, благодаря своей сравнительно большей чистотѣ, прочностью,

вязкостью и т. д., къ сожалѣнію, обыкновенно представляють сравнительно незначительную стойкость противъ подобныхъ химическихъ вліяній.

Еще много лѣтъ тому назадъ мною были произведены опыты для составленія картины стойкости различныхъ видовъ и сортовъ желѣза противъ воздѣйствія на нихъ разбавленной сѣрной кислоты ¹⁾; получены были слѣдующія сравнительныя цифры для количествъ желѣза, раствореннаго въ теченіе 65 часовъ.

| | |
|--|------|
| Зеркальный чугуны. | 14,1 |
| Свѣтлый чугуны съ малымъ содержаніемъ углерода | 19,7 |
| Коксовый чугуны № I | 27,6 |
| Сѣрый древесноугольный чугуны | 37,7 |
| Сталь | 66,5 |
| Кузнечное желѣзо | 88,6 |

Относительныя величины растворимости служатъ указателями относительной стойкости металла.

Разрушеніе при накачиваніи производятъ преимущественно окисляющіе газы, какъ-то: свободный кислородъ, углекислота, водяной пары ²⁾.

Углеродъ выгораетъ и удаляется, а желѣзо превращается въ окись; въ то же самое время окисляются и марганецъ, фосфоръ и кремній; получаютъ фосфаты и силикаты; они плавятся легче желѣза и полученной изъ него окиси, а потому отчасти выдѣляются ³⁾.

Ковкое желѣзо оказывается болѣе стойкимъ противъ подобныхъ вліяній, чѣмъ чугуны; по возможности малое содержаніе марганца, фосфора, сѣры и, содержаніе кремнія, необходимое только для образованія графита, способствуютъ увеличенію стойкости чугуна. По этой причинѣ древесноугольный чугуны для упомянутыхъ надобностей оказывается болѣе подходящимъ матеріаломъ, чѣмъ коксовый чугуны; нерѣдко, при переплавкѣ чугуна, прибавляютъ въ шихту стальныхъ обрѣзковъ для того, чтобы понизить въ чугуны содержаніе постороннихъ тѣлъ.

Замѣчательно стойкіе чугунные колосники содержали, согласно моимъ изслѣдованіямъ:

| | |
|-----------------|-----------|
| Углерода вообще | 3,49% |
| Кремнія | 0,71 " |
| Марганца | 0,36 " |
| Фосфора | 0,63 " |
| Сѣры. | не опред. |

и, по своему составу, исполнѣ отвѣчали вышеустановленному правилу.

¹⁾ Berg- und hüttenmännische Zeitung 1877, Seite 280.

²⁾ Если въ газахъ содержатся пары сѣры или сѣрнистой кислоты, то и эти факторы могутъ способствовать быстрому разрушенію чугуновъ издѣлій.

³⁾ „Stahl und Eisen“ 1885, Seite 473 (Platz).

10. Измѣненіе свойствъ путемъ продолжительнаго накаливанія.

Только что описаннаго разрушенія желѣзныхъ издѣлій путемъ окислительнаго накаливанія не должно смѣшивать съ тѣми измѣненіями, коимъ подвергаются свойства желѣза путемъ одного только накаливанія:—будетъ-ли это достигнуто путемъ полнаго устраненія окислительнаго вліянія, или ограничено до такой степени, что разрушеніе, т. е., превращеніе желѣза въ окись, не можетъ имѣть мѣста. Дѣйствіе накаливанія въ такихъ случаяхъ бываетъ частью химическаго, частью физическаго характера; въ первомъ случаѣ дѣло касается видовъ углерода: углеродъ закала превращается въ углеродъ отпуски, а затѣмъ въ углеродъ отжига, т. е., въ такой видъ углерода, который, по своимъ химическимъ свойствамъ, весьма близокъ къ графиту; онъ потому часто опредѣляется въ видѣ графита. Отожженное желѣзо дѣлается мягче и ковче.

Эти измѣненія происходятъ при температурѣ краснаго каленія (600 до 800° Ц.). Уже при темно-красномъ каленіи наступаетъ уменьшеніе количества углерода закала. Время, необходимое для сего, бываетъ тѣмъ дольше, чѣмъ больше поперечные размѣры литья, чѣмъ ниже температура и, чѣмъ больше количество углерода закала.

Для тонкихъ издѣлій бываетъ достаточнымъ накаливаніе въ теченіе нѣсколькихъ часовъ для того, чтобы произвести замѣтное дѣйствіе; крупное же литье часто приходится подвергать накаливанію въ теченіе многихъ дней для того, чтобы достигъ желаемыхъ результатовъ.

Если имѣется въ виду, путемъ накаливанія, произвести только превращеніе видовъ углерода, безъ уменьшенія его содержанія, тогда обыкновенно прибѣгаютъ къ прикрытію накаливаемыхъ издѣлій такими тѣлами, коими предотвращается соприкосновеніе съ воздухомъ, напр.: угольной мелочью, древесной золой и проч.

Продолжительное накаливаніе влечетъ за собою измѣненіе строенія, т. е. проявляетъ вліяніе физическаго характера.

Не только литое ковкое желѣзо, но даже бѣлый чугуны, при продолжительномъ накаливаніи, получаютъ равномерное зернистое сложеніе; рука объ руку съ этимъ послѣднимъ идетъ устраненіе вредныхъ напряженій (стр. 54), образовавшихся при отливкѣ вслѣдствіе одновременнаго застыванія металла.

Это послѣдствіе накаливанія приводитъ къ тому, что ради него литье изъ ковакаго металла постоянно подвергается отжигу; благодаря устраненію вредныхъ напряженій, литье выигрываетъ въ отношеніи прочности, теряя при этомъ хрупкость.

Литье изъ сѣраго чугуна отжигу обыкновенно не подвергается; оно и безъ того легко обрабатывается, а свойственная ему хрупкость, путемъ отжига, не можетъ приобрести существеннаго уменьшенія. Чугунное литье подвергается, впрочемъ, отжигу въ исключительныхъ случаяхъ, когда, напр., при отливкѣ вышло ненарочно бѣлымъ, жесткимъ, недоступнымъ для механической обработки, а потому не соотвѣтствующимъ своему назначенію.

Нижеприводимый химическій составъ бѣлой коры закаленного ходового колеса,—передъ отжигомъ и послѣ него,—можетъ дать понятіе, къ какимъ химическимъ измѣненіямъ приводитъ подобное отжиганіе ¹⁾; отжиганіе велось въ древесныхъ угляхъ въ теченіе 108 часовъ.

| | Углеродъ закала. | Углеродъ отпуска. | Графитъ и угле- родъ от- жига. | Углеродъ вообще | Крем- ній. | Мар- ган- ецъ. |
|------------------|---------------------|----------------------|---|--------------------|---------------|----------------------|
| Передъ отжигомъ. | 0,85 | 1,23 | 1,26 | 3,34 | 0,66 | 0,75 |
| Послѣ отжига | 0,27 | 0,00 | 3,04 | 3,31 | 0,84 | 0,80 |

Изломъ сдѣлался совершенно сѣрымъ вслѣдствіе обильнаго выдѣленія углерода отжига, и чугунъ могъ быть легко обрабатываемъ. Значительнымъ содержаніемъ марганца затрудняется это превращеніе углерода закала, а слѣдовательно и смягченіе металла при отжиганіи.

Вообще съ давнихъ временъ извѣстенъ процессъ накаливанія чугунныхъ издѣлій съ цѣлью сдѣлать ихъ мягкими; этотъ процессъ носитъ названіе *отжига* (Tempern, Anlassen;—annealing, tempering, softening;—recuite, adoucissement). Смягченія чугунаго литья можно достигнуть еще болѣе совершеннымъ образомъ тогда, когда отжигъ сопровождается частнымъ обезуглероживаніемъ металла. Самымъ простымъ средствомъ для этого является накаиваніе въ соприкосновеніи съ тѣлами, способными окислять углеродъ, и не оказывающими вліянія на самое желѣзо.

Обыкновенно для сего пользуются желѣзными окислами (желѣзные руды); этотъ процессъ служитъ основаніемъ для полученія ковкаго чугуна, о которомъ болѣе подробно будетъ говорено въ шестой главѣ этой книги.

При достаточно продолжительномъ накаиваніи чугунъ можетъ, въ этихъ условіяхъ, превратиться въ ковкое желѣзо.

Равнымъ образомъ при этомъ процессѣ углеродъ закала прежде всего превращается въ углеродъ отпуска, а затѣмъ, по крайней мѣрѣ отчасти,—въ углеродъ отжига ²⁾; въ то

¹⁾ По моимъ собственнымъ изслѣдованіямъ.

²⁾ Опыты, относящіеся сюда: Annales de chimie et de physique, série V, tome XXIII, p. 444 (Forquignon); въ извлеченіи въ «Stahl und Eisen» 1886, S. 380.

же самое время происходитъ перемѣщеніе углерода по направленію изнутри наружу. На поверхности издѣлія углеродъ подвергается сжиганію при помощи кислорода руды; внутреннія частицы передаютъ обезуглероженнымъ внѣшнимъ частицамъ часть своего углерода; только такимъ образомъ дѣлается возможнымъ то обстоятельство, что даже болѣе толстые предметы могутъ быть почти вполне обезуглерожены, если только продолжительность накаливанія оказывается для сего достаточной. Во всякомъ случаѣ, вмѣстѣ съ поперечнымъ сѣченіемъ литья, возрастаетъ и время, потребное для обезуглероживанія; поэтому въ той же степени данный процессъ теряетъ свою цѣлесообразность.

Графитъ не подвергается вліянію накаливанія; поэтому только бѣлый чугуны пригоденъ для обезуглероживанія этимъ путемъ.

Присутствіемъ марганца затрудняется обезуглероживаніе; фосфоръ, сѣра и кремній не оказываютъ вліянія на обезуглероживаніе, какъ показываютъ опыты, произведенные до сихъ поръ (кремній, конечно, не оказываетъ вліянія настолько, насколько онъ не способствовалъ образованію графита).

Температура, необходимая для обезуглероживанія, обыкновенно выше температуры, при которой происходитъ превращеніе углерода закала; она колеблется около 1000° Ц. (свѣтлокрасное каленіе). Если накаливаніе идетъ при слишкомъ низкой температурѣ, тогда металлъ, конечно, дѣлается мягче и ковче, вслѣдствіе превращенія видовъ углерода; однако же общее содержаніе углерода не претерпѣваетъ сколько нибудь значительнаго измѣненія.

Замѣчательно, что при накаливаніи въ тѣлахъ, неспособныхъ къ самостоятельному окислительному воздѣйствію, можетъ отчасти произойти обезуглероживаніе, если только температура достаточно высока. Forquignon нашелъ, что при накаливаніи въ пескѣ, въ опилкахъ, въ извести, въ костяной золѣ и во многихъ другихъ тѣлахъ, содержаніе углерода уменьшается; это относится равнымъ образомъ къ накаливанію въ водородной или азотной струѣ; даже при накаливаніи въ древесныхъ угляхъ Forquignon такъ же, какъ и я самъ, замѣтилъ уменьшеніе содержанія углерода ¹⁾. При тѣлахъ, названныхъ въ началѣ, обезуглероживаніе надлежитъ отчасти приписать воздуху, заключенному между отдѣльными кусками; съ водородомъ и азотомъ углеродъ чугуна даетъ летучія соединенія; уменьшеніе же содержанія углерода, при накаливаніи въ древесныхъ угляхъ, надлежитъ приписать водороду, всегда содержащемуся въ угляхъ.

Во всякомъ случаѣ, обезуглероживаніе въ названныхъ

¹⁾ Сравни уже названныя статьи; затѣмъ «Stahl und Eisen» 1886, Seite 777.

здѣсь тѣлахъ идетъ медленнѣе, чѣмъ при накаливаніи въ желѣзныхъ рудахъ, а потому исключительно пользуются послѣдними, если только обезуглероживаніе является главной цѣлью накаливанія.

IV. Испытаніе литейнаго желѣза.

1. Испытаніе въ жидкомъ состояніи.

Для опытнаго глаза расплавленное желѣзо доставляетъ уже признаки для сужденія относительно его свойствъ.

Для чугуна характерна ранѣе изложенная «игра»; особенно при отливкѣ изъ доменъ, этотъ признакъ позволяетъ довольно точно судить, насколько богатъ полученный чугунъ кремніемъ и углеродомъ.

При жидкомъ ковкомъ металлъ выдѣленіе газовъ, происходящее передъ застываніемъ, а равно метаніе искръ и вспучиваніе металла въ открытой формѣ—являются уже признаками для сужденія о свойствахъ металла. Чѣмъ бѣднѣе желѣзо углеродомъ, кремніемъ и марганцемъ, тѣмъ отчетливѣе вообще обнаруживаются эти явленія однако, и способы полученія металла, и различныя побочныя обстоятельства играютъ здѣсь свою роль. Ковкій металлъ, предназначенный для формоваго литья, ни въ коемъ случаѣ не долженъ сильно кипѣть, выбрасывать искръ и вспучиваться, будучи отлитъ въ умѣренно нагрѣтую форму.

2. Видъ излома.

Наиболѣе употребительнымъ признакомъ при поверхностномъ изслѣдованіи металла является видъ свѣжаго излома.

Однако нерѣдко этому признаку приписываютъ чрезмерно большое значеніе. Видъ излома зависитъ, какъ уже раньше было объяснено, не только отъ химическаго состава, но и отъ условій охлажденія; даже при одинаковыхъ условіяхъ охлажденія подобные по виду сорта металла, именно чугуна, могутъ обладать значительно разнящимся химическимъ составомъ и проявлять неодинаковыя свойства.

Въ обыкновенныхъ случаяхъ, къ чугуну, предназначенному для переплавки съ чугуннымъ ломомъ въ качествѣ примѣси, предъявляется требованіе, чтобы онъ даже послѣ неоднократной переплавки оставался совершенно сѣрымъ, а слѣдовательно, достаточно графитистымъ. Содержаніе графита прежде всего обусловливается достаточнымъ содержаніемъ кремнія и углерода (страница 11); при переплавкѣ

НБ
УДУНТ
ИПБТ

часть этого количества кремнія переходитъ въ шлакъ вслѣдствіе окисленія.

Чугунъ долженъ быть достаточно богатъ содержаніемъ кремнія для того, чтобы онъ могъ потерять часть кремнія и, тѣмъ не менѣе, остаться сѣрымъ. Вообще цѣнность чугуна, употребляемаго въ качествѣ примѣси, возрастаетъ вмѣстѣ съ содержаніемъ кремнія. Чугунъ, содержащій 2 до 2,5% кремнія и 3,5 до 4% углерода, благодаря такому составу, оказывается весьма пригоднымъ для многократной переплавки; обыкновенно онъ обнаруживается въ изломѣ темносѣрый цвѣтъ и весьма крупнозернистое сложеніе, если только при полученіи изъ печи былъ онъ сильно перегрѣтъ и отлитъ въ крупные штыки, а потому медленно охлаждался. Положительно ошибочнымъ надо считать обратное заключеніе, хотя литейщики еще иногда имъ пользуются, — именно, что всякій чугунъ, предназначенный для переплавки въ качествѣ примѣси, долженъ обладать весьма крупнозернистымъ сложеніемъ и темносѣрымъ цвѣтомъ; или же, что пригодный чугуна, въ качествѣ примѣси, увеличивается или уменьшается вмѣстѣ съ соответственными измѣненіями «зерна», т. е. плоскостей отдѣльности сложенія. Чугунъ, содержащій 3% кремнія, при надлежащемъ примѣненіи въ качествѣ примѣси, несомнѣнно цѣннѣе чугуна съ 2% кремнія, но въ то же самое время онъ обладаетъ обыкновенно болѣе мелкозернистымъ изломомъ; при еще болѣе значительномъ содержаніи кремнія зерно дѣлается все мельче, а цвѣтъ все свѣтлѣе. Жестоко ошибся бы тотъ, кто сталъ бы считать этотъ болѣе кремнистый, а потому болѣе мелкозернистый свѣтлый чугунъ менѣе цѣннымъ, чѣмъ крупнозернистый; или, — что еще хуже, — сталъ бы пользоваться имъ точно такъ же, какъ малокремнистымъ, мелкозернистымъ чугуномъ, весьма похожимъ на него по виду излома. Равнымъ образомъ всякія случайности при выплавкѣ чугуна часто оказываютъ существенное вліяніе на видъ излома; однако онъ, — само собой разумѣется, — не вліяютъ на пригодность чугуна въ качествѣ матеріала для переплавки, если только химическій составъ находится въ требуемыхъ нормахъ. Чугунъ, содержащій лишь 1,5% кремнія, а потому менѣе цѣнный въ качествѣ примѣси при переплавкѣ, чѣмъ чугунъ съ 2 до 2,5% кремнія, можетъ тѣмъ не менѣе принять вполне крупнозернистое строеніе и темносѣрый цвѣтъ, если только онъ былъ выплавленъ при весьма высокой температурѣ и затѣмъ медленно остывалъ; при переплавкахъ онъ, конечно, вскорѣ сдѣлается бѣлымъ и жесткимъ.

Наоборотъ, чугунъ, съ содержаніемъ 2,5% кремнія, рѣдко принимаетъ очень крупнозернистое сложеніе, если только онъ былъ полученъ въ печи съ большимъ діаметромъ въ плавильномъ пространствѣ, — слѣдовательно при сравни-

тельно низкой температурѣ ¹⁾—*Пользоваться видомъ излома для опредѣленія цѣнности чугуна поэтому весьма опасно.*

Чугунныя издѣлія, предназначенныя для механической обработки, должны обладать равномерно сѣрымъ цвѣтомъ и тонкозернистымъ сложениемъ въ изломѣ; такія издѣлія въ то же самое время не бываютъ слишкомъ хрупки.—Слишкомъ крупнымъ зерномъ обуславливается менѣе значительная прочность; бѣловато-сѣрый, или совершенно бѣлый цвѣтъ свидѣтельствуетъ о незначительномъ содержаніи графита, и въ то же самое время о слишкомъ значительномъ количествѣ углерода закала. Чугунъ, при подобномъ видѣ излома, по крайней мѣрѣ въ болѣе тонкихъ кускахъ, бываетъ твердъ и хрупокъ.

Только въ очень толстыхъ, медленно охлажденныхъ издѣліяхъ изъ чугуна съ небольшимъ содержаніемъ углерода, являющагося вслѣдствіе медленнаго охлаждения болѣею частью въ видѣ углерода отпуска (стр. 15, 76), бѣлопятнистый видъ излома можетъ служить признакомъ высокой степени вязкости и прочности; значительное содержаніе графита уменьшаетъ, какъ уже было упомянуто, какъ вязкость, такъ и прочность.

При ковкомъ металлѣ, по мѣрѣ увеличенія содержанія углерода и марганца, сложение становится болѣе мелкозернистымъ; при увеличеніи содержанія фосфора—болѣе крупнозернистымъ; во всякомъ случаѣ по виду излома литья изъ ковкаго металла можно дѣлать лишь нѣкоторыя и то ограниченныя заключенія. Путемъ обыкновеннаго отжиганія видъ излома измѣняется, какъ уже объ этомъ было упомянуто при изложеніи этого процесса.

3. Отливка пробныхъ образцовъ.

Этотъ способъ испытанія можетъ быть весьма полезенъ, когда дѣло касается испытанія новой чугунной шихты (особенно при плавкѣ въ вагранкахъ,) новаго способа плавки, новой уловки при плавкѣ, или чего либо подобнаго. Свойства отливаемыхъ пробныхъ образцовъ могутъ быть весьма различны. Лучше всего, конечно, для пробнаго литья пользоваться такими образцами, кои даютъ возможность обнаружить при отливкѣ самымъ отчетливымъ образомъ имѣющіеся недостатки литейнаго матеріала; поэтому для пробнаго литья выбираютъ большей частью такіе образцы, кои лучше всего соотвѣтствуютъ специальнымъ цѣлямъ данной литейной мастерской:—въ литейной для машинныхъ частей

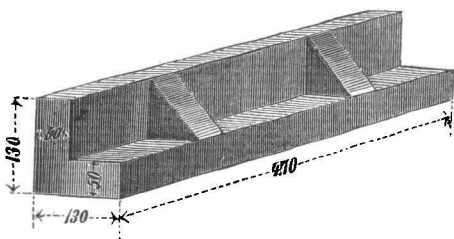
¹⁾ Подробнѣе объ этомъ: A. Ledebur, Das Roheisen, 3 Auflage, Leipzig 1891, Vorrede und Seite 77

беруть такую машинную часть, коей форма затрудняетъ полученіе удовлетворительнаго литья; въ труболитейной -- трубы различной формы, въ литейной для печей--печныя доски и т. д.

Довольно распространеннымъ недостаткомъ, заставляющимъ себя весьма сильно чувствовать, является склонность нѣкоторыхъ сортовъ литейнаго желѣза къ образованію усадочной раковины (стр. 53). Этотъ недостатокъ возрастаетъ вмѣстѣ со степенью усадки металла. Эту послѣднюю можно испытать непосредственно: стоитъ только отлить полосу толщиной въ 30 мм. въ сторонѣ квадрата, длиною въ 1300 до 1500 мм. и, измѣривъ полученное укороченіе. Этотъ опытъ одна рекомендовать во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда желательно имѣть надлежащее понятіе о свойствахъ литейнаго металла. Конечно, нѣтъ надобности упоминать, что литейныя формы для подобнаго опыта должны быть изготовлены со всей тщательностью; всякой разбивки формы въ направленіи длины надо избѣгать передъ выниманьемъ модели.

Весьма цѣлесообразной должна считаться также отливка такихъ предметовъ, коихъ форма уже и безъ того способствуетъ образованію раковинъ; напр., для такого испытанія весьма пригодны ремневые шкивы или, вообще, колеса со спицами, снабженныя толстой втулкой, которая является излюбленнымъ мѣстомъ для образованія раковинъ; весьма

Фиг. 4.



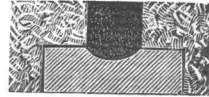
пригодными для той же цѣли являются также простые уголки (фиг. 4), снабженные ребрами.

Въ углахъ между ребрами и сторонами уголка особенно легко получаютъ значительныя раковины.

Для испытанія способности сѣраго чугуна къ отблѣиванью обыкновенно отливаютъ плоскіе клинья и послѣ охлажденія разбиваютъ въ направленіи, перпендикулярномъ къ острому ребру клина. Въ непосредственной близости къ этому ребру можно почти всегда замѣтить закалку, проявляющуюся бѣлымъ цвѣтомъ излома; чѣмъ сильнѣе закалка проникаетъ въ болѣе толстыя части клина, тѣмъ легче, очевидно, чугунъ отблѣивается и, тѣмъ менѣе пригоденъ онъ къ отливкѣ тонкихъ пластинокъ.

Наоборотъ, пригодность данного чугуна для закаленного литья (стр. 15) испытываютъ путемъ отливки пробнаго образца въ литейную форму, снабженную дномъ изъ чугунаго куска (фиг. 5). Пробное литье получаетъ призматическую форму и можетъ быть толщиною около 60 мм., такой же самой ширины и длиною 200 до 250 мм.; закаленной части полезно придавать выпуклую форму, слѣдовательно, чугунный поддонъ долженъ быть снабженъ соотвѣтствующимъ углубленіемъ. Литейная форма можетъ быть сверху открытой. После охлаждения разбираютъ полученное литье и, изслѣдуютъ образовавшуюся закалку. Однако не всякій чугунъ, дающій сильную закалку, пригоденъ для закаленного литья.

Фиг. 5.



Подробнѣе объ этомъ будетъ изложено въ шестой главѣ¹⁾.

4. Испытаніе прочности.

Непосредственнымъ мѣриломъ механическихъ свойствъ сопротивленія чугуна или литейнаго ковкаго металла является испытаніе ихъ при помощи специальныхъ приборовъ. Не должно при этомъ забывать, что каждая новая переплавка влечетъ за собою измѣненіе, какъ химическаго состава, такъ и механическихъ свойствъ даннаго литейнаго металла.

Особенно надо имѣть въ виду это обстоятельство при литейномъ чугунѣ. Затѣмъ, еслибы стали отдѣльно переплавлять и подвергать потомъ испытанію тѣ сорта чугуна, кои являются прекрасной примѣсью при переплавкѣ съ чугуннымъ ломомъ или съ малокремнистымъ чугуномъ, то, конечно, едва ли получились бы удовлетворительные результаты, несмотря на всю цѣнность такого матеріала въ литейномъ дѣлѣ;—только при многократной переплавкѣ можно было бы въ этомъ случаѣ получить удовлетворительныя цифры сопротивленій въ то время, когда, вмѣстѣ съ этимъ, уменьшилась бы цѣнность этого матеріала въ качествѣ примѣси.

Равнымъ образомъ заслуживаютъ полнаго вниманія тѣ вліянія, кои обнаружили на различныхъ видахъ углерода, благодаря различнымъ скоростямъ охлаждения.

Пробная полоса, имѣющая 10 мм. въ сторонѣ квадрата, можетъ при испытаніи показать совершенно иныя свойства, чѣмъ полоса изъ того же металла, толщиною въ 30 мм. въ

¹⁾ Подробное изложеніе свойствъ опытныхъ образцовъ, примѣняемыхъ для испытанія чугуна, заключаютъ въ себѣ слѣдующія сочиненія: Wachler, Vergleichende Qualitätsuntersuchungen, Berlin 1879; Jüngst Schmelzversuche mit Ferrosilicium, Berlin 1891; Ledebur, Das Roheisen, 3 Auflage, Leipzig 1891, Seite 78.

сторонѣ квадрата, охлажденная болѣе медленно. Для получения сравнимыхъ цифръ при испытаніи различныхъ сортовъ металла необходимо поэтому пробнымъ образцамъ придавать одинаковые размѣры. И способъ отливки не остается безъ вліянія на результаты испытанія механическаго сопротивления матеріаловъ. Полосообразные пробные образцы, отлитые въ лежачемъ положеніи, т. е., при горизонтальномъ положеніи оси, по большей части, доставляютъ болѣе низкія цифры, чѣмъ вертикально литые образцы; образцы, отлитые въ сырыхъ формы, оказываются менѣе удовлетворительными, чѣмъ образцы, полученные въ высушенныхъ формахъ. Разница въ большинствѣ случаевъ бываетъ незначительна, однако весьма отчетливо обнаруживается: —стоитъ только сравнить среднія цифры значительнаго числа испытаній.

О значительныхъ разницахъ, происходящихъ частью отъ различныхъ поперечныхъ сѣченій, частью же отъ испытанія въ обработанномъ или не обработанномъ состояніи, было говорено уже на страницахъ 66 и 70.

При испытаніи чугуна обыкновенно довольствуются опредѣленіемъ сопротивления изгибу и общаго прогиба передъ наступленіемъ излома. Чѣмъ больше этотъ прогибъ, тѣмъ менѣе хрупкимъ обыкновенно бываетъ чугунъ и, слѣдовательно тѣмъ большее сопротивление можетъ онъ проявлять при сотрясеніяхъ. Большею частью пользуются квадратными не обработанными полосами; 30 мм. толщины и 1 м. длины между опорами (при нагрузкѣ по серединѣ) оказываются весьма подходящими и обыкновенно примѣняемыми размѣрами.

Испытательный приборъ долженъ быть устроенъ такимъ образомъ, чтобы можно было усиливать нагрузку, не сообщая никакого толчка, а также, чтобы можно было легко опредѣлить образовавшійся прогибъ. Очевидно, что такая задача можетъ быть разрѣшена весьма различными способами; все зависитъ отъ того, большая или меньшая точность требуется при испытаніи. Почти всегда пользуются передачей давленія на горизонтально лежащую пробную полосу при помощи тяжести, дѣйствующей на неравноплечій рычагъ, снабженный стальнымъ ножомъ: въ соединеніи съ рычагомъ находится указатель прогиба. Весьма подходящей для подобныхъ испытаній можетъ считаться машина, доставленная королевскимъ управленіемъ завода Gleiwitz (описана и начерчена въ германской привилегіи № 7189).

Цифры сопротивления чугуна изгибу, сообщенныя на стр. 70, даютъ возможность судить о получаемыхъ результатахъ испытанія.

На сопротивление разрыву чугунъ подвергаютъ испытанію развѣ только при научныхъ изслѣдованіяхъ. Больше

подробностей относительно соответствующих цифръ найдеть читатель на стр. 66.

Вполнѣ цѣлесообразными надо считать ударныя испытанія: тѣмъ болѣе, что каждый практикъ можетъ ихъ исполнить, не нуждаясь въ какихъ бы то ни было болѣе сложныхъ устройствахъ. Коперъ, примѣняемый въ литейныхъ мастерскихъ для разбиванія имѣющихся въ распоряженіи тяжелыхъ и крупныхъ чугунныхъ кусковъ, оказывается уже достаточнымъ для полученія практическихъ результатовъ испытанія. Квадратныя или четырехугольныя плиты опредѣленныхъ размѣровъ кладутся на песчаномъ основаніи и подвергаются удару по серединѣ падающей бабой. Начинають ударами съ небольшой высоты; затѣмъ постепенно увеличиваютъ послѣ каждаго удара высоту до тѣхъ поръ, пока не произойдетъ поломка.

При своихъ опытахъ, такъ часто здѣсь упоминаемыхъ, Jüngst пользовался плитами, имѣющими 1 метръ въ сторонѣ квадрата и 20 мм. толщины: вѣсъ бабы составлялъ 25 килограммовъ; удары начинались паденіемъ бабы съ высоты 0,25 метра; послѣ каждаго удара высота паденія возрастала на 0,25 метра вплоть до наступленія разлома. Нѣкоторыя плиты, отлитыя изъ жесткаго бѣлаго чугуна, ломали уже при первомъ ударѣ съ высоты 0,25 метра; среднекачественный чугунъ ломалъ при высотѣ паденія 0,50 до 0,75 метра; самыя лучшія плиты, испытанныя Jüngst'омъ, получали трещину только при высотѣ въ 4 метра и, вполнѣ разлетались при высотѣ паденія бабы въ 5,25 метра.

Новый металл обыкновенно подлежитъ испытанію на разрывъ. Пробныя образцы подвергаются сначала обработкѣ на токарномъ станкѣ для полученія опредѣленнаго діаметра, напр. въ 25 мм. Кромѣ сопротивленія разрыву измѣряютъ еще относительное удлинение испытываемой полосы, получаемое въ видѣ отношенія общаго удлиненія къ опредѣленной первоначальной длинѣ (напр. въ 200 мм.); нерѣдко также измѣряютъ сокращеніе діаметра, полученное въ мѣстѣ разрыва полосы. Степень обоихъ измѣненій формы служитъ для опредѣленія вязкости матеріала. Нельзя, однако, не упомянуть о томъ фактѣ, что сопротивленіе желѣза ударамъ,—составляющее до нѣкоторой степени особый видъ вязкости матеріала и, имѣющее особенное значеніе при пользованіи желѣзомъ,—не всегда находится въ гармоніи съ упомянутыми измѣненіями формы при испытаніяхъ на разрывъ.

Удлиненіе, наступающее передъ разрывомъ, сильнѣе всего проявляется по близости къ мѣсту разрыва (по большей части по серединѣ полосы) и — въ незначительной степени въ болѣе удаленныхъ мѣстахъ полосы. Отсюда должно слѣдовать, что для полученія сравнимыхъ резуль-

татовъ испытанія, общее удлиненіе должно быть относимо къ одинаковой первоначальной длинѣ. Первоначальная длина опредѣляется нанесеніемъ на полосу при помощи кернера двухъ точекъ, одинаково отстоящихъ отъ середины полосы; чѣмъ меньше взята первоначальная длина, тѣмъ въ большихъ цифрахъ опредѣляется процентное отношеніе общаго удлиненія къ первоначальной длинѣ.

Равнымъ образомъ и толщина пробной полосы не остается безъ вліянія на степень удлиненія, обнаруживаемаго при разрывѣ. Чѣмъ толще пробная полоса, тѣмъ сильнѣе обыкновенно бываетъ получаемое удлиненіе.

Это обстоятельство равнымъ образомъ заслуживаетъ полнаго вниманія, если дѣло касается сравнимости различныхъ испытаній. Нѣкоторыя цифры, относящіяся къ сопротивленію разрыву и къ удлиненію литого ковкаго металла, были сообщены на стр. 68.

Если не довольствуются сужденіемъ о вязкости даннаго металла по разрыву и сопровождающимъ его измѣненіямъ формы, то полосы, приготовленныя ¹⁾ для сего изъ пробнаго литья, подвергаются еще спеціальнымъ испытаніямъ на изгибъ; при этомъ испытываемую полосу обыкновенно огибають, вплоть до разрыва, вокругъ оправки.

Полосы, толщиной въ 25 мм. въ сторонѣ квадрата, отлитыя изъ превосходнаго мягкаго металла и хорошо отоженные, выдерживають иногда изгибъ въ 180° вокругъ оправки въ 45 мм. толщиной; менѣе мягкое желѣзо ломается при углѣ въ 100° или даже того раньше; самые твердые сорта литейной стали, подвергнутые подобному испытанію, выдерживають самый незначительный изгибъ:—они обладаютъ весьма значительнымъ сопротивленіемъ разрыву при спокойной нагрузкѣ и лишь незначительной вязкостью.

Ударныя испытанія, подобныя вышеописаннымъ, были бы во многихъ случаяхъ умѣстны и при испытаніи литья изъ ковкаго металла.

5. Химическое изслѣдованіе.

Съ тѣхъ поръ (начиная со второй половины текущаго столѣтія), какъ лучше научились опредѣлять связь между химическимъ составомъ желѣза и его механическими свойствами, равнымъ образомъ химическое испытаніе приобрѣло солидное значеніе въ качествѣ способа испытанія металловъ.

Химическому испытанію подвергаютъ частью матеріалъ,

¹⁾ Само собой разумѣется, что пробныя полосы должны изготовляться на строгальныхъ или токарныхъ станкахъ безъ участія какой-бы то ни было проковки или прокатки, такъ какъ эти послѣднія могутъ значительно измѣнять свойства металла.

предназначаемый для передѣла, затѣмъ чтобы напередъ знать, соотвѣтствуетъ-ли его составъ своему назначенію, частью же испытываютъ самое литье. Послѣдній случай особенно часто бываетъ тогда, когда свойства какого-либо литого издѣлія не отвѣчаютъ возложеннымъ на него ожиданіямъ, и потому является вопросъ, не былъ ли здѣсь виновенъ не подходящій химическій составъ.

Раньше подробно было изложено, какое вліяніе оказываютъ различныя тѣла на свойства желѣза, предназначеннаго для полученія литья. Поэтому здѣсь вкратцѣ можно еще упомянуть только о важнѣйшихъ основаніяхъ, съ которыми надо считаться при изслѣдованіи желѣза по его химическому составу.

Цѣнность сѣраго чугуна, служащаго въ качествѣ примѣси къ чугунной ломѣ, зависитъ прежде всего отъ содержанія въ немъ кремнія; продавецъ вполне справедливо можетъ требовать тѣмъ большую цѣну, чѣмъ выше въ чугунѣ содержаніе кремнія. Значительное содержаніе марганца является при этомъ вреднымъ, а потому цѣнность литейнаго чугуна понижается вообще по мѣрѣ возрастанія содержанія марганца.

То же самое относится и къ содержанію фосфора (стр. 63), хотя въ обыкновенныхъ, менѣе цѣнныхъ литейныхъ чугунахъ содержаніе фосфора въ 1⁰/₀, или немногимъ выше, не считается нежелательнымъ, благодаря вліянію его на жидкость металла (стр. 33). Количество сѣры въ чугунахъ во всякомъ случаѣ должно быть незначительно; 0,1⁰/₀ сѣры считается уже довольно значительнымъ количествомъ. Равнымъ образомъ болѣе значительное содержаніе мѣди (выше 0,2⁰/₀) не можетъ быть желательнымъ; еще менѣе желательнымъ является содержаніе хрома, впрочемъ, рѣдко появляющееся; уже при содержаніи 0,2⁰/₀ хрома обнаруживается замѣтное усиленіе жесткости, и потому онъ оказывается прямо вреднымъ для качествъ чугуна, когда требуется имѣть мягкія, легко обрабатываемыя издѣлія. Меньшее значеніе имѣетъ количество въ чугунѣ углерода; при переплавкѣ оно во всякомъ случаѣ измѣняется; при точныхъ изслѣдованіяхъ, однако, слѣдуетъ рекомендовать и опредѣленіе углерода. Въ лучшихъ чугунахъ количество углерода составляетъ 3,5—4⁰/₀; только въ очень кремнистыхъ чугунахъ оно бываетъ ниже (стр. 11).

Было бы, конечно, бесполезно опредѣлять въ чугунѣ различные виды углерода, особенно же количество графита; вѣдь отношеніе между количествами различныхъ видовъ углерода зависитъ существенно отъ условій охлажденія, какъ объ этомъ уже раньше упоминалось.

Иныя требованія приходится предъявлять къ химическому составу, когда дѣло касается не чугуна, предназначен-

наго для переплавки, а уже готоваго издѣлія, свойства коего требуется выяснитъ путемъ химическаго анализа. Слишкомъ большое содержаніе кремнія было бы здѣсь скорѣе вреднымъ, чѣмъ полезнымъ; равнымъ образомъ количество углерода вообще, и тѣ его виды, подѣ которыми онъ появляется, играютъ здѣсь болѣе значительную роль, чѣмъ въ литейномъ чугунахъ.

Болѣе подробно объ этомъ было уже сообщено при изложеніи свойствъ желѣза, особенно же сопротивленія механическимъ вліяніямъ, твердости, сопротивленія химическимъ вліяніямъ. Сказанное о содержаніи въ литейномъ чугунахъ марганца, фосфора, сѣры, мѣди и хрома вполне справедливо и для даннаго случая. Само собой разумѣется, что вообще назначеніе даннаго литья и его размѣры должны опредѣлять, подходящимъ ли слѣдуетъ считать найденный химическій составъ, или же нѣтъ. Тонкія издѣлія требуютъ большаго содержанія кремнія для того, чтобы остаться сѣрыми, чѣмъ толстыя; для закаленнаго литья требуется меньшее содержаніе кремнія, чѣмъ для мягкаго; для издѣлій, подверженныхъ сильнымъ сотрясеніямъ, или представляющихъ большую опасность при поломкѣ, должно пользоваться чугуномъ съ меньшимъ содержаніемъ фосфора, чѣмъ при издѣліяхъ, не имѣющихъ нужды удовлетворять этимъ требованіямъ и т. д. Болѣе подробно объ этомъ будетъ сказано въ шестой главѣ (Производство нѣкоторыхъ сортовъ литья).

Еще чувствительнѣе чугуна, въ отношеніи колебаній въ химическомъ составѣ, является ковкій металлъ. Содержаніе углерода имѣетъ здѣсь весьма большое значеніе (вліяніе на механическія свойства сопротивленія стр. 61); количество марганца и кремнія не должно быть значительно, иначе должно наступить усиленіе хрупкости металла. Количество фосфора во всякомъ случаѣ должно быть значительно меньше, чѣмъ въ чугунахъ и не должно превышать 0,10%. Количество сѣры и мѣди должно быть по возможности менѣе значительнымъ (сѣры не болѣе 0,08% и мѣди не болѣе 0,15%).

Относительно самаго производства химическихъ изслѣдованій, кои должны быть поручаемы только опытному химику, надо обратиться къ соотвѣтствующей литературѣ ¹⁾.

¹⁾ По русски имѣются переводныя сочиненія; напр.:—Джошуа Филиппсъ, Технохимическій Анализъ. СПб. 1896. А. Ледебуръ, Руководство къ химическому изслѣдованію предметовъ желѣзнаго производства, 1885; также оригинальное сочиненіе: А. И. Онуфровичъ. Способы анализа желѣза, Спб., 1898.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

П л а в л е н і е.

I. Общій обзоръ.

Хотя конечной цѣлью плавленія въ чугуно- и сталелитейномъ дѣлѣ является получение металла, пригоднаго для литья, однако при этомъ можно различать два совершенно различные пути.

Въ одномъ случаѣ пользуются плавленіемъ прежде всего для металлургическаго извлеченія металла изъ сырыхъ матеріаловъ, существенно отличающихся отъ получаемаго продукта своими свойствами. Въ доменной печи изъ рудъ получается чугунъ; въ бессемеровскомъ конверторѣ изъ чугуна получается жидкій ковкій металлъ; въ мартеновскихъ печахъ изъ различныхъ видовъ и сортовъ желѣза получается равнымъ образомъ жидкій ковкій металлъ. Также и плавленіе въ тигляхъ почти всегда принадлежитъ къ этой категоріи: сварочная сталь превращается въ литейную литую сталь.

Подробное изложеніе этихъ плавильныхъ процессовъ, примѣняемыхъ при нихъ приборовъ и, происходящихъ химическихъ процессовъ входитъ въ область металлургіи желѣза.

При производствѣ литья изъ ковкаго металла отливка обыкновенно примыкаетъ непосредственно къ упомянутому металлургическому производству металла; въ литейныхъ мастерскихъ, пользующихся для литья чугуномъ, отливка непосредственно изъ доменъ, употреблявшаяся почти исключительно въ предыдущихъ столѣтіяхъ, нынѣ принадлежитъ къ сравнительно рѣдкимъ явленіямъ. Изъ доменъ обыкновенно отливаются штыки, которые затѣмъ подвергаются новому плавленію, если требуется употребить чугунъ для получения издѣлій.

Различные обстоятельства, вмѣстѣ взятые, заставляютъ почти всегда прибѣгать къ этому послѣднему процессу, видимому болѣе сложному и безусловно болѣе дорогому.

НБ
УДУНТ
ИПБТ

Въ доменной печи невозможно изо дня въ день производить чугуны въполнѣ одинаковыхъ качествъ. Сегодня чугуны можетъ быть слишкомъ насыщены графитомъ для того, чтобы вообще въполнѣ годиться для производства литья; завтра можетъ быть въполнѣ подходящимъ для своего назначенія: послѣзавтра же, быть можетъ, будетъ содержать слишкомъ мало графита. Если же предварительно отливаются штыки, тогда ихъ можно рассортировать и, затѣмъ смѣшивать между собой такимъ образомъ, чтобы можно было получить металлъ, лучше всего удовлетворяющій потребностямъ литейнаго дѣла.

Чугуны, выходящій изъ домны, будучи выплавленъ при высокомъ давленіи газовъ, содержитъ, вдобавокъ, въ растворѣ болѣе значительное количество газовъ, чѣмъ переплавленный чугуны, а потому онъ менѣе пригоденъ для полученія плотнаго литья, чѣмъ этотъ послѣдній. Этотъ недостатокъ усиливается вмѣстѣ съ увеличеніемъ въ печи существующаго давленія газовъ; это послѣднее возрастаетъ вмѣстѣ съ высотой домны; поэтому-то растворимость въ чугуны газовъ стала особенно чувствительной съ тѣхъ поръ, какъ стали все болѣе и болѣе увеличивать домны съ цѣлью полученія большихъ количествъ чугуна. На этомъ основаніи большая часть сравнительно малыхъ древесноугольныхъ доменъ болѣе пригодна для непосредственной отливки, чѣмъ коксовые домны; способъ непосредственной отливки удержался еще кое-гдѣ до сихъ поръ почти исключительно при первыхъ. Наконецъ, надо принять во вниманіе, что при теперешнихъ промышленныхъ отношеніяхъ и условіяхъ сообщенія, устройство литейныхъ мастерскихъ оказывается очень часто выгоднымъ въ такихъ мѣстахъ, гдѣ доменное производство вообще не могло-бы существовать; такіа чугунолитейныя по этой только причинѣ уже принуждены получать чугуны со стороны и снова у себя плавить.

Во второй категоріи случаевъ плавленіе должно не столько служить для производства новаго металла, сколько исключительно для новаго расплавленія металла, уже полученнаго однимъ изъ предшествующихъ способовъ. Поэтому подобное плавленіе обыкновенно называютъ *переплавкой* (Umschmelzen;—remelting;—réfonte). Этотъ случай имѣетъ мѣсто преимущественно при примѣненіи чугуна къ литейному дѣлу и, составляетъ здѣсь, какъ только что было упомянуто, правило. Однако, и при этой переплавкѣ обыкновенно оказываются неизбежными измѣненія въ химическомъ составѣ металла; вмѣстѣ съ этими измѣненіями рука объ руку измѣняются иныя свойства.

Только благодаря знанію этихъ явленій и, благодаря принятію ихъ въ расчетъ, при выборѣ матеріала и при

веденіи плавки, можно избѣгнуть неудачъ. Подробнѣе объ этомъ будетъ сказано при изложеніи различныхъ способовъ плавленія.

II. Плавленіе въ тигляхъ.

1. Главныя черты процесса.

Металлъ, подлежащій плавленію, кладется въ сосудъ, называемый тиглемъ (Tiegel;—crucible, melting-pot;—creuset); благодаря этому, металлъ предохраненъ отъ непосредственнаго соприкосновенія съ горючимъ и съ продуктами горѣнія, а потому почти не подверженъ внѣшнимъ химическимъ воздѣйствіямъ. Передача тепла совершается, конечно, менѣе благоприятнымъ образомъ, а потому расходъ горючаго оказывается значительно выше, чѣмъ при переплавкѣ металла безъ какой бы то ни было предохранительной оболочки. Количество металла, переплавляемаго въ одномъ тиглѣ, бываетъ довольно незначительно (50 килограммовъ или нѣсколько больше); къ тому же, къ болѣе значительной стоимости горючаго присоединяются еще немалые расходы на тигли.

Поэтому плавленіе въ тигляхъ оказывается гораздо болѣе дорогостоящимъ, чѣмъ при другихъ способахъ. Къ этому способу обращаются тогда, когда для качествъ издѣлія оказывается необходимымъ то предохраненіе, которое тигель даетъ переплавленному металлу или же тогда, когда потребность каждый разъ въ металлѣ не бываетъ такъ велика, чтобы было выгодно пользоваться для плавленія иными способами, вообще пригодными для болѣе значительныхъ количествъ металла.

Третье обстоятельство, весьма важное при переплавкѣ драгоценныхъ металловъ,—золота, серебра и другихъ,—въ отношеніи выбора тигельнаго плавленія,—именно устраненіе механическихъ потерь металла,—при переплавкѣ чугуна и желѣза не играетъ почти никакой роли.

Поэтому въ литейныхъ, перерабатывающихъ сѣрый чугунъ, тигельнымъ плавленіемъ пользуются лишь въ исключительныхъ случаяхъ, именно, когда по специальнымъ условіямъ требуется имѣть небольшія количества расплавленнаго металла опредѣленныхъ качествъ; довольно часто прибѣгаютъ къ этому способу при производствѣ ковкаго чугуна; при этомъ пользуются бѣлымъ мало-углеродистымъ, но нѣсколько кремнистымъ чугуномъ; само собою разумѣется, что для предохраненія такого металла отъ вредныхъ измѣненій легче всего воспользоваться тиглемъ; равнымъ образомъ производство стали въ тигляхъ примѣняется во всѣхъ

тѣхъ случаяхъ, когда, или общая потребность въ жидкой стали не очень велика, или же, когда придаютъ особенное значеніе несомнѣнно превосходнымъ качествамъ тигельной стали.

2. Свойства тиглей.

Тигли обладаютъ общеизвѣстной формой сосудовъ круглаго поперечнаго сѣченія, нѣсколько расширенныхъ сверху, при отношеніи между высотой и діаметромъ, какъ 3:2 до 2:1. Если приходится по возможности избѣгать внѣшнихъ вліяній во время плавки, тогда тигель прикрываютъ сверху крышкой; въ этой послѣдней иногда (при плавленіи стали) продѣлывается небольшое отверстіе для того, чтобы можно было чрезъ него ввести желѣзный ломъ, служащій для изслѣдованія плавимаго металла.

Для производства тиглей обыкновенно пользуются смѣсью изъ огнеупорной глины, графита и размолотыхъ старыхъ тиглей.

Прибавленіе графита должно исполнять двѣ различныя задачи;—надо замѣтить, что графитъ самъ по себѣ дорогъ потому, что только высшій сортъ его годится для производства прочныхъ тиглей. Графитъ не плавится; отчасти поэтому, отчасти же потому, что онъ предохраняетъ глиняный тигель отъ образованія трещинъ въ сильномъ жару, графитъ способствуетъ усилению стойкости тиглей; онъ препятствуетъ проникновенію окислительныхъ продуктовъ горѣнія (кислородъ, углекислота, водяной паръ) чрезъ стѣнки тигля, такъ какъ самъ, при помощи кислорода этихъ газовъ, сгораетъ въ окись углерода, а потому противодѣйствуетъ вліянію этихъ газовъ на содержимое тигля.

Примѣненіе старыхъ тиглей при изготовленіи новыхъ, во первыхъ, способствуетъ пониженію стоимости производства, а, во вторыхъ, сообщаетъ тиглямъ большую стойкость, такъ какъ тигли приготовленные изъ свѣжихъ матеріаловъ легко могли бы получить трещины.

Взаимное отношеніе между матеріалами, служащими для изготовленія тиглей, устанавливается отчасти по составу матеріаловъ, отчасти по требованіямъ, предъявляемымъ къ тиглямъ, отчасти же по качеству старыхъ тиглей, имѣющихся въ распоряженіи. Количество свѣжеприбавляемой огнеупорной глины колеблется между 35% и 15% относительно всей смѣси; количество всего графита заключается въ предѣлахъ между 20% и 70%. Одна часть этого графита вводится въ смѣсь вмѣстѣ со старыми тиглями, идущими обратно въ дѣло, другая же часть поступаетъ въ свѣжемъ состояніи.

Размолотыя составныя части тиглей смачиваются водой настолько, чтобы онѣ получили свойство пластичности, затѣмъ хорошо перемѣшиваются и идутъ въ ручную или машинную формовку тиглей. Тигли подлежатъ затѣмъ вполне постепенной сушкѣ и, наконецъ, обжиганію.

Хорошій тигель бываетъ въ состояніи выдержать три до четырехъ плавокъ. Въ большихъ сталеплавильныхъ мастерскихъ, кои сами для себя изготовляютъ тигли, часто пользуются изъ принципа каждымъ тиглемъ одинъ только разъ, а затѣмъ разбиваютъ и обращаютъ въ дѣло изготовленія новыхъ тиглей.

3. Тигельныя печи.

а. Шахтныя тигельныя печи.

Шахтныя тигельныя печи являются старѣйшей формой тигельныхъ печей; онѣ примѣняются еще и теперь, особенно тамъ, гдѣ только немного тиглей, иногда—даже только одинъ единственный,—вставляется въ одинъ разъ, а также тамъ, гдѣ не существуетъ непрерывнаго производства. Въ литейныхъ, переплавляющихъ въ тигляхъ чугунъ, а также въ меньшихъ сталеплавильныхъ заводахъ, употребляются почти исключительно эти печи.

Тигель, нагрѣваемый въ этихъ печахъ, находится внутри шахтообразнаго пространства, коего высота немного только (40—60 сант.) выше самага тигля; вокругъ тигля лежитъ горящее топливо. Въ печи находится одинъ или нѣсколько тиглей; съ увеличеніемъ числа тиглей возрастаетъ трудность для равномѣрно сильнаго ихъ нагрѣванія, а потому довольно рѣдко дѣлаютъ печи для помѣщенія бѣльшаго числа тиглей, чѣмъ три.

Сообразно съ числомъ тиглей придаютъ форму поперечному сѣченію печи. Если долженъ быть помѣщенъ только одинъ тигель, тогда горизонтальное сѣченіе получаетъ квадратную форму; когда приходится въ одинъ рядъ ставить два или три тигля, тогда горизонтальное сѣченіе печи получаетъ четырехугольную форму; четыре, шесть или восемь тиглей устанавливаются въ два ряда; при четырехъ тигляхъ получается квадратная, при шести же и восьми прямоугольная поперечная форма печи.

Горючимъ для накаливанія этихъ печей служить обыкновенно коксъ, рѣже древесный уголь, а еще рѣже газъ (свѣтильный газъ). Въ большинствѣ странъ коксъ не только дешевле древеснаго угля, но даетъ при сжиганіи въ тигельныхъ печахъ большее количество тепла и развиваетъ высшую температуру, чѣмъ равное количество древеснаго

угля; горѣніе кокса,—какъ обыкновенно выражаются,—идетъ полнѣе, т. е., при горѣніи кокса образуется больше угольной кислоты и меньше окиси углерода, чѣмъ при горѣніи древеснаго угля ¹⁾. Чѣмъ коксъ плотнѣе и, чѣмъ меньше въ немъ золы, тѣмъ явственнѣе выступаетъ эта разница и, тѣмъ болѣе пригоднымъ долженъ онъ быть для тигельной плавки.

Свѣтильный газъ самъ по себѣ представляется прекраснымъ горючимъ, но онъ слишкомъ дорогъ для примѣненія въ большомъ масштабѣ; поэтому имъ пользуются только въ лабораторіяхъ, когда приходится накалывать очень малые тигли.

Болѣе дешевый газъ, получаемый путемъ неполнаго сжиганія сырого горючаго, такъ называемый воздушный или генераторный газъ, имѣющій широкое примѣненіе въ крупномъ производствѣ, будучи сильно разбавленъ азотомъ, потребовалъ бы предварительно значительнаго подогрева для того, чтобы дать въ шахтныхъ тигельныхъ печахъ достаточно высокую температуру.

Въ обыкновенныхъ шахтныхъ тигельныхъ печахъ этотъ газъ мало былъ-бы пригоденъ; для пламенныхъ же тигельныхъ печей, описываемыхъ ниже, даетъ онъ исключительно примѣняемый матеріалъ.

Въ послѣднее время для полученія очень высокихъ температуръ начали также прибѣгать къ нефтяному отопленію шахтныхъ тигельныхъ печей. Этотъ случай можно наблюдать, напр., при производствѣ мягкаго, мало углеродистаго металла, получаемаго въ тигляхъ; требуемая при этомъ температура плавленія еще гораздо выше, чѣмъ при обыкновенной тигельной стали. Подробнѣе объ этихъ печахъ изложено въ *Revue universelle des mines, série III, tome III, p. 190.*

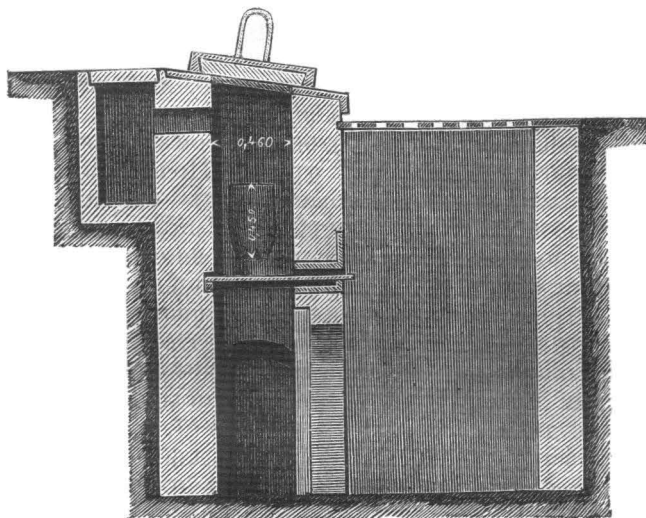
Въ коксовыхъ шахтныхъ тигельныхъ печахъ, употребляемыхъ для обыкновенныхъ надобностей (переплавка чугуна, производство тигельной стали), количество воздуха, необходимое для горѣнія, получается при помощи тяги въ дымовую трубу; рѣже при помощи воздуходувной машины. Отъ силы тяги воздуха зависитъ количество топлива, сжигаемаго въ определенное время, а также продолжительность плавленія и достигаемая температура. Въ печахъ, со слишкомъ слабой тягой дымовой трубы, часто оказывается совершенно невозможнымъ получение достаточно высокой температуры, необходимой для плавленія и перегрѣва чугуна и стали. Высота дымовой тру-

¹⁾ При сжиганіи 1 килограмма чистаго углерода въ угольную кислоту развивается 8080 калорій (единицъ тепла), при сжиганіи же въ окись углерода только 2473 калорій.

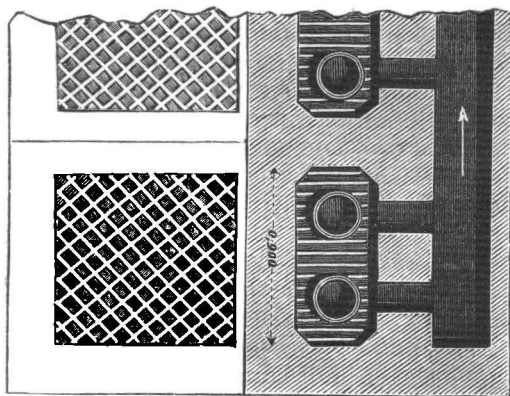
бы должна быть поэтому ни въ какомъ случаѣ не меньше 10 м., если хотятъ плавить въ тигляхъ только чугунъ; 15 м. или выше—для сталеплавильныхъ печей; живое сѣченіе дымовой трубы должно быть равно приблизительно $\frac{1}{4}$ общаго

Тигельная печь.

Фиг. 6.



Фиг. 7.



поперечнаго сѣченія печей, примыкающихъ къ трубѣ. Дымовые ходы между трубой и печами не должны быть слишкомъ длинны; въ сталеплавильныхъ мастерскихъ находятъ полезнымъ, для достиженія равномерно сильной тяги въ дымовую трубу, каждой печи сообщать собственную дымовую трубу.

Эти шахтные самодувныя печи для твердаго горючаго ограничены снизу колосниковой рѣшеткой, черезъ которую поступаетъ воздухъ и удаляется образующаяся зола.

Непосредственно надъ колосниками температура бываетъ сравнительно невысока; поступающій снизу холодный воздухъ, достигая подошвы тигля, дѣлалъ-бы невозможнымъ достаточно сильное накаливаніе его; поэтому тигель обыкновенно устанавливають на огнеупорной подставкѣ высотой въ 6—до 10 снт.; діаметръ подставки равенъ діаметру подошвы тигля.

При пользованіи дутьемъ, понятно, имѣется то преимущество, что сила тяги не зависитъ отъ вліянія погоды и другихъ случайностей; для отвода газовъ также и въ этомъ случаѣ полагается дымовая труба. Подобная печь съ дутьемъ равнымъ образомъ можетъ быть снабжена колосниковой рѣшеткой; дутье поступаетъ подъ колосники при закрытомъ поддувалѣ, или же можно вводить въ печь дутье при помощи боковыхъ отверстій (воздушныхъ фурмъ). Послѣднее устройство представляетъ значительныя затрудненія при устраненіи золы и шлаковъ; поэтому оно удобно примѣняется только при совершенно малозольномъ горючемъ.

Шахтная тигельная печь самаго обыкновеннаго устройства представлена на фигурахъ 6 и 7; она предназначена для отапливанія коксомъ и устроена для естественной тяги въ трубу; еслибы закрыть зольникъ, тогда нетрудно было бы уже перевести ее на дутье. Нѣсколько подобныхъ печей бываютъ расположены въ одинъ рядъ и, сообщены каждая съ собственной дымовой трубой. Каждая печь предназначена для помѣщенія двухъ тиглей; позади cadaго тигля устроены боровокъ для выхода продуктовъ горѣнія; этимъ послѣднимъ устройствомъ достигается болѣе равномерное горѣніе, чѣмъ при устройствѣ единственнаго боровка по срединѣ между обоими тиглями.

Какимъ образомъ соединяются газы, выходящіе изъ боровковъ, и затѣмъ подводятся къ дымовой трубѣ, видно уже безъ объясненій изъ чертежа. Колошникъ, т. е., верхнее отверстіе печи, во время плавки долженъ быть закрытъ крышкой во избѣжаніе всасыванія въ трубу холоднаго наружнаго воздуха; иначе, безъ крышки, была-бы ослаблена естественная тяга; крышка устраивается изъ огнеупорныхъ кирпичей, вдѣланныхъ въ желѣзную раму; при меньшихъ печахъ она дѣлается подъемной, при большихъ же поворотной на шарнирахъ съ цѣпнымъ противовѣсомъ.

Внутренняя облицовка плавильнаго пространства, само собой разумѣется, должна быть сдѣлана изъ огнеупорныхъ шамотныхъ кирпичей.

Печь, изображенная на чертежѣ, для болѣе удобнаго пользованія ею углублена въ почвѣ такимъ образомъ, что

колошникъ только немногимъ возвышается надъ заводскимъ поломъ. Это устройство примѣняется чаще всего. Для доступа воздуха въ поддувало передъ печью устраиваютъ достаточную широкую и глубокую шахту, перекрытую чугуной рѣшеткой; въ то же самое время она открываетъ доступъ къ поддувалу (зольнику). Это устройство вполне понятно изъ чертежа.

Во всякомъ случаѣ нѣкоторое ослабленіе тяги при подобномъ устройствѣ неизбежно; для достиженія такой же сильной тяги, какъ при свободно стоящей печи, надо имѣть болѣе сильную дымовую трубу, если нежелательно прибѣгать къ нижнему дутью. Въ большихъ плавильныхъ мастерскихъ поддувала выходятъ въ обширныя подземныя пространства, хорошо сообщенныя съ наружнымъ воздухомъ; въ этомъ случаѣ не теряются преимущества, происходящія изъ углубленнаго положенія печей¹⁾; иногда рабочая площадь устраивается выше, такъ сказать, во второмъ этажѣ строенія въ то время, когда почва зольника находится на горизонтѣ заводской площади.

Ширина тигельныхъ печей должна быть такимъ образомъ соразмѣрена, чтобы между тиглями и печными стѣнками, а также между двумя сосѣдними тиглями, оставалось пространство шириной около 60 мм. Слишкомъ большіе размѣры способствовали бы излишнему расходу горючаго, слишкомъ же малые влекли бы за собой неравномѣрность горѣнія. Высота печи (измѣряемая разстояніемъ отъ колосниковъ до колошника) лучше всего опредѣляется, если къ высотѣ тигля и поддона (подставки) прибавить еще 500 до 600 мм. Боровки устраиваются непосредственно подъ колошникомъ; общее живое сѣченіе всѣхъ боровковъ, принадлежащихъ одной печи, можетъ составлять $\frac{1}{8}$ до $\frac{1}{4}$ относительно поперечнаго сѣченія печи.

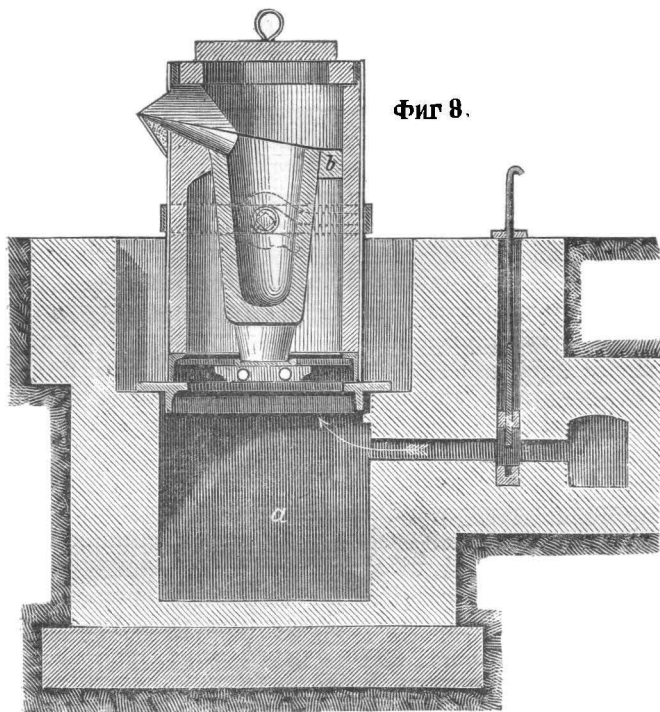
Фигуры 8 и 9 показываютъ шахтную тигельную печь, снабженную различными усовершенствованіями; въ практику введена она французомъ Ріат. Печь работаетъ съ дутьемъ, подводимымъ снизу черезъ каналъ, видимый на фиг. 8.

Этотъ каналъ снабженъ заслонкой для регулированія и запиранія дутья. Главная особенность этой печи заключается въ томъ, что печь устроена не неподвижно, а можетъ быть снимаема съ чугунной рамы, лежащей на выступахъ зольника *a*. Двѣ желѣзныя полосы, поддерживающія колосниковую рѣшетку печи, равнымъ образомъ покоятся на этой послѣдней рамѣ.

Надлежаще устроенный тигель закрѣпляется въ печи

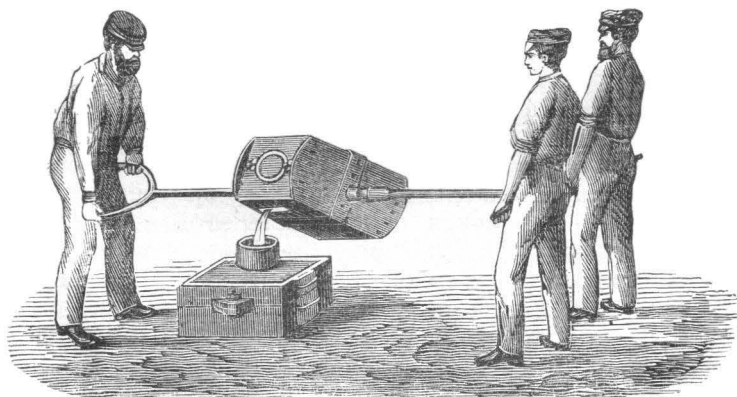
¹⁾ Чертежи подобныхъ устройствъ: Wedding, Darstellung des giessbaren Eisens. Braunschweig 1875. S. 635.

при помощи шамотнаго клина *b* такимъ образомъ, что онъ можетъ быть поднять вмѣстѣ съ печью, а затѣмъ наклоненъ, какъ показано на фиг. 9; въ промежуткахъ между



Фиг. 8.

Фиг. 9.



клиномъ и выступомъ печныхъ стѣнокъ должно быть оставлено достаточно пространства для прохода кокса, служащаго топливомъ. Благодаря такому устройству тигель

предохраненъ отъ разрушающихъ дѣйствій; къ тому же еще горячій тигель можетъ быть нагруженъ снова, не ожидая охлажденія; такимъ образомъ сберегается горючее. Снаружи, для удобствъ передвиженія, печь обшита желѣзнымъ кожухомъ и снабжена желѣзнымъ кольцомъ, имѣющимъ двѣ цапфы; къ этимъ цапфамъ, или прикрѣпляются рукоятки, или же подводится хомутъ отъ крана, если вѣсь печи настолько великъ, что печь невозможно двигать вручную¹⁾

б) Пламенные тигельныя печи.

Примѣненіе для тигельной плавки печей, въ коихъ тигель не находится въ непосредственномъ соприкосновеніи съ твердымъ горючимъ, а накаливается при помощи пламени, сдѣлалось обычнымъ только со времени введенія газовыхъ топковъ. Въ этихъ печахъ вполне возможно получить достаточно высокую температуру, необходимую для тигельнаго плавленія; среди различныхъ системъ газовыхъ топковъ почти исключительно употребительными при тигельной плавкѣ являются сименсовскія печи, называемыя такъ по имени изобрѣтателя; онѣ особенно хорошо удовлетворяютъ своему назначенію тамъ, гдѣ тигли должны быть накаливаемы пламенемъ.

Главная особенность всѣхъ сименсовскихъ печей заключается въ устройствѣ двухъ паръ камеръ, сооруженныхъ изъ огнеупорнаго кирпича и выложенныхъ, въ видѣ рѣшетки, огнеупорной насадкой; эти камеры называются регенераторами; онѣ служатъ попеременно, то для воспріятія теряющагося жара печей, то для нагреванія проходящихъ черезъ нихъ горючихъ газовъ и воздуха. Черезъ одну пару регенераторовъ проходятъ еще очень горячіе газы, выходящіе изъ рабочаго пространства печи; раньше, чѣмъ попасть въ дымовую трубу эти газы должны нагрѣть насадку регенераторовъ, а сами должны охладиться до температуры около 500 Ц. Черезъ одинъ изъ регенераторовъ другой пары, подвергавшейся раньше дѣйствію теряющагося жара печи, проходитъ газъ, предназначенный для сжиганія въ рабочемъ пространствѣ печи, черезъ другой же регенераторъ протекаетъ воздухъ, необходимый для горѣнія. Воздухъ и газъ попадаютъ въ рабочее пространство печи въ сильно нагрѣтомъ состояніи; здѣсь между собою соединяются; развитіе весьма высокой температуры горѣнія является послѣдствіемъ предварительнаго подогрева. Черезъ нѣкоторый промежутокъ времени, — обыкновенно черезъ 30 — 60 минутъ, —

¹⁾ О другихъ видахъ плавильныхъ печей системы Piat сравни «Stahl und Eisen» 1890, Seite 189.

при помощи особаго переводнаго приспособленія измѣняется направленіе газоваго и воздушнаго потоковъ; послѣ перевода клапановъ теряющійся жаръ устремляется черезъ регенераторы, служившіе раньше для подогрева, и снова ихъ нагреваетъ; раньше же нагревавшіеся регенераторы служатъ теперь для подогрева газа и воздуха ¹⁾

Для объясненія этого общаго устройства на фигурѣ 10 изображена въ продольномъ разрѣзѣ сименсовская печь, предназначенная для тигельнаго плавленія. А и В—одна пара регенераторовъ, С и D—другая пара. Въ каждой парѣ регенераторовъ одинъ шире, другой уже; болѣе широкій служитъ для подогрева воздуха, болѣе узкій для подогрева газа. Воздухъ и газъ входятъ въ регенераторы при помощи каналовъ, находящихся внизу; переводное устройство, не видимое на чертежѣ, находится сбоку. Какимъ образомъ укладывается въ регенераторахъ огнеупорная насадка, легко видѣть изъ чертежа. Газъ и воздухъ проходятъ отдѣльно свой регенераторъ снизу вверхъ, соединяются передъ плавильнымъ пространствомъ Е и проходятъ къ противоположно лежащей парѣ регенераторовъ. Плавильное пространство печи обыкновенно устраиваютъ для помѣщенія четырехъ до шести тиглей, устанавливаемыхъ въ два ряда другъ возлѣ друга; обыкновенно непосредственно другъ возлѣ друга располагаютъ нѣсколько печей и помѣщаютъ ихъ въ общей выемкѣ въ почвѣ завода.

Для большихъ удобствъ при работѣ эти печи, подобно обыкновеннымъ шахтнымъ тигельнымъ печамъ, помѣщаются въ углубленіи въ почвѣ такимъ образомъ, что крыша печей лежитъ въ одной плоскости съ заводскимъ поломъ. Эти печи снабжены отверстиями, запираемыми при помощи крышекъ; черезъ эти отверстія тигли вставляются и вынимаются ²⁾.

Пламенные тигельныя печи обладаютъ слѣдующими преимуществами передъ раньше описанными шахтными печами:

1) для ихъ дѣйствія можно пользоваться сырымъ (не обугленнымъ), а потому болѣе дешевымъ горючимъ, вполне пригоднымъ для получения газа,

2) при пользованіи сименсовскими печами, въ данномъ случаѣ исключительно примѣняемыми, расходованіе горючаго является еще болѣе благоприятнымъ,

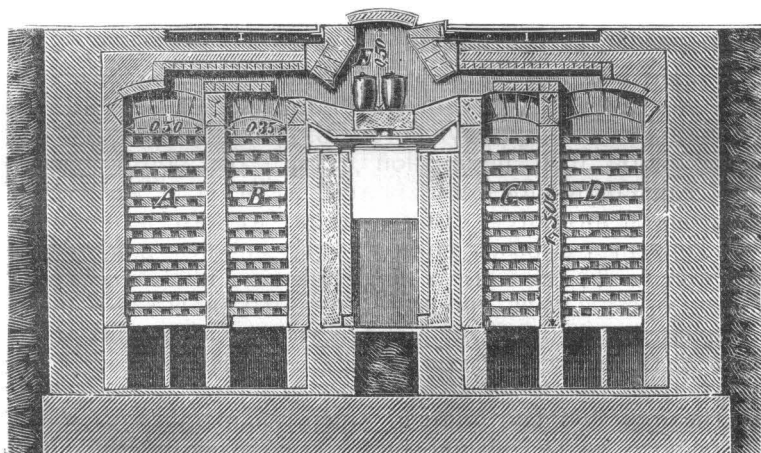
¹⁾ Подробнѣе объ устройствѣ сименсовскихъ печей: A. Ledebur, Die Gasfeuerungen, Leipzig 1891, Seite 87

²⁾ Относительно устройства новѣйшихъ сименсовскихъ тигельныхъ печей, сооруженныхъ надъ заводскимъ поломъ и насаживаемыхъ сбоку, сравни „Stahl und Eisen“ 1891, Seite 453; относительно устройства сименсовскихъ тигельныхъ печей вообще: A. Ledebur, Eisenhüttenkunde, 1894, Seite 871.

з) тигли во всякое время легко доступны и не находятся въ соприкосновеніи съ золой горячаго.

Однако устройство и ремонтъ подобныхъ печей обходятся во много разъ дороже простыхъ шахтныхъ печей; по существу же своего устройства эти печи требуютъ непрерывнаго дѣйствія. Для малаго производства подобная сименсовская печь была бы поэтому не подходящей. При производствѣ стали въ большемъ масштабѣ эти печи примѣняются вполне успѣшно, особенно же, когда производимая сталь идетъ не только для литья, но и для другихъ надобностей; для плавления чугуна, вообще не требующаго такихъ высокихъ температуръ, какія достигаются въ сименсовскихъ печахъ, подобныя печи примѣняются только въ исключительно рѣдкихъ случаяхъ.

Фиг. 10.



4. Работы у печей и результаты ихъ дѣйствія.

Работы начинаются съ нагрузки тиглей; при этомъ надо стараться, чтобы отдѣльные куски металла лежали возможно плотно и, чтобы въ тиглѣ вовсе не оставалось свободного пространства. Большею частью наполняютъ тигли въ холодномъ состояніи, а затѣмъ уже вставляютъ въ печь; въ немногихъ только сталеплавильныхъ мастерскихъ принято наполнять при помощи желѣзной воронки накалинные тигли, находящіеся уже въ печи. При пользованіи сименсовскими печами во всякомъ случаѣ необходимо печь сначала нагрѣть и довести до каленія, а затѣмъ уже можно вставлять тигли. Наполненные тигли въ такомъ случаѣ обыкновенно предварительно подогрѣваются въ специальной печи, а затѣмъ уже поступаютъ въ тигельную печь, доведенную до бѣлаго каленія.

Если требуется плавить въ тиглѣ сѣрый чугуны для производства обыкновеннаго мягкаго литья, тогда шихту подбираютъ такимъ образомъ, чтобы ея составъ былъ приблизительно одинаковъ съ составомъ требуемаго литья; впрочемъ, этотъ случай можетъ имѣть мѣсто только въ исключительныхъ обстоятельствахъ, когда является надобность въ очень маломъ количествѣ жидкаго металла. Мягкій, умѣренно кремнистый чугунный ломъ по большей части оказывается въ данномъ случаѣ самымъ подходящимъ матеріаломъ; было-бы ошибочно насаживать очень кремнистый чугуны, пересыщенный графитомъ; при другихъ способахъ плавления этотъ послѣдній можетъ оказать хорошую услугу, при тигельномъ же не оправдалъ бы своего назначенія.

Для ковкаго чугуна шихта должна состоять изъ бѣлаго чугуна; о необходимомъ для сего химическомъ составѣ будетъ съ достаточной подробностью сказано при изложеніи этого производства (въ шестой главѣ).

При производствѣ тигельной стали, особенно въ томъ случаѣ, когда хотятъ готовить инструментальную сталь, шихта состоитъ по преимуществу изъ отборнѣйшихъ сортовъ сварочной или цементной стали; эти сорта изготавляются главнымъ образомъ для этой цѣли; если же въ тигляхъ готовятъ литейную сталь, тогда, вмѣсто вышеупомянутыхъ дорогихъ сырыхъ матеріаловъ, вполне или отчасти пользуются болѣе дешевыми мартеновскою или бессмеровскою сталью, стальнымъ крошечемъ и т. п. При выборѣ шихты надо обращать вниманіе на количество углерода въ отливаемомъ издѣліи; отъ углерода прежде всего зависятъ свойства литья, въ тиглѣ же количество углерода въ шихтѣ не претерпѣваетъ сколько нибудь значительныхъ измѣненій¹⁾ Для стального литья обыкновенно прибавляютъ въ шихту небольшое количество сѣраго чугуна, или лучше кремнистаго чугуна (напр., на 100 частей стали кладутъ 2 части кремнистаго чугуна съ 10% кремнія); благодаря такому умѣренному введенію кремнія получается болѣе плотное литье; если сталь сама по себѣ не содержитъ достаточнаго количества марганца, тогда прибавляютъ также небольшое количество марганцоваго чугуна. Содержаніе марганца въ тигельномъ металлѣ ни въ коемъ случаѣ не должно значительно превышать 1%.

Въ случаѣ, если, для сообщенія большей жидкости и для уменьшенія образованія газовыхъ пузырей, оказывается желательнымъ прибавленіе алюминія, тогда прибавляютъ его въ концѣ плавленія въ видѣ чистаго алюминія или желѣзоалюминіеваго сплава. При производствѣ тигельной ста-

¹⁾ О томъ вліяніи, которое оказываютъ въ этомъ отношеніи стѣнки тигля, будетъ сказано ниже.

ли такая прибавка тогда только можетъ представлять нѣкоторую пользу, когда въ металлѣ содержится не очень много углерода, марганца и кремнія; количество присаживаемаго алюминія ни въ коемъ случаѣ не должно превышать 0,1%, относительно содержаемаго въ тиглѣ.

Когда тигли наполнены, тогда прикрываютъ ихъ крышками и, приступаютъ къ плавкѣ.

Теченіе процесса представляется крайне простымъ при плавкѣ сѣраго чугуна. Когда все содержимое въ тиглѣ расплавится и, надлежащимъ образомъ перегрѣется, тогда можно приступить къ выниманію тигля.

Нѣсколько больше заботъ требуетъ плавленіе бѣлаго чугуна, предназначеннаго для ковкаго чугуна. Для полученія плотнаго литья необходимо расплавленный металлъ поддерживать нѣкоторое время въ тиглѣ въ расплавленномъ состояніи, дать возможность ему „поспѣть“. Только послѣ этого слѣдуетъ приступать къ выниманію тиглей.

Самой трудной представляется задача при плавленіи стали, хорошо примѣнимой для литья. Процессъ полученія тигельной стали изъ иныхъ сортовъ стали, по своему существу, относится къ области металлургіи желѣза, а потому здѣсь будетъ онъ описанъ только въ главныхъ чертахъ.

Съ самаго начала плавленія появляется кипѣніе металла, благодаря образованію и выдѣленію газовъ. Главною составною частью этихъ газовъ является окись углерода, образующаяся вслѣдствіе воздѣйствія желѣзныхъ окисловъ (ржавчина, окалина, шлаковыя включенія) на углеродъ стали. При помощи желѣзнаго лома, пропускаемаго черезъ отверстіе въ крышкѣ тигля, плавильщикъ по временамъ изслѣдуетъ свойства металла: смотритъ, все-ли въ тиглѣ расплавилось и, по виду шлака, приставшаго къ лому, опредѣляетъ состояніе процесса: сначала шлаки имѣютъ черный цвѣтъ и пузыристое сложеніе, а затѣмъ становятся свѣтлѣе и плотнѣе; по началу сталь пристаётъ къ лому, въ концѣ же плавленія металлъ долженъ быть настолько жидокъ, что поверхность вынимаемаго лома должна быть чиста.

Если бы захотѣли сталь тотчасъ же пустить въ отливку, какъ только она вполнѣ расплавилась и сдѣлалась жидкой, тогда она стала бы еще разъ кипѣть въ формѣ; получить плотное литье тогда оказалось бы невозможнымъ. Такую неудачу предупреждаютъ путемъ предоставленія расплавленной стали возможности „отстояться“ въ теченіе получаса, т. е. подвергаютъ спокойному нагрѣванію. При плавленіи въ шахтныхъ печахъ перестаютъ въ это время прибавлять свѣжаго кокса и даютъ возможность выгорѣть уже ранѣе заброшенному; въ газовыхъ печахъ регулируютъ надлежащимъ образомъ температуру при помощи газового

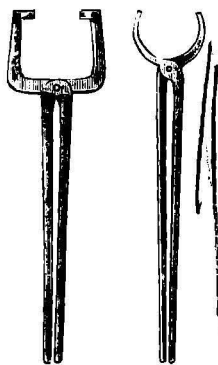
и воздушнаго клапановъ. Только постѣ этого сталь „по-спѣваетъ.“

Если для плавленія не пользуются печами системы Piat, тогда для выниманія изъ печи тигля, наполненнаго жидкимъ металломъ, и затѣмъ его опорожниванія нужны клещи (Zangen; —pincers, tongs;—tenaille). Для выниманія обыкновенно пользуются клещами, изображенными на фиг. 11; зѣвъ клещей, снабженный двумя полукруглыми закраинами, захватываетъ тигель за бока, причемъ дужки клещей принимаютъ вертикальное положеніе.

Вынутый такимъ образомъ тигель ставится въ належащемъ мѣстѣ и захватывается клещами, съ дужками, принимающими при употребленіи горизонтальное положеніе; (фиг. 12); тигель наклоняется при помощи этихъ клещей.

Для слишкомъ большихъ тиглей клещи подвѣшиваются обыкновенно на цѣпяхъ; если приходится въ этомъ случаѣ тигель переносить на болѣе значительное разстояніе, тогда цѣпь прикрѣпляется къ тѣлѣжкѣ, движущейся по рельсамъ, укрѣпленнымъ вверху.

Фиг. 11 и 12.



Слишкомъ высокая температура металла, расплавленнаго въ тиглѣ, опасна для удачнаго литья точно такъ же, какъ это имѣетъ мѣсто вообще при отливкѣ жидкихъ металловъ. Сильный перегрѣвъ при плавленіи вообще оказываетъ благопріятное вліяніе на свойства металла; однако передъ отливкой надо тѣмъ сильнѣе охладить металлъ (путемъ спокойнаго стоянія), чѣмъ выше былъ онъ перегрѣтъ. Подробнѣе объ этомъ будетъ сказано въ четвертой и пятой главахъ.

Продолжительность плавленія зависитъ отъ величины насадки и отъ свойствъ металла; для чугуна она составляетъ 2 до 3, для стали же 4 до 5 часовъ.

Въ шахтныхъ печахъ для расплавленія 100 килограммовъ чугуна требуется въ среднемъ 100 килограммовъ кокса; для стали же надо 200 до 300 килограммовъ.

Въ печахъ Piat, если тотчасъ же насаживаютъ еще въ горячій тигель, расходъ горючаго при плавленіи стали не превышаетъ 115 килограммовъ. Расходъ каменнаго угля въ пламенныхъ сименсовскихъ печахъ при производствѣ тигельной стали на 100 клг. стали составляетъ 120 до 150 клг. угля.

5. Химическій процессъ тигельнаго плавленія.

При тигельномъ плавленіи воздѣйствіе на металлъ горючаго и продуктовъ горѣнія устраняется довольно совершенно, если только тигель хорошо прикрытъ крышкой; однако,

при всемъ этомъ, металлъ никоимъ образомъ не остается въ такомъ неизмѣнномъ состоянїи, какъ, вообще, раньше принималось.

Между кусками металла включенъ воздухъ; съ металломъ равнымъ образомъ поступаютъ въ тигель окисленные тѣла—ржавчина, окалина. Поэтому, при плавленїи, сначала образуются желѣзистые шлаки, дѣйствующие окислительнымъ образомъ на нѣкоторыя составныя части шихты; прежде всего окисленїю подвергаются марганецъ и кремнїй, а затѣмъ уже, отчасти же одновременно съ ними, углеродъ. Количество этихъ тѣлъ должно уменьшаться.

Во время дальнѣйшаго теченія процесса потерянные количества углерода и кремнїя наверстываются: шлаки, коихъ количество увеличивается за счетъ составныхъ частей тигельныхъ стѣнокъ, становятся менѣе желѣзистыми; они теряютъ свою окислительную силу; изъ тигельныхъ стѣнокъ, содержащихъ углеродъ,—уже было упомянуто, что почти исключительно идутъ въ дѣло графитовые тигли,—жидкимъ и сильно нагрѣтымъ металломъ воспринимаются углеродъ, а вмѣстѣ съ углеродомъ, при его помощи, восстанавливается и кремнїй. Въ результатъ болѣе положительнаго плавленія получается уменьшенїе количества марганца и увеличенїе количествъ углерода и кремнїя.

Первоначальный составъ шихты, качества тиглей и господствующая въ печи температура—все это оказываетъ вліяніе на степень измѣненїй, полученныхъ въ составѣ шихты. Чѣмъ значительнѣе были съ самаго начала количества углерода и кремнїя, тѣмъ менѣе замѣтнымъ становится обогащенїе металла этими тѣлами; значительное содержанїе въ шихтѣ марганца, обильное содержанїе въ тигляхъ графита и высокая температура въ плавильномъ пространствѣ—все это способствуетъ воспринятїю названныхъ тѣлъ металломъ.

Какія измѣненїя претерпѣваютъ въ тигляхъ чугуны и сталь, можно видѣть изъ нижеслѣдующихъ примѣровъ:¹⁾

1. Бѣлый чугунъ плавился въ графитовомъ тиглѣ, сдѣланномъ изъ 3 частей графита и $3\frac{1}{4}$ частей глины.

| | Углеродъ. | Кремнїй. | Марганецъ. |
|------------------------------|-----------|----------|------------|
| Передъ плавленїемъ | 3,59 | 0,07 | 2,04 |
| Послѣ однократнаго плавленія | 3,71 | 0,58 | 1,91 |
| » двукратнаго » | 3,77 | 0,76 | 1,85 |
| » троекратнаго » | 3,63 | 1,07 | 1,86 |

2. Сталь плавилась въ такихъ же тигляхъ, какъ предыдущій.

| | Углеродъ. | Кремнїй. | Марганецъ. |
|------------------------------|-----------|----------|------------|
| Передъ плавленїемъ | 0,94 | 0,02 | 0,24 |
| Послѣ однократнаго плавленія | 1,19 | 0,35 | не опред. |
| » двукратнаго » | 1,26 | 0,63 | 0,22 |

¹⁾ Изъ «Stahl und Eisen» 1885, S. 179; 1886, S. 695 (Müller)

3. Сталь плавилась въ глиняныхъ тигляхъ безъ графита.

| | Углеродъ. Кремній. Марганецъ. | | |
|------------------------------|-------------------------------|------|-----------|
| Передъ плавленіемъ | 0,94 | 0,06 | не опред. |
| Послѣ однократнаго плавленія | 0,49 | 0,11 | » » |

4. Сталь плавилась въ глиняныхъ тигляхъ безъ графита.

| | Углеродъ. Кремній. Марганецъ. | | |
|------------------------------|-------------------------------|------|-----------|
| Передъ плавленіемъ | 0,96 | 0,09 | не опред. |
| Послѣ однократнаго плавленія | 0,77 | 0,15 | » » |
| » двухкратнаго » | 0,55 | 0,26 | » » |

Изъ сравненія примѣровъ 1 и 2 съ примѣрами 3 и 4 отчетливо можно видѣть вліяніе содержанія въ тигляхъ графита: при плавленіи въ графитовыхъ тигляхъ содержаніе въ металлѣ углерода увеличивается; при плавленіи стали это увеличеніе идетъ сильнѣе, чѣмъ при плавленіи чугуна, уже болѣе насыщеннаго углеродомъ; если же плавленіе металла ведется въ тигляхъ безъ графита, тогда содержаніе углерода уменьшается. Количество кремнія увеличилось въ обоихъ случаяхъ, однако же въ графитовыхъ тигляхъ увеличеніе шло быстрѣе, чѣмъ въ глиняныхъ.

Какъ для бѣлаго чугуна, такъ и для стали, идущихъ въ литье, обогащеніе этихъ металловъ кремніемъ при тигельной плавкѣ должно быть почти всегда полезнымъ:—кремній, воспринятый металломъ, препятствуетъ, во-первыхъ, выдѣленію газовъ, во-вторыхъ, уменьшаетъ усадку, вліяя на видъ углерода, а потому, въ обоихъ отношеніяхъ, способствуетъ полученію безукоризненнаго литья.

Насколько обогащеніе металла углеродомъ полезно или вредно,—все зависитъ отъ назначенія литья; во всякомъ случаѣ это надо имѣть въ виду и, надлежитъ предварительно подбирать соответствующую шихту.

При тигельной плавкѣ можетъ случиться также уменьшеніе содержанія кремнія и углерода тогда, когда содержимое тигля не было защищено отъ вліянія продуктовъ горѣнія при помощи крышки. Этимъ обстоятельствомъ иногда пользуются при плавленіи сѣраго чугуна.

III. Плавленіе въ пламенныхъ печахъ.

1. Главныя черты процесса.

Пламенные печи для плавленія чугуна вошли въ употребленіе съ половины прошлаго столѣтія; сталь начали плавить въ пламенныхъ (мартеновскихъ) печахъ только съ 1865 года; это могло наступить только послѣ изобрѣтенія сименсовскихъ печей (стр. 99), давшихъ впервые возможность пользоваться необходимыми высокими температурами.

Металлъ плавится прямо на поду при помощи протекающаго надъ нимъ пламени; здѣсь металлъ уже не защищенъ

отъ внѣшнихъ вліяній, какъ это было при тигельной плавкѣ; онъ подверженъ вполне всѣмъ химическимъ воздѣйствіямъ пламени и продуктовъ горѣнія.

Эти воздѣйствія заключаются, главнымъ образомъ, въ окисленіи. Газовый потокъ приходитъ въ соприкосновеніе съ плавящимся и расплавленнымъ металломъ; кромѣ азота, позаимствованнаго изъ сжигающаго воздуха и остающагося не измѣненнымъ, въ газахъ содержатся значительныя количества углекислоты, водяного пара и свободного кислорода;— всѣ эти тѣла являются сильными окислителями для различныхъ составныхъ частей желѣза. Чѣмъ больше уменьшается въ пламени количество свободного кислорода, тѣмъ больше въ немъ становится углекислоты и водяного пара и тѣмъ сильнѣе, на самомъ дѣлѣ, оказывается окислительное дѣйствіе пламени; рядомъ со свободнымъ кислородомъ находятся въ пламени еще не сгорѣвшія части—окись углерода и углеводороды; ихъ присутствіе препятствуетъ окисленію. Безъ нѣкотораго избытка кислорода было бы невозможно получить приблизительно полное горѣніе, а также температуру, достаточную для плавленія желѣза.

Окислительное дѣйствіе пламени обращается преимущественно противъ кремнія, марганца и углерода садки; равнымъ образомъ и металлическое желѣзо подвергается окисленію; при плавленіи окислы отдѣляются отъ металла. Порядокъ, въ которомъ названные тѣла подлежатъ выгоранію, зависитъ частію отъ процентнаго содержанія въ шихтѣ, частію отъ свойственнаго имъ сродства къ кислороду, зависящаго въ свою очередь отъ господствующей температуры, частію же отъ матеріала въ футеровкѣ печи. Нѣсколько подробнѣе объ этомъ будетъ сказано подъ рубрикой 4.

Если въ горючемъ заключается сѣра, то и тутъ не исключена возможность поглощенія этого тѣла жидкимъ металломъ.

Это устройство пламенныхъ печей, вкратцѣ здѣсь охарактеризованное, даетъ возможность переплавлять въ одинъ разъ гораздо болѣе значительныя садки, чѣмъ въ тигляхъ; въ то же самое время и горючее находитъ болѣе благопріятное использованіе. Вдобавокъ, въ пламенныхъ печахъ можно плавить большіе желѣзные куски, какъ то: бракованное литье, желѣзный ломъ, прибыли и проч.; ихъ не надо при этомъ подвергать сколько-нибудь значительному и часто довольно дорогому измельченію; это обстоятельство нерѣдко побуждаетъ пользоваться для переплавки пламенными печами, а не ниже описываемыми вагранками.

Вмѣстимость пламенной печи должна соответствовать величинѣ отдѣльныхъ садокъ; плавленіе малыхъ садокъ, не соответствующихъ вмѣстимости печи, повлекло бы за собой относительно большій расходъ горючаго (относительно вѣсовой

единицы расплавленного металла). Выпусканіе жидкаго металла до окончанія расплавленія всей садки не было бы цѣлесообразнымъ; до наступленія полного расплавленія металла, засаженного въ печь, не можетъ наступить сколько нибудь значительный перегрѣвъ его, точно такъ же, какъ температура воды при плавленіи льда не подымается выше 0° до тѣхъ поръ, пока остается еще не расплавленный ледъ. Нѣкоторый перегрѣвъ металла въ пламенныхъ печахъ такъ же необходимъ, какъ и при другихъ способахъ плавленія; этимъ путемъ, какъ показывается опытомъ, обыкновенно улучшаются качества металла и въ то же самое время, уравнивается охлажденіе металла, неизбежное при выпускѣ и отливкѣ.

Эти особенности литейныхъ пламенныхъ печей достаточно объясняютъ намъ, почему область ихъ примѣненія довольно ограничена. Для плавленія малыхъ количествъ металла эти печи вообще непригодны. Въ чугунолитейныхъ мастерскихъ ими пользуются, когда вся садка металла идетъ для отливки одного единственного, или же нѣсколькихъ крупныхъ предметовъ, напр. валковъ, и когда надо переплавлять крупные отбросы или браки, нелегко разбираемые. Въ сталелитейныхъ мастерскихъ пламенные (мартеновскіе) печи находятъ примѣненіе только при непрерывной работѣ печей; особенно онѣ пригодны въ томъ случаѣ, когда часть выплавляемаго металла идетъ въ производство болванокъ для прокатки, или для проковки; въ этомъ случаѣ литейная мастерская беретъ металлъ только въ количествѣ своего каждодневнаго потребленія. При плавленіи стали дѣло идетъ уже не съ такимъ простымъ процессомъ, какъ въ чугуноплавильныхъ пламенныхъ печахъ, но приходится вести металлургическое производство литого желѣза и стали изъ различныхъ другихъ желѣзныхъ продуктовъ.

2. Пламенные печи.

Расплавленный металлъ долженъ скопиться въ нѣкоторомъ опредѣленномъ мѣстѣ печи; подъ печи долженъ поэтому получать корыто-или гнѣздообразную форму; къ самому глубокому мѣсту печного пода должно примыкать выпускное отверстіе, (Stichloch, Stich;—taphole, tapping-hole;—trou de coulée, trou de percée) закрытое во время плавки при помощи глиняной пробки; выпускное отверстіе служить для опоражниванія печи.

Если не препятствуютъ какія-либо особенныя причины, то поду чугуноплавильныхъ печей придаютъ наклонное положеніе; плавимый металлъ кладется на самомъ возвышенномъ мѣстѣ. Благодаря этому, пламя можетъ сильно прогрѣть сборное гнѣздо еще до наступленія плавленія металла; съ самаго же начала плавленія жидкій металлъ сте-

каетъ къ самому глубокому, предварительно нагрѣтому мѣсту пода; здѣсь онъ скопляется, будучи такимъ образомъ предохраненъ передъ остываніемъ.

Чугуноплавильныя пламенные печи находятся обыкновенно въ дѣйствиі не ежедневно, а только по временамъ, когда нуженъ металлъ для соотвѣтственнаго крупнаго литья; простая колосниковая топка поэтому при нихъ бываетъ самой распространенной. Газовыя топки, являющіяся превосходными для многихъ другихъ цѣлей, во-первыхъ для даннаго случая дороги по своему устройству, а во-вторыхъ отличаются той особенностью, что польза ихъ дѣлается ощутительной только при болѣе продолжительномъ ихъ дѣйствиі. Особенно же это должно относиться къ сименсовскимъ печамъ, требующимъ по меньшей мѣрѣ 24 часа для своего разогрѣва; обыкновенная же пламенная печь всю свою задачу обыкновенно исполняетъ въ теченіе 6 до 8 часовъ нагрѣва, а затѣмъ стынетъ.

Было бы неразумительно въ такихъ случаяхъ обращаться къ сименсовскимъ или инымъ подобнымъ газовымъ печамъ.

Для выплавки стали въ пламенныхъ печахъ сименсовскія печи являются немнимою; уже было упомянуто, что по этой причинѣ сименсъ-мартеновская выплавка стали вообще возможна только при непрерывномъ производствѣ и надлежащемъ примѣненіи получаемыхъ при этомъ значительныхъ количествъ жидкаго металла.

Самое распространенное устройство чугунолитейной пламенной печи, съ колосниковой топкой, представлено на фиг. 13—15 въ $\frac{1}{50}$ натуральной величины. Изображенная печь предназначена для переплавки чугуна въ количествѣ до 5 тоннъ. Внутренность печи представляется въ видѣ канала, черезъ который протекаютъ газы отъ топки до дымовой трубы, непрерывно отдавая свое тепло окружающимъ стѣнкамъ и засаженному металлу. Несмотря на такую постоянную отдачу тепла, по всему поду печи должна господствовать высокая и приблизительно равномерная температура. Этой цѣли достигаютъ, суживая поперечное сѣченіе печи все болѣе и болѣе въ направленіи пламени, насколько только позволяетъ назначеніе печи; газы такимъ образомъ попадаютъ въ дымовую трубу чрезъ сравнительно узкій каналъ въ концѣ дымовой трубы, называемый боровкомъ (Fuchs; — flue; — echappement, rampant).

Чѣмъ уже поперечное сѣченіе печи, тѣмъ менѣе тепла отдаютъ газы, тѣмъ медленнѣе они охлаждаются; вдобавокъ, какъ показываетъ опытъ, устройствомъ боровка, по крайней мѣрѣ при пламенныхъ печахъ съ колосниковой топкой, достигается полное горѣніе и высокая температура. Дѣйствіе боровка должно быть вполнѣ одинаково съ дѣйствіемъ.

перехвата въ стеклахъ для керосиновыхъ лампъ; газовыя частицы по различнымъ направленіямъ устремляются къ узкому выходному отверстію, съ большою скоростью ударяются другъ о друга, и такимъ образомъ перемѣшиваются; онѣ находятъ здѣсь болѣе благопріятныя условія для химическаго соединенія, чѣмъ при параллельномъ теченіи частицъ. Стѣнки въ боровкѣ и вблизи его сильно нагрѣваются, благодаря быстро протекающему газовому потоку; это обстоятельство равнымъ образомъ способствуетъ сильному горѣнію не сгорѣвшихъ еще частицъ, находящихся въ выходящихъ газахъ ¹⁾).

Поэтому форма печи, самая благопріятная для использования горючаго, должна имѣть въ горизонтальномъ сѣченіи видъ трапеціи; въ вертикальномъ же разрѣзѣ сводъ, начиная отъ рѣшетки вплоть до боровка, долженъ все больше и больше приближаться къ поду.

Ради необходимости придавать рабочему пространству печи вмѣстимость, требуемую для скопленія расплавленного металла и для насаживанія болѣе крупныхъ кусковъ чугуна, приходится дѣлать болѣе или менѣе значительныя отступленія отъ этой формы.

Пламенные печи такой формы, какъ это изображено на чертежѣ, носятъ обыкновенно названіе гнѣздовыхъ или стаффордшайрскихъ печей.

Топочное пространство А отдѣлено отъ глубоко расположеннаго сборнаго гнѣзда В при помощи порога, лежащаго поперекъ печи.

Въ самомъ глубокомъ мѣстѣ сборнаго гнѣзда, со стороны одной изъ длинныхъ сторонъ печи, примыкаетъ выпускное отверстіе. Надъ нимъ помѣщается контрольное окно, запираемое при помощи дверцы Е (фиг. 15). Начиная отсюда, подъ печи все время повышается къ боровку; непосредственно передъ послѣднимъ находится у F въ печной стѣнкѣ достаточно большое окно, черезъ которое засаживается для плавленія чугуна. Во время плавленія окно бываетъ задѣланнымъ при помощи кирпичей.

Расплавленный чугунъ сплываетъ по печному поду навстрѣчу газовому потоку и собирается у порога. Дно сборнаго пространства должно быть предварительно сильно прогрѣто, во избѣжаніе охлажденія металла снизу во время

¹⁾ Чѣмъ дальше пламя отстоитъ отъ своего источника, т. е. отъ рѣшетки, тѣмъ обильнѣе присутствіе въ немъ продуктовъ полного горѣнія (углекислоты и водяного пара), тѣмъ болѣе разбѣдинены еще не сгорѣвшія частицы и свободный кислородъ и тѣмъ большая, слѣдовательно, представляется трудность для новыхъ химическихъ соединеній. По одной только этой причинѣ устройство боровка при выходѣ газовъ изъ пламенной печи полно громаднаго значенія для теченія процесса.

продолжительнаго стоянія; во все же продолженіе плавленія на расплавленный металлъ сверху должны постоянно дѣйствовать газы своимъ тепломъ.

Для достиженія этой цѣли необходимо, чтобы сводчатая покрыва печи слѣдовала формѣ пода, какъ это видно изъ чертежа; тотчасъ за порогомъ сводъ опускается и по возможности способствуетъ отклоненію газоваго потока къ поду и къ поверхности металла, собирающагося въ гнѣздѣ. Начиная отсюда, сводъ снова поднимается, какъ видно изъ прилагаемаго чертежа; въ этомъ мѣстѣ придаютъ своду еще нѣсколько большій подъемъ, чѣмъ поду, за счетъ использованія тепла ¹⁾; это дѣлается для засаживанія въ печь крупныхъ чугунныхъ кусковъ.

Устройство свода нѣсколько затрудняется его ломанной формой, а также теряетъ, благодаря этому, въ прочности. Чѣмъ сильнѣе сводъ опускается, тѣмъ лучше долженъ прогрѣваться чугунъ, собирающійся въ гнѣздѣ, и тѣмъ сильнѣе сводъ долженъ подвергаться въ этомъ мѣстѣ дѣйствию жара. Эту своеобразную форму свода устраиваютъ обыкновенно такимъ образомъ, что въ самомъ низкомъ мѣстѣ свода, поперекъ печи, даютъ дугу изъ лучшаго огнеупornaго матеріала; на этой дугѣ уже основываютъ правый и лѣвый своды.

Устойчивость этой дуги пытались иногда усилить такимъ образомъ, что внутри ея, въ кладкѣ, устраивали каналъ, въ нѣсколько сантиметровъ въ діаметрѣ, поперекъ всей печи; черезъ небольшую вытяжную трубу съ одной стороны этого канала долженъ былъ просасываться воздухъ. Болѣе старинная и менѣе распространенная форма литейной пламенной печи изображена на фиг. 16 и 17 ²⁾.

Чугунъ насаживается вблизи порога; расплавленный металлъ течетъ по поду въ одномъ направленіи съ газовымъ потокомъ и собирается въ концѣ печи; здѣсь въ короткой лобовой сторонѣ имѣется выпускное отверстіе. Газы уходятъ черезъ боровокъ, устроенный въ сводѣ печи. Контрольное отверстіе находится въ *b*.

¹⁾ Съ этимъ мнѣніемъ трудно согласиться; едва-ли не самое существенное значеніе для надлежащаго использованія горючаго въ печахъ описываемаго устройства имѣетъ именно этотъ значительный подъемъ свода; изъ чертежа легко усмотрѣть, что благодаря этому возвышенію газы могутъ опрокидываться кубаремъ; это послѣднее обстоятельство влечетъ за собою болѣе полную отдачу тепла въ рабочемъ пространствѣ печи.

Прим. Ред.

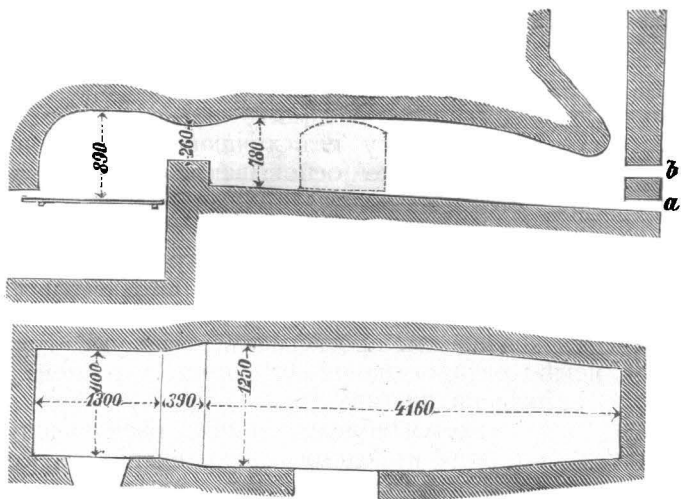
²⁾ Подобная печь съ половины прошлаго столѣтія, похожая, по своему устройству, почти вполнѣ на изображенное здѣсь устройство, имѣется въ сочиненіи Jars, Metallurgische Reisen, deutsch von Gerhard. Berlin 1777, Band I, S. 352. Изображенная здѣсь печь дѣйствуетъ въ одной изъ зигенскихъ чугунолитейныхъ мастерскихъ.

Печамъ этого рода приписываютъ менѣе благопріятное использование горючаго, хотя опытомъ не всегда оправдывается это мнѣніе. Болѣе существеннымъ упрекомъ должно было бы быть то обстоятельство, что расплавленный чугунъ въ этой печи сильнѣе подвергается окислительному дѣйствію упорнаго пламени, чѣмъ при гнѣздовыхъ печахъ.

Обыкновенно въ литейныхъ пламенныхъ печахъ въ одинъ разъ плавятъ не меньше 5000 клг. чугуна. Использование тепла въ печахъ, предназначенныхъ для большихъ садокъ, гораздо хуже, если въ нихъ поступаютъ небольшія садки; это вполнѣ очевидно.

При данной величинѣ садки можно для опредѣленія размѣровъ печи пользоваться слѣдующими относительными данными.

Фиг. 16 и 17.



Площадь пода (отъ порога до боровка) на каждые 1000 клг. переплавляемаго чугуна:

| | |
|--------------------------------------|------------------|
| при очень большихъ печахъ съ садкой, | 0,5 — 0,6 кв. м. |
| превышающей 5000 клг., | |
| при меньшихъ печахъ | 0,8 — 1,0 „ „ |

Длина пода 3 до 4 метр. (больше при длиннопламенномъ горючемъ, меньше при короткопламенномъ).

Величина всей колосниковой рѣшетки— $\frac{1}{3}$ площади пода (при большихъ печахъ поменьше, при меньшихъ—больше).

Величина живого сѣченія колосниковой рѣшетки— $\frac{1}{3}$ до $\frac{1}{2}$ всей рѣшетки.

Отношеніе между длиной (отъ задней печной стѣнки до порога) рѣшетки и ея шириной, какъ 1: 1 до 4: 5.

Вертикальное разстояніе отъ рѣшетки до верхняго края порога — 0,4 до 0,5 метровъ.

Ширина рабочаго пространства печи у порога равна ширинѣ колосниковой рѣшетки.

Величина пламеннаго окошка (сѣченіе печи между порогомъ и сводомъ) равна 0,5—0,7 всей колосниковой рѣшетки. Величина пламеннаго окошка, раздѣленная на величину ширины (=ширинѣ рѣшетки) даетъ величину высоты, т. е. разстояніе между верхнимъ краемъ порога и сводомъ. Весьма целесообразно этотъ размѣръ держать въ предѣлахъ 0,4 и 0,7 метра. Сѣченіе боровка $\frac{1}{9}$ до $\frac{1}{10}$ всей площади рѣшетки. Сѣченіе дымовой трубы въ самомъ узкомъ мѣстѣ $\frac{1}{5}$ всей площади рѣшетки. Высота дымовой трубы около 25 метровъ. Для усиленія тяги въ дымовую трубу часто съ успѣхомъ при пламенныхъ печахъ съ колосниковой топкой пользуются нижнимъ дутьемъ, т. е. слабо сгущенной струей воздуха, вводимой подъ колосники при закрытомъ поддувалѣ; однако при литейныхъ пламенныхъ печахъ получились менѣе благоприятные результаты;—температура возвышалась, продолжительность плавленія сокращалась, но въ то же самое время усиливалось окислительное дѣйствіе пламени и, легко могъ получиться бѣлый чугуны, если только недостаточно зорко слѣдили за дутьемъ.

Снаружи придаютъ пламеннымъ печамъ по возможности простую форму четырехугольнаго горизонтальнаго сѣченія. Прежде всего изъ кирпичнаго боя или цѣлыхъ кирпичей сооружаютъ фундаментъ—глубиной около 1 метра; на фундаментѣ ставятъ изъ обыкновеннаго кирпича основаніе печи и такъ называемый красный кожухъ, составляющій внѣшнюю оболочку печи и, наконецъ, въ кожухъ вставляется футеровка вмѣстѣ со сводомъ изъ отборнѣйшаго огнеупорнаго матеріала. Толщина футеровки можетъ быть 125 до 130 мм.; толщина же краснаго кожуха должна сообразоваться въ различныхъ мѣстахъ съ разстояніемъ между футеровкой и внѣшнимъ очертаніемъ печи, ибо главное назначеніе краснаго кожуха состоитъ въ заполненіи неправильныхъ промежутковъ. Тамъ, гдѣ футеровка идетъ параллельно внѣшней стѣнкѣ, красный кожухъ обыкновенно получаетъ толщину отъ 125 до 150 мм.

Для устраненія растрескиванія печи, вслѣдствіе движенія свода и расширенія при нагрѣваніи, всю печь облицовываютъ прочными чугунными плитами и связываютъ ихъ между собою поперечными тягами; въ чугунной облицовкѣ должны быть оставлены необходимыя отверстія для шурованія, насаживанія чугуна и т. д.

Подъ печь можетъ быть сдѣланъ изъ какого-нибудь пористаго матеріала (песокъ, шамотная мелочь и т. д.), забрасываемаго между вертикальными стѣнками печи; сверху хо-

рошо утрамбовывается слой массы (смѣсь огнеупорной глины съ кварцемъ, или шамотною мелочью) толщиною около 150 мм. Дымовая труба сооружается совершенно независимо отъ печи; боровакъ однимъ своимъ концомъ свободно входитъ въ трубу, такъ что онъ можетъ безпрепятственно удлиняться.

Относительно устройства пламенныхъ печей (мартеновскія печи), служащихъ для плавленія литой стали или литого желѣза, надлежитъ обратиться къ руководствамъ по металлургіи желѣза; уже было упомянуто, что плавленіе этихъ видовъ желѣза равносильно ихъ металлургической выплавкѣ. Для этой цѣли обыкновенно употребляются сименсовскія печи съ корытообразнымъ подомъ, вмѣстимостью въ 4 до 10 тоннъ, иногда же и больше.

3. Работы у печей и результаты ихъ дѣйствія.

Работы у чугунолитейныхъ пламенныхъ печей довольно несложны. Чугунъ насаживается въ печь черезъ рабочее окно и укладывается такъ, чтобы пламя касалось его возможно выгоднымъ образомъ. Обыкновенно эту работу исполняютъ передъ нагрѣвомъ печи; въ этомъ случаѣ имѣется больше времени для болѣе тщательнаго засаживанія матеріала; во время медленнаго нагрѣванія чугуна наступаетъ окисленіе еще до наступленія плавленія; ради возможнаго ограниченія окисленія чугуна было бы цѣлесообразнѣе засаживать его въ уже накаленную печь; расходъ горючаго при этомъ долженъ былъ бы оказаться менѣе благоприятнымъ. Работы у печи во время плавленія ограничиваются наблюденіемъ за топкой и за подомъ печи. Образовавшіяся на поду чугунныя настывы слѣдуетъ каждый разъ отдѣлять при помощи лома (Breachstange; — crowbar; — ringard) Послѣ полнаго расплавленія металла закрываютъ всѣ окна печи и, предоставляя металлъ самому себѣ, задаютъ въ теченіе нѣкотораго времени по возможности сильный жаръ; тогда только можно приступить къ выпуску металла при помощи насталеннаго лома. Все плавленіе обыкновенно продолжается отъ пяти до шести часовъ.

Плавленіе стали въ пламенныхъ печахъ требуетъ больше искусства и практическаго навыка.

Передъ посадкой въ печь стали обыкновенно предварительно засаживаютъ нѣкоторое количество чугуна; кремній, марганецъ и углеродъ послѣдняго должны предохранять въ печи желѣзо отъ сильнаго сжиганія; во время плавленія надо тщательно управлять температурой. Наконецъ въ ваннѣ появляется содержаніе кислорода и металлъ принимаетъ способность къ обильному выдѣленію газовъ; тогда вводится въ

ванну нѣкоторое количество кремнисто-марганцового чугуна, или же желѣзоалюминіевого сплава; кислородъ изъ металла удаляется и такимъ образомъ ослабляется выдѣленіе газовъ.

Въ пламенныхъ печахъ использование тепла, какъ это легко понять, происходитъ выгоднѣе, чѣмъ при тигельномъ плавлении; однако же и въ этомъ случаѣ весьма значительная часть всего выдѣленного тепла теряется бесполезно въ газахъ, уходящихъ въ дымовую трубу; само собой разумѣется, что эти газы вообще не должны быть охлаждаемы ниже температуры, требуемой въ печи; температура плавленія чугуна лежитъ по близости 1000 Ц.; поэтому продукты горѣнія должны покидать печь при полномъ ея ходѣ, по меньшей мѣрѣ при этой температурѣ.

Нѣкоторое использование теряющагося жара достигается въ сименсовскихъ печахъ при помощи ранѣе описанныхъ (стр. 101) приспособленій; почему эти печи не примѣнимы въ чугунолитейномъ дѣлѣ, было уже въ своемъ мѣстѣ объяснено. Расходъ горючаго въ чугунолитейныхъ пламенныхъ печахъ долженъ быть поэтому довольно значительнымъ.

При самыхъ благопріятныхъ обстоятельствахъ, слѣдовательно, при удачномъ устройствѣ печи, большой садкѣ и пользованіи превосходнымъ каменнымъ углемъ, въ среднемъ для плавленія 100 клг. чугуна требуется 35 клг. каменнаго угля; въ большинствѣ случаевъ этотъ расходъ исчисляется въ 40 до 70 клг.; при особенно неблагопріятныхъ обстоятельствахъ расходъ горючаго можетъ возрасти до 100 клг. и болѣе.

Угаръ металла (Abbrand;—loss, waste, decrease;—déchét, perte) обыкновенно составляетъ 5 до 7% относительно вѣса садки ¹⁾.

Подобныя же цифры получаются при плавленіи стали въ сименсовскихъ печахъ.

4. Химическій процессъ плавленія въ пламенныхъ печахъ.

Относительно химическихъ процессовъ при плавленіи чугуна въ пламенныхъ печахъ у насъ, къ сожалѣнію, имѣются только самыя общія наблюденія, основанныя болѣе на практическихъ взглядахъ, чѣмъ на химическомъ изслѣдованіи. Пламенные печи имѣются вообще только въ немногихъ чугунолитейныхъ мастерскихъ; тамъ же, гдѣ таковыя имѣются,

¹⁾ Литература о пламенныхъ печахъ для чугунолитейнаго дѣла: Wagner, Ueber den Bau von Gusstlammöfen und deren Betrieb—Oesterreichische Zeitschrift für Berg—und Hüttenwesen 1857, S. 115; E. F. Dürre, Handbuch des Eisengiessereibetriebes, Bd. I. S. 427—531, Bd. II. S. 119—152. A. Ledebur, die Verarbeitung der Metalle auf mechanischem Wege Braunschweig 1877, S. 233—264; A. Ledebur, die Oefen für metallurgische Prozesse, Freiberg 1878, S. 62, 102.

пользуются ими только ради спеціальной надобности. По этой причинѣ не было достаточнаго побужденія къ производству точныхъ изслѣдованій.

Однако же, наши свѣдѣнія относительно подобныхъ процессовъ, происходящихъ при дѣйствіи на чугуны окислительныхъ вліяній, даютъ намъ возможность составить себѣ надлежащую картину и для теченія плавленія въ пламенныхъ печахъ.

Уже было указано въ бесѣдѣ о плавленіи въ пламенныхъ печахъ, почему такое плавленіе является возможнымъ только при окислительномъ пламени, богатомъ свободнымъ кислородомъ, углекислотой и водянымъ паромъ:—безъ этого нельзя было бы получить температуры, необходимой для плавленія. Окисленіе чугуна наступаетъ еще до начала темнаго каленія; сильнѣе всего оно проявляется во время стеканія жидкаго чугуна по печному поду. Равнымъ образомъ жидкій чугунъ подвергается окислительному дѣйствію пламени и въ сборномъ пространствѣ (гнѣздѣ) печи, несмотря на предохранительный слой плавающихъ шлаковъ; эти послѣдніе образуются изъ расплавленныхъ частей футеровки и окисленныхъ частей чугуна ¹⁾).

Уже было упомянуто, что въ чугуны подвергаются окисленію кремній, марганецъ, углеродъ и само желѣзо. Изъ этихъ четырехъ тѣлъ менѣе всего способно къ выгоранію желѣзо; благодаря его значительному массовому преобладанію, нѣкоторое количество желѣза должно угорать съ самаго же начала; вотъ почему оно переходитъ отчасти въ шлакъ. Легче всего способенъ выгорать марганецъ; его способность къ образованію закиси марганца съ кислородомъ въ значительной степени усиливается благодаря соприкосновенію съ кремнеземистой печной набойкой; закись марганца, будучи сильнымъ основаніемъ, заимствуетъ изъ нея часть кремнезема. Приведенный въ примѣчаніи химическій составъ подобнаго шлака можетъ служить доказательствомъ этому. Это свойство марганца не остается безъ значенія для состава готоваго расплавленного металла. Марганецъ, выгорая самъ, предохраняетъ отъ горѣнія иныя составныя части чугуна; эти послѣднія угораютъ въ тѣмъ меньшемъ количествѣ, чѣмъ больше было въ садкѣ марганца. Слѣдующее мѣсто за марганцемъ въ ряду угорающихъ тѣлъ занимаетъ кремній. Весьма вѣроятно, хотя не доказано специальными опытами, что кремній можетъ быть вполне предохраненъ отъ угоранія при выборѣ садки со значительнымъ количествомъ марганца ²⁾).

¹⁾ Изслѣдованный мною шлакъ этого рода содержалъ въ %:
 Кремн., Закиси жел., Закиси марг., Глинозема, Извести, Магнезін
 49,72 15,93 20,04 5,05 7,98 слѣды

²⁾ Объ опытахъ этого рода при ваграночномъ плавленіи, касающихся взаимнаго отношенія между марганцемъ и кремніемъ будетъ сказано ниже.

Въ практикѣ переплавка подобной садки была бы безцѣльной; количество марганца въ садкѣ обыкновенно не бываетъ выше 2⁰/₀; по большей же части ниже. Въ этихъ случаяхъ постоянно угораеть часть кремнія вмѣстѣ съ марганцемъ въ тѣмъ большей степени, чѣмъ меньше въ садкѣ марганца.

При температурѣ плавленія чугуна углеродъ угораеть труднѣе вышеназванныхъ тѣлъ; на самомъ дѣлѣ можно вполне воспрепятствовать угоранію углерода; для сего надо только переплавлять садку со сравнительно значительнымъ содержаниемъ марганца и кремнія ¹⁾. Склонность углерода къ выгоранію возрастаетъ въ весьма значительной степени по мѣрѣ возвышенія температуры; при сильномъ перегрѣвѣ можетъ случиться, что часть углерода угораеть еще при нахожденіи въ ваннѣ марганца и кремнія.

Гораздо сильнѣе выступаетъ на сцену выгораніе углерода въ то время, когда названныя тѣла находятся въ незначительныхъ количествахъ. Прежде всего начинается обильнѣе выгорать желѣзо. Образуются сильно желѣзистые шлаки. Содержащаяся въ шлакахъ окись желѣза дѣйствуетъ окисляющимъ образомъ на углеродъ металла. Подымаются съ поверхности ванны голубые огоньки, состоящіе изъ окиси углерода. Шлакъ вспучивается. При охлажденіи взятой пробы онъ оказывается пузыристымъ. Равнымъ образомъ и чугунъ не даетъ уже плотнаго литья.

Умѣренное содержаніе въ садкѣ марганца оказывается не безъ значенія для доброкачественности получаемого чугуна; его дѣйствіе проявляется посредственно; онъ доставляетъ желѣзу и углероду защиту передъ угаромъ.

Фосфоръ въ обыкновенныхъ пламенныхъ печахъ съ кислотой набойкой не удаляется.

Нѣсколько десятиковъ лѣтъ тому назадъ испытывали отношеніе фосфора при плавленіи чугуна въ обыкновенныхъ пламенныхъ печахъ; пытались даже усилить выгораніе фосфора путемъ дѣйствія дутья на поверхность жидкаго металла; содержаніе фосфора въ садкѣ было 0,49⁰/₀, въ металлѣ же послѣ семичасового плавленія 0,51⁰/₀ ²⁾.

Мѣдь, сурьма и мышьякъ при плавленіи чугуна вообще не удаляются; они, во-первыхъ, окисляются труднѣе желѣза, а, во-вторыхъ, и безъ того находятся въ состояніи сильного разбавленія. Сѣра можетъ быть воспринимается изъ газовъ, содержащихъ ее; объ этомъ уже было говорено.

Для полученія заданнаго напередъ состава чугуна, необходимый составъ садки надо сообразовать со слѣдующими

¹⁾ Несомнѣнное доказательство этого можно видѣть въ многочисленныхъ анализахъ чугуна при пудлингованіи—равнымъ образомъ въ пламенныхъ печахъ—до и послѣ расплавленія. Примѣръ этого: A. Le-debur, Eisenhüttenkunde, 1894, S. 827.

²⁾ Preuss. Zeitschr. für Berg,—Hütten und Salienwesen, 1866, S. 155.

обстоятельствами: марганецъ садки выгораетъ въ количествѣ одной трети до половины; кремнія угорааетъ четверть до одной трети; углерода же не болѣе одной шестой; этотъ послѣдній угорааетъ тѣмъ менѣе, чѣмъ больше въ садкѣ марганца и кремнія; всѣ остальные постороннія тѣла остаются въ неизмѣненномъ количествѣ.

Относительно химическихъ процессовъ при плавленіи стали въ пламенныхъ печахъ надо обратиться къ сочиненіямъ по металлургіи желѣза. Законы этихъ процессовъ, въ своей основѣ, остаются тѣми же, что при плавленіи чугуна; однако, температура, составъ садки, свойства печной набойки и другія побочныя обстоятельства могутъ произвести нѣкоторыя отклоненія.

IV. Плавленіе въ вагранкахъ.

1. Главныя черты процесса.

Плавленіе въ вагранкахъ (Kupolofen;—cupola, cupola-furnace;—fourneau à manche, cubilot) вошло въ употребленіе въ европейскихъ чугунолитейныхъ мастерскихъ въ концѣ прошлаго столѣтія. Въ Китаѣ для переплавки чугуна еще много столѣтій раньше умѣли пользоваться небольшими печами съ дутьемъ; эти печи по ихъ устройству надо отнести къ разряду вагранокъ ¹⁾. Еще въ началѣ прошлаго столѣтія во Франціи были въ ходу передвижныя печи, равнымъ образомъ похожія по своему дѣйствію на теперешнія вагранки: ими пользовались странствующие литейщики, не успѣвшие придать своимъ печамъ сколько-нибудь выдающагося значенія. Къ концу 18 столѣтія развивается машиностроеніе; къ этому времени могуче возрастаетъ потребность въ чугунномъ литѣѣ; отчасти вслѣдствіе этого, отчасти же подругимъ ранѣе приведеннымъ причинамъ, чугунолитейному дѣлу пришлось все болѣе и болѣе отдѣляться отъ доменнаго производства; пришлось чугунолитейному производству приступить къ разрыву многовѣковой связи съ доменнымъ дѣломъ и перейти къ устройству собственныхъ переплавочныхъ печей для покрытія дневной потребности въ жидкомъ металлѣ. Еще ранѣе, для нѣкоторыхъ надобностей (напр., для отливки пушекъ) пользовались пламенными печами; эти послѣднія были признаны неудобными для ежедневнаго общаго употребленія; такимъ образомъ вошли въ употребленіе вагранки; вскорѣ онѣ сдѣлались необходимымъ плавильнымъ устройствомъ во

¹⁾ Подробнѣе объ этомъ вмѣстѣ съ рисунками: Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen, Band XVI, S. 191.

всѣхъ чугунолитейныхъ мастерскихъ, не имѣвшихъ возможности брать жидкій металлъ непосредственно изъ домны.

Вагранка представляется въ видѣ шахтной печи съ вертикальной осью и почти всегда круглымъ поперечнымъ сѣченіемъ. Черезъ верхнее отверстіе печи, называемое колошникомъ (Gicht;—mouth, furnace-top;—gueulard, gueule) забрасывается попеременными слоями горючее и подлежащій расплавленію чугунъ ¹⁾.

Воздухъ для горѣнія подводится въ нижнюю часть печи; такимъ образомъ здѣсь происходитъ горѣніе, выдѣленіе тепла и затѣмъ плавленіе. Расплавленный металлъ скопляется ниже воздушныхъ отверстій, называемыхъ фурмами, (Form;—tuyer;—tuyère) въ горну (Herd;—crucible, hearth;—creuset) вагранки; это въ послѣдній образуется или нижней частью самой печной шахты, или же такъ называемымъ шесткомъ (Vorherd;—fore-part;—devant d'un cubilot), представляющимъ собою пространство для скопленія металла, устроенное сбоку и соединенное съ шахтой при помощи канала. Расплавленный металлъ по временамъ выпускается изъ вагранки чрезъ выпускное отверстіе, примыкающее къ самой глубокой части горна.

Плавленіе можетъ непрерывно продолжаться до тѣхъ поръ, пока забрасываются въ вагранку свѣжіе матеріалы. Здѣсь нѣтъ поэтому ограниченія въ величинѣ садки, какъ при плавленіи въ пламенныхъ печахъ. Расплавленный чугунъ, стекая капельками между раскаленными до бѣла углями, безпрерывно подвергается сильному перегрѣву; нѣтъ поэтому надобности воздерживаться съ выпускомъ металла до тѣхъ поръ, пока садка цѣликомъ не расплавится; по мѣрѣ надобности можно брать изъ горна большія или меньшія количества жидкого металла, какъ только послѣдній расплавился; выпущенный металлъ безпрерывно возмѣщается вновь расплавленнымъ.

Уже однихъ этихъ преимуществъ было бы достаточно для доставленія ваграночному плавленію рѣшительнаго перевѣса надъ пламенными печами во всѣхъ обыкновенныхъ случаяхъ; по тому это вагранка является приборомъ, исключительно примѣняемымъ въ литейной мастерской для правильного доставленія ежедневной порціи металла тамъ, гдѣ не пользуются для литья металломъ непосредственно изъ домны; въ то же самое время, какъ уже выше было объяснено, пламенные печи употребляются только для особенныхъ надобностей.

При надлежащемъ устройствѣ использованіе тепла въ

¹⁾ Было бы совершенно безсмысленно примѣнять для вагранокъ газовое отопленіе, какъ это различнымъ образомъ пытались дѣлать; металлъ сильнѣе окислялся бы, а взамѣнъ этого не достигалось бы никакой пользы.

вагранки гораздо выгоднѣе, чѣмъ въ пламенныхъ печахъ. Горючее и металлъ, заброшенные въ вагранку, движутся внизъ, по направленію къ мѣсту горѣнія, получающіеся продукты горѣнія, неся съ собой выдѣленное тепло, поднимаются на встрѣчу вверхъ; они пробираются между отдѣльными кусками садки и отдаютъ имъ свое тепло.

Такое встрѣчное движеніе нагрѣвающихъ и нагрѣваемыхъ тѣлъ (газовъ и садки) имѣетъ громаднѣйшее значеніе для пользованія извлеченнаго тепла. Газы, поднимающіеся по шахтѣ, встрѣчаютъ все новые болѣе холодные слои нисходящей садки; во все это время они могутъ безпрестанно отдавать все болѣе своего тепла; можно себѣ вообразить, что при достаточной высотѣ печи газы могутъ выходить изъ печи, охладившись до температуры окружающаго воздуха.

Дѣйствительно уже при высотѣ печи въ 3 до 4 метровъ надъ фурмами, при прочихъ правильныхъ условіяхъ плавки, охлажденіе газовъ можетъ дойти до 50° Ц. Тепло, воспринятое отъ газовъ составными частями садки, снова переносится вмѣстѣ съ ними внизъ; въ области горѣнія и плавленія сберегается такимъ образомъ столько горючаго, сколько необходимо было бы для возмѣщенія тепла, извлеченнаго изъ газовъ въ верхнихъ слояхъ.

Это же самое обстоятельство способствуетъ къ полученію высокой температуры, необходимой для плавленія металла. Температура, господствующая въ области горѣнія и плавленія, возрастаетъ вмѣстѣ съ количествомъ вообще выдѣленнаго тепла и находится въ обратномъ отношеніи къ количеству тѣлъ, воспринимающихъ выдѣленное тепло ¹⁾.

Вслѣдствіе предварительнаго подогрѣва топлива и чугуна, при горѣніи перваго больше выдѣляется тепла и меньше поглощается, чѣмъ безъ подогрѣва; получается высшая температура, или же расходуется меньше топлива для достиженія нѣкоторой опредѣленной температуры.

Сырые горючіе матеріалы, опускаясь въ печи, передъ достиженіемъ области горѣнія, должны были бы подвергнуться разложенію и, выдѣлить значительныя количества бесполезныхъ газовъ, затрудняющихъ ходъ печи; поэтому въ вагранкахъ употребляется только обугленное топливо—коксъ и въ исключительныхъ случаяхъ древесный уголь. Чугунъ, заброшенный въ вагранку, постоянно находится въ соприкосновеніи съ горючимъ до тѣхъ поръ, пока онъ не попадетъ въ горнъ; расплавившись, онъ стекаетъ каплями на раскаленные угли. Чѣмъ ниже въ металлѣ содержаніе углерода, тѣмъ болшую склонность онъ имѣетъ къ воспринятію углерода изъ топлива; очень углеродистый чугунъ, при плавленіи въ ва-

¹⁾ Подробнѣе съ этимъ можно ознакомиться почти во всѣхъ руководствахъ по металлургіи, напр., A. Ledebur, Eisenhüttenkunde, 1894, S. 49.

гранкѣ, иногда теряетъ часть своего углерода при соприкосновеніи со вдуваемымъ воздухомъ, или кислородными продуктами горѣнія; металлъ съ меньшимъ содержаніемъ углерода, въ то же самое время поглощаетъ углеродъ изъ раскаленного топлива. Поэтому то изъ вагранки нельзя получать расплавленной стали; весь засаженный ковкій металлъ поглощаетъ при плавленіи значительныя количества углерода; онъ превращается въ чугуны.

Наименьшее содержаніе углерода въ металлѣ, выпущенномъ изъ вагранки, обыкновенно бываетъ 2,8%, хотя бы было засажено совершенно малоуглеродистое желѣзо.

Такимъ образомъ вагранка годится только для переплавки чугуна ¹⁾.

Чѣмъ лучше используется въ вагранкѣ горючее, т. е. чѣмъ меньше его требуется для плавленія металла, тѣмъ больше должно быть углекислоты въ продуктахъ горѣнія, тѣмъ сильнѣе послѣдніе окисляютъ плавящийся и расплавленный чугуны. При достаточномъ количествѣ горючаго и при извѣстномъ устройствѣ и дѣйствіи вагранки, можно получить въ продуктахъ горѣнія мало углекислоты и много окиси углерода, какъ при выплавкѣ чугуна въ домнахъ; въ такомъ случаѣ можно вполне предохранить чугуны отъ окисленія; въ первыхъ десятилѣтіяхъ послѣ введенія вагранокъ, дѣйствительно, такимъ образомъ работали, не отдавая себѣ должнаго отчета въ этомъ. При такомъ дѣйствіи вагранокъ получалась польза вслѣдствіе незначительнаго окисленія металла; однако она ничуть не соотвѣтствовала существенному въ этомъ случаѣ недостатку; расходъ горючаго былъ значителенъ.

Измѣненіе въ химическомъ составѣ металла обыкновенно выравнивается надлежащимъ выборомъ химическаго состава чугунной шихты.—При устройствѣ и дѣйствіи вагранокъ поэтому задаются рѣшеніемъ одной только задачи: вести плавку съ возможно малымъ расходомъ горючаго безъ всякаго вниманія на степень окисленія металла.

Не подлежитъ сомнѣнію, что и въ этомъ направленіи можно уйти слишкомъ далеко: иногда бываетъ полезнѣе расходовать больше горючаго и получать менѣе окислительныя газы. Рѣшаютъ здѣсь вопросъ мѣстныхъ условій, а равно и цѣна матеріаловъ плавленія.

2. Вагранки и ихъ принадлежности.

Углеродъ является существенной составной частью горючаго, употребляемаго для плавленія. Онъ можетъ доставить

¹⁾ Нѣкоторые продукты ваграночнаго плавленія, полученные при прибавленіи въ шихту стали, иногда выпускаются подъ именемъ „стальныхъ“; ложность этого названія была уже объяснена въ другомъ мѣстѣ.

два различные продукта горѣнія: окись углерода (химическая формула CO), при такъ называемомъ неполномъ горѣніи, и углекислоту (химическая формула CO_2), при полномъ горѣніи. Различія въ использованіи горючаго и въ окислительныхъ вліяніяхъ при ваграночной плавкѣ, уже приведенныя въ предыдущемъ изложеніи, опираются именно на этомъ явленіи. Углекислота содержитъ, при одномъ и томъ же количествѣ углерода, въ два раза больше кислорода, чѣмъ окись углерода; окись углерода даже при самыхъ высокихъ температурахъ не проявляетъ сколько-нибудь значительнаго вліянія на желѣзо; углекислота же отдаетъ раскаленному желѣзу половину своего кислорода, превращаясь въ окись углерода; поэтому углекислота дѣйствуетъ сильно окисляющимъ образомъ. Одинъ килограммъ углерода, сгорая въ углекислоту, даетъ тепла слишкомъ въ три раза болѣе, чѣмъ при горѣніи въ окись углерода ¹⁾.

Чѣмъ больше углекислоты и чѣмъ меньше окиси углерода образуется при ваграночномъ плавленіи, тѣмъ полнѣе достигается цѣль плавленія съ возможно малымъ расходомъ горючаго.

Для поощренія образованія углекислоты и для ослабленія образованія окиси углерода имѣются слѣдующія средства:

1. *Употребленіе плотнаго топлива.* Чѣмъ плотнѣе горючее, тѣмъ меньшую поверхность встрѣчаетъ соприкасающійся съ нимъ кислородъ; чѣмъ меньше поверхность соприкосновенія, тѣмъ меньше угольныхъ частицъ можетъ сжечь одно и то же количество кислорода. При образованіи углекислоты сгораетъ при помощи одного и того же количества кислорода на половину меньше углерода, чѣмъ при образованіи окиси углерода. По этой причинѣ болѣе плотный коксъ для вагранокъ оказывается болѣе подходящимъ горючимъ, чѣмъ менѣе плотный древесный уголь; послѣдняго идетъ для плавки одного и того же количества чугуна слишкомъ въ два раза больше, чѣмъ перваго. Чѣмъ коксъ плотнѣе, тѣмъ меньше его расходуется.

2. *Широкое распределеніе и слабое давленіе дутья.* Это средство равнымъ образомъ находитъ себѣ объясненіе преимущественно въ различныхъ отношеніяхъ поверхностей. Чѣмъ большею поверхностью воздухъ соприкасается съ горючимъ, тѣмъ больше кислородныхъ частицъ углеродъ встрѣчаетъ, тѣмъ больше образуется углекислоты. Воздухъ, входящій подъ сильнымъ давленіемъ, т. е. при значительной скорости и значительной живой силѣ, даетъ небольшую поверхность; угольные атомы встрѣчаютъ для себя только по одному кислородному атому; при соединеніи образуется окись углеро-

¹⁾ При горѣніи въ окись углерода 2473 калорій, а при горѣніи въ углекислоту 8080 калорій.

да. Воздушные фурмы въ вагранкахъ, дѣйствующихъ съ дутьемъ, должны быть такимъ образомъ соразмѣрены, чтобы давленіемъ дутья, измѣряемымъ на воздухопроводѣ манометромъ, преодолѣвалось только сопротивленіе матеріаловъ прохождению газовъ; здѣсь не должно быть такихъ суженій при входѣ газовъ въ печь, какъ при доменной печи.

3. *Быстрое плавленіе, слѣдовательно*, введеніе значительныхъ количествъ воздуха въ опредѣленное время. Углекислота, образовавшаяся передъ фурмами, при болѣе продолжительномъ соприкосновеніи съ горючимъ, получаетъ возможность превратиться въ окись углерода путемъ заимствования изъ горючаго второго атома ($\text{CO}^2 + \text{C} = 2\text{CO}$); результатъ получается такой, какъ будто бы два атома кислорода съ самаго же начала сгорѣли въ окись углерода¹⁾.

Чѣмъ меньше металла въ одной и той же печи переплавляется въ опредѣленное время, тѣмъ неблагоприятнѣе исчисляются всякія неизбѣжныя потери тепла (лучеиспусканіе и пр.) въ отношеніи тепла, употребленнаго съ пользой; тѣмъ больше, поэтому, долженъ получиться расходъ горючаго.

На правильномъ примѣненіи этихъ трехъ средствъ основывается успѣхъ всѣхъ многочисленныхъ, такъ называемыхъ ваграночныхъ системъ; со стороны изобрѣтателей и ихъ друзей часто распространяются рекламы, не соответствующія истинному значенію даннаго устройства вагранокъ. Каждая вагранка можетъ переплавлять чугуны съ малымъ расходомъ горючаго; надо только, чтобы она отвѣчала указаннымъ правиламъ и вообще не обладала несообразной формой.

Воздухъ для горѣнія подводится или при помощи дутья, или же, въ болѣе рѣдкихъ случаяхъ,—при помощи высасыванія продуктовъ горѣнія.

Поэтому можно различать вагранки съ дутьемъ и вагранки съ высасываньемъ газовъ.

Съ устройствомъ вагранокъ вообще познакомимся при нижеприводимыхъ примѣрахъ. Внутренняя облицовка состоитъ обыкновенно изъ хорошо пригнанныхъ шамотныхъ кирпичей. Для предохраненія отъ поврежденій кирпичную кладку закрываютъ въ желѣзные кожухъ, склепанный изъ листового желѣза толщиной въ 10 мм.

Послѣ каждого плавленія внутри вагранки требуются нѣкоторыя исправленія футеровки; для сего имѣется входное окно; передъ плавленіемъ его закрываютъ кладкой и запираютъ соответственной дверью. Къ выпускному отверстию,

¹⁾ По этой причинѣ вредна слишкомъ большая высота вагранки. Хотя въ этомъ случаѣ происходитъ болѣе совершенная передача тепла отъ газовъ матеріаламъ плавленія, однако же имѣется еще болѣе вредное разложеніе углекислоты при болѣе энергичномъ соприкосновеніи газовъ съ горючимъ.

примыкающему къ самому глубокому мѣсту горна, придѣлывается желобъ, выложенный огнеупорной массой; при помощи этого желоба расплавленный металлъ стекаетъ въ подставленные ковши или котлы.

Примѣры построенныхъ вагранокъ.

а. Вагранки съ дутьемъ.

Старинныя формы вагранокъ.

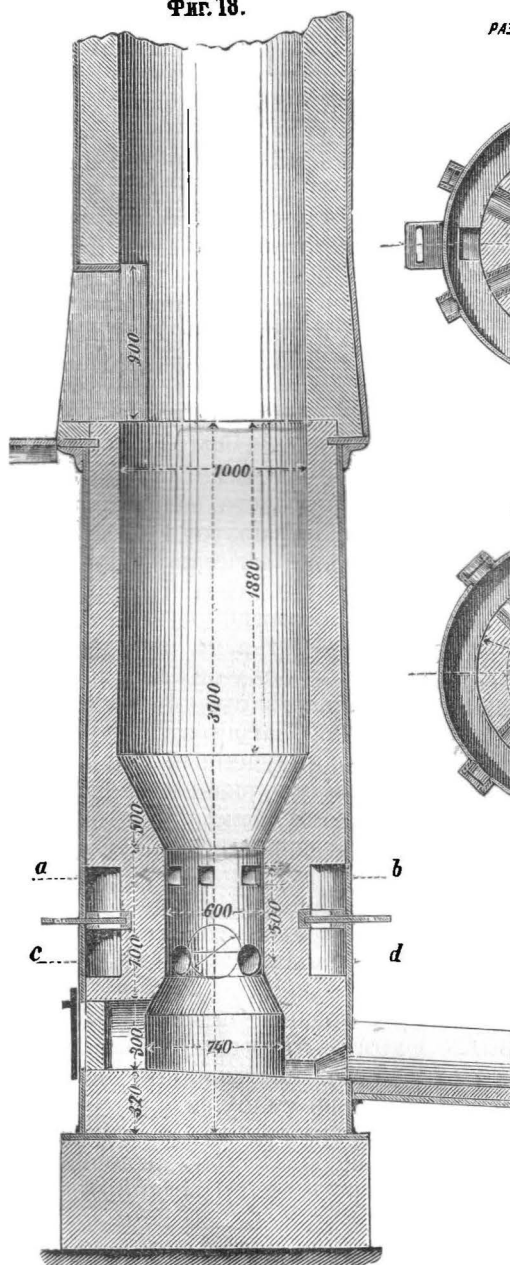
Въ первыя нѣсколько десятилѣтій послѣ введенія въ употребленіе вагранокъ смотрѣли на вагранку вообще какъ на доменную печь въ уменьшенномъ масштабѣ; поэтому то строили вагранки по правиламъ, испытаннымъ при доменной печи въ теченіе ея нѣскольковѣкового существованія. Вагранкѣ давали одну, много двѣ воздушныя фурмы небольшого діаметра; дутье употреблялось сильно сгущенное. Въ результатѣ горѣніе происходило такъ же, какъ при доменной печи: горючее сгорало цѣликомъ или большей частью въ окись углерода; эта послѣдняя вполнѣ сгорала только у колошника, давая, при притокѣ внѣшняго воздуха, длинное жаркое пламя;¹⁾ расходъ горючаго былъ, по теперешнимъ нормамъ, необычайно великъ. Еще теперь кое-гдѣ въ захолустьи можно встрѣтить въ дѣйствиіи вагранку, построенную по этому старому образцу.

Усовершенствованія дѣлались въ этой области мало-помалу, чисто опытнымъ путемъ. Увеличили число воздушныхъ фурмъ и ихъ діаметры; къ немалому удивленію увидѣли, что этимъ путемъ при той же работѣ дутья, что и раньше, не только переплавлялось большее количество чугуна, чѣмъ раньше, но и въ горючемъ можно было сдѣлать сбереженіе. Такимъ образомъ былъ приготовленъ путь для перехода къ нынѣ употребительнымъ болѣе совершеннымъ формамъ вагранокъ.

Вагранка Ireland'a (Айрленда) и ея видоизмѣненія. Эта вагранка впервые была построена англичаниномъ Ireland'омъ около 1860 года; она принадлежитъ къ старѣйшимъ системамъ, цѣлесообразно примѣнившимъ вышеприведенныя правила постройки вагранокъ. Чертежъ (фиг. 18, 19, 20) показываетъ намъ ея первоначальное устройство, встрѣчаемое иногда еще и теперь. Дутье сбоку (на фиг. 19 можно видѣть воздухопроводъ) попадаетъ прежде всего въ распредѣ-

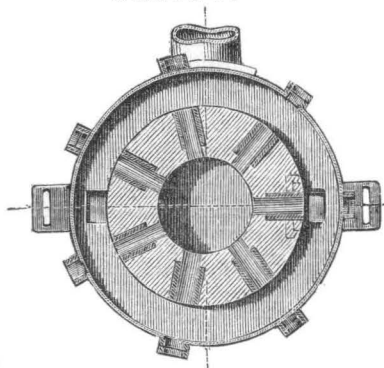
¹⁾ Доменная печь служить для восстановительнаго плавленія желѣзныхъ рудъ, а не для переплавки уже готового чугуна; образованіе въ домнѣ окиси углерода является поэтому необходимостью; слѣдовательно, обѣ печи исполняютъ совершенно различныя назначенія; въ былое время не отдавали себѣ въ этомъ отношеніи должнаго отчета.

Фиг. 18.



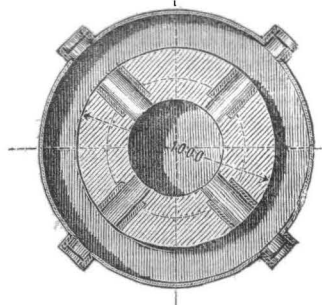
Фиг. 19.

РАЗРѢЗЪ по а-б



Фиг. 20.

РАЗРѢЗЪ по с-д



лительный каналъ, окружающій печь между кирпичной кладкой и желѣзнымъ кожухомъ; отсюда уже черезъ два ряда фурмъ проходитъ оно въ печь. Распредѣлительный каналъ раздѣленъ желѣзнымъ кольцомъ на два отдѣленія, находящіяся другъ надъ другомъ; оба они сообщаются между собой при помощи двухъ отверстій, закрываемыхъ заслонками (фиг. 18).

Дутье проходитъ сначала въ нижнее, а отсюда уже въ верхнее отдѣленіе канала. Цѣль этого устройства заключается въ возможности лучшаго прогрева горна при задувкѣ печи и болѣе совершеннаго предохраненія расплавленного металла отъ охлаждения. Прежде всего закрываютъ обѣ заслонки и направляютъ дутье черезъ нижнія фурмы; какъ только чугунъ сталъ плавиться и стекающія капельки появились передъ фурмами, тотчасъ открываются заслонки и дуютъ черезъ оба ряда фурмъ.

Въ нижнемъ поясѣ находится, какъ видно изъ фиг. 20, четыре широкихъ фурмы (на данномъ чертежѣ по 150 мм. въ діаметрѣ), въ верхнемъ же семь болѣе узкихъ (100 мм. въ сторонѣ квадрата). Въ большей части вагранокъ Ireland'a число верхнихъ фурмъ бываетъ въ полтора до двухъ разъ больше числа нижнихъ, живое же сѣченіе послѣднихъ составляетъ только половину до двухъ третей первыхъ. При этомъ устройствѣ строитель несомнѣнно имѣлъ въ виду, путемъ хорошо распредѣленнаго дутья въ верхнемъ поясѣ, сжечь окись углерода, образовавшуюся у нижняго пояса; нельзя не признать этому стремленію нѣкоторой доли справедливости; въ сущности же болѣе благоприятные результаты въ отношеніи расхода горючаго, полученные при вагранкахъ Ireland'a и всѣхъ позднѣйшихъ ея видоизмѣненій безъ сомнѣнія надо приписать широкому выполненію вышеприведеннаго правила: большое общее живое сѣченіе воздушныхъ фурмъ и широкое распредѣленіе дутья.

Подобно почти всѣмъ новѣйшимъ вагранкамъ каждая воздушная фурма снабжена контрольнымъ отверстіемъ; оно закрывается крышкой со вставленной слюдяной пластинкой; черезъ послѣднюю можно наблюдать картину плавленія внутри печи. Въ случаѣ образованія шлаковыхъ настелей по краямъ воздушныхъ фурмъ, открываютъ крышку контрольнаго отверстія и отбиваютъ настели при помощи желѣзнаго лома, введеннаго въ печь снаружи.

На фиг. 18 внизу слѣва можно видѣть задѣланное входное окно, закрытое къ тому же желѣзной заслонкой; справа находится выпускное отверстіе и подведенный къ нему выпускной желобъ.

Для отвода продуктовъ горѣнія непосредственно на шахтной кладкѣ вагранки устанавливается неизбѣжная дымовая труба; имѣющее въ ней отверстіе (видимое слѣва на фиг.

18) служить для забрасыванія въ печь матеріаловъ плавленія.

Кромѣ способа распредѣленія дутья для давнишнихъ печей Ireland'a характерно еще суженіе печной шахты въ области фурмъ. Ireland имѣлъ въ виду достигнуть высшей температуры горѣнія путемъ ограниченія горѣнія въ маломъ пространствѣ¹⁾. Безъ сомнѣнія такое устройство благоприятно для процесса плавленія; однако, не лишено оно и недостатка; сильное суженіе шахты легко можетъ оказывать препятствія при сходѣ матеріаловъ плавленія; послѣдствіемъ этого можетъ быть ихъ застреваніе, т. е. полная остановка ихъ схода; кромѣ того въ суженномъ мѣстѣ обыкновенно очень быстро выгораетъ печная кладка. Наконецъ, нельзя забывать, что дутье и газы въ суженномъ мѣстѣ встрѣчаютъ большее сопротивленіе, чѣмъ въ широкомъ пространствѣ; поэтому воздуходувная машина, при томъ же расходѣ работы, подаетъ меньше дутья, чѣмъ при широкихъ вагранкахъ; плавленіе же идетъ медленнѣе.

Въ новѣйшихъ печахъ этого рода по большей части находятъ поэтому болѣе умѣстнымъ не вводить въ вагранку суженія, а сообщать шахтѣ цилиндрическую или почти цилиндрическую форму.

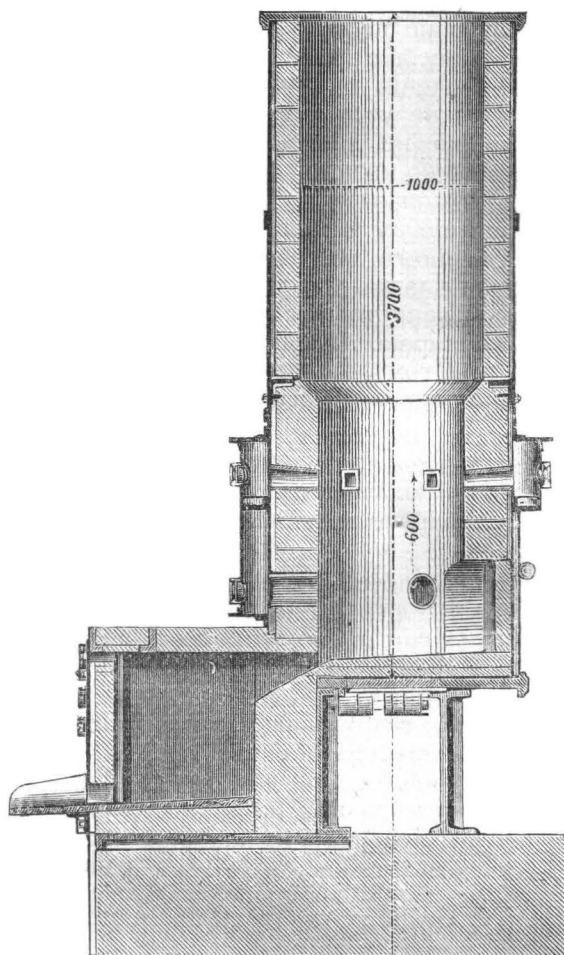
Главное достоинство прежнихъ печей Ireland'a,—распредѣленіе дутья при помощи двухъ фурменныхъ поясовъ,—при новѣйшихъ устройствахъ сохранено, но устраненъ ихъ существенный недостатокъ.

Печь этого рода, съ примѣненнымъ къ ней шесткомъ, изображена на фиг. 21—24. Распредѣлительный каналъ для дутья прилепанъ здѣсь снаружи печного кожуха; онъ раздѣленъ, какъ и при прежнихъ печахъ, на два отдѣленія; эти послѣднія соединяются между собою при помощи колѣнчатого подтрубка, снабженнаго горловымъ клапаномъ (на фиг. 22 справа). Во всѣхъ прочихъ отношеніяхъ дутье распределяется совершенно такъ же, какъ и раньше.

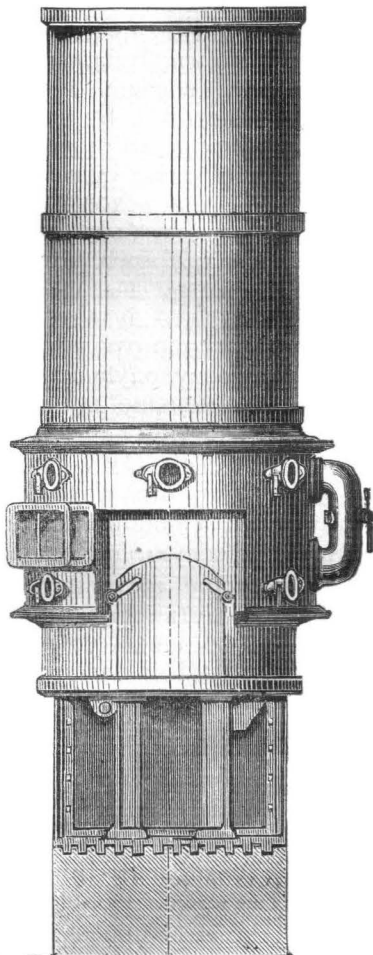
Шахта и при этой печи въ нижней части нѣсколько уже, чѣмъ въ верхней; это дѣлается не столько ради самого хода плавленія, сколько скорѣе ради болѣе быстрого выгоранія въ этомъ мѣстѣ печной кладки; поэтому то находятъ полезнымъ въ нижней части печи напередъ давать кладкѣ большую толщину. Какъ видно изъ фиг. 21, по той же причинѣ верхняя тонкостѣнная кладка вагранки покоится на кольцѣ изъ углового желѣза, прилепанномъ къ печному кожуху; такимъ образомъ оказывается возможнымъ смѣнять

¹⁾ Чѣмъ меньше пространство, въ которомъ выдѣляется извѣстное количество тепла, тѣмъ меньше имѣется тамъ тѣлъ, тотчасъ же поглощающихъ тепло, тѣмъ выше поэтому должна быть получаемая температура.

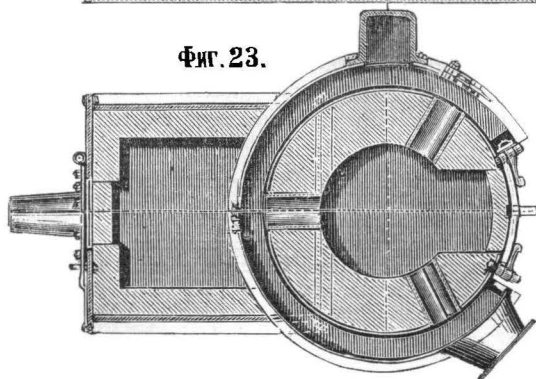
$\frac{1}{4}$ НАТ.ВЕЛ.
Фиг. 21.



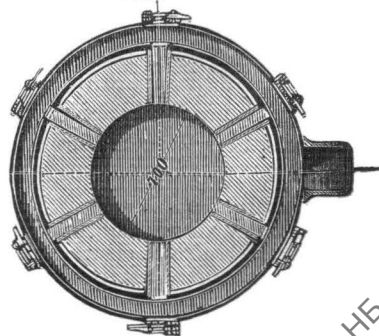
Фиг. 22



Фиг. 23.



Фиг. 24.



нижнюю часть печи безъ вреда для верхней. Шестокъ имѣтъ четырехугольную призматическую форму; онъ облицованъ чугунными плитами и снабженъ сводчатой перекрышей; спереди въ шесткѣ имѣется дверь съ прикрѣпленнымъ къ ней чугуннымъ желобомъ; она поворачивается на петляхъ и запирается задвижкой. Чугунная донная плита собственно печи спереди опирается на задней плитѣ шестка, а сзади на двухъ чугунныхъ колонкахъ; въ ней имѣется отверстіе, соответствующее почти внутреннему диаметру печи; на время плавки оно снизу закрывается чугунной дверцей. Послѣ окончанія плавки открываютъ эту дверцу и такимъ образомъ весьма просто опоражниваютъ печь отъ остатковъ кокса и шлаковъ.

Описанное устройство шестка впервые было введено въ употребленіе Krigar'омъ, изобрѣтателемъ собственной системы вагранокъ, подробно описываемыхъ ниже.

Только-что описанная вагранка Ireland'a можетъ служить прототипомъ многочисленныхъ ея видоизмѣненій; съ теченіемъ времени входили въ употребленіе многія видоизмѣненія, иногда съ бойкой рекламой, но безъ особенныхъ нововведеній. Разстоянію между обоими фурменными поясами иногда сообщали значительно большее разстояніе, чѣмъ въ изображенной печи; верхній поясъ фурмъ помѣщался такимъ образомъ вблизи колошника; однако, при этомъ не достигалось никакой выгоды. Въ иныхъ случаяхъ оси воздушныхъ фурмъ устанавливались подъ угломъ къ радіусу сѣченія для устраненія столкновеній воздушныхъ струй; или же вмѣсто двухъ фурменныхъ поясовъ устраивался только одинъ, но, взамѣнъ того, фурмамъ придавалось большее сѣченіе ¹⁾ и т. д.

Не подлежитъ сомнѣнію, что всѣ подобныя вагранки могутъ переплавлять чугунъ со сравнительно малымъ расходомъ кокса и съ требуемымъ перегрѣвомъ, если только вдувается количество дутья, соответствующее сѣченію шахты вагранки; нельзя, однако же, утверждать, чтобы эти вагранки отличались передъ другими совершенно особенными преимуществами.

Вагранка Greiner'a и Erpf'a.

Эта вагранка появилась въ 1885 году; съ тѣхъ поръ объ ней много говорилось и она вошла въ употребленіе въ различныхъ чугунолитейныхъ мастерскихъ; ея устройство основано на тѣхъ же основныхъ взглядахъ, что и вагранки Ireland'a: именно на примѣненіи двухъ фурменныхъ поясовъ, изъ коихъ верхній предназначенъ для сожиганія окиси

¹⁾ Еще передъ Ireland'омъ въ пятидесятыхъ годахъ Schmahel строилъ вагранки съ многочисленными фурмами, расположенными въ одной плоскости или же по винтовой линіи. Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1855, Seite 170, 187.

углерода, полученной передъ нижнимъ. Изобрѣтатели ¹⁾ прямо характеризуютъ свою вагранку „отдѣльнымъ сжиганіемъ окиси углерода.“

Вмѣсто горизонтальнаго верхняго пояса фурмъ вагранки Ireland'a и ея видоизмѣненій, вагранка Greiner'a и Erpf'a, какъ видно изъ фиг. 25 и 26 ²⁾, получила распредѣленіе верхнихъ фурмъ вокругъ печи по крутой винтовой линіи; число фурмъ больше, а ихъ діаметръ меньше, чѣмъ при большей части подобныхъ прежнихъ вагранокъ.

Этимъ устройствомъ имѣется въ виду распредѣлить сжиганіе окиси углерода на большемъ пространствѣ, чѣмъ до сихъ поръ; этимъ путемъ должно быть избѣгнуто слишкомъ значительное повышеніе температуры въ одномъ мѣстѣ, влекущее за собой разложеніе углекислоты въ окись углерода при помощи углерода топлива. Каждая изъ верхнихъ фурмъ можетъ быть закрыта путемъ отвинчиванія соотвѣтственнаго подводящаго подтрубка; такимъ образомъ прежде всего имѣется возможность путемъ опыта установить, на какой высотѣ отъ нижняго пояса фурмъ можетъ быть подведено дутье безъ накаливанія кокса, но при появленіи синихъ огоньковъ, свидѣтельствующихъ о горѣніи окиси углерода.

Нельзя обойти молчаніемъ, что эта теорія находитъ нѣкоторое оправданіе въ практикѣ: анализы колошниковыхъ газовъ ³⁾ показываютъ, что на самомъ дѣлѣ въ вагранкѣ Greiner'a и Erpf'a эти газы бѣднѣ окисью углерода, чѣмъ въ большей части другихъ печей. Расходъ горючаго оказался сравнительно низкимъ; это отчасти надо приписать болѣе тщательному регулированію подвода дутья, отчасти же весьма быстрому ходу плавленія, благодаря значительному количеству дутья, обусловленному изобрѣтателями ⁴⁾.

Нельзя, однако, утверждать, что въ иныхъ цѣлесообразно устроенныхъ вагранкахъ нѣтъ возможности достигнуть такихъ же благоприятныхъ результатовъ дѣйствія при употребленіи одинаковаго горючаго и при подводѣ одинаковаго количества дутья.

Изъ чертежа довольно ясно видно, какимъ образомъ производится подводъ дутья.

¹⁾ Greiner u. Erpf изъ Chisnovoda; въ Германіи ихъ представителемъ состоитъ Fritz W. Lürmann изъ Osnabrück'a. Въ Россіи владѣльцемъ привилегіи, насколько извѣстно редакціи настоящаго перевода, состоитъ инженеръ Бѣлинскій въ г. Житомирѣ.

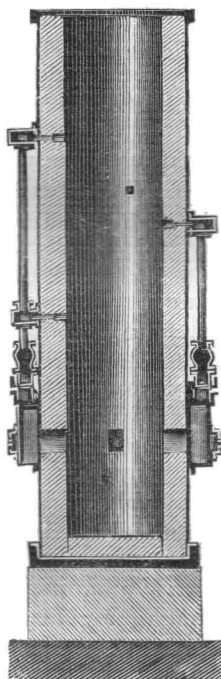
²⁾ Согласно „Stahl und Eisen“ 1886. S. 97.

³⁾ Въ изложеніи химическихъ процессовъ при плавленіи въ вагранкахъ будутъ приведены анализы колошниковыхъ газовъ изъ различныхъ вагранокъ.

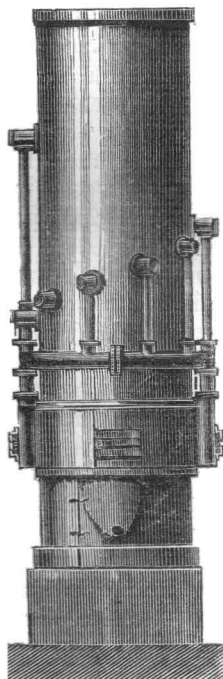
⁴⁾ Раньше было уже упомянуто, насколько быстрое плавленіе ведетъ къ уменьшенію расхода горючаго.

Подобно большинству новѣйшихъ вагранокъ Ireland'a, нижній поясъ фурмъ получаетъ здѣсь дутье изъ распределительнаго канала, окружающаго печь. Къ верхнимъ фурмамъ дутье идетъ изъ общей кольцеобразной трубы при помощи вертикальныхъ подтрубокъ; каждый подтрубокъ снабженъ горловымъ клапаномъ для тщательнаго регулированія притока дутья къ каждой отдѣльной фурмѣ. Тщательное управленіе дутьемъ при этой вагранкѣ въ практикѣ нѣсколько затруднительно; для успѣшнаго же дѣйствія вагранки оно необходимо:—нельзя допускать ни накаливанія

Фиг. 25.



Фиг. 26.



горючаго въ верхней части печи, ни вводить дутья въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ окись углерода уже слишкомъ разбавлена въ газовой смѣси, а температура слишкомъ низка для возможности горѣнія вообще. Пользованіе дутьемъ въ этомъ случаѣ было бы равносильно напрасной потерѣ движущей силы воздуходувнаго прибора.

Вагранка Krigar'a была изобрѣтена около середины шестидесятихъ годовъ текущаго столѣтія Heinrich'омъ Krigar'омъ, владѣльцемъ чугунолитейнаго завода въ Ганноверѣ (фирма Krigar und Ihssen); благодаря своеобразному устройству и необычайно низкому расходу горючаго по тогдаш-

нимъ условіямъ, эта вагранка надѣлала довольно много шума; еще и теперь не въ маломъ числѣ чугунолитейныхъ мастерскихъ она дѣйствуетъ съ хорошимъ успѣхомъ, или въ своей первоначальной формѣ, или въ позднѣйшихъ видоизмѣненіяхъ.

Вмѣсто многочисленныхъ отдѣльныхъ фурмъ Krigar воспользовался при своихъ первыхъ вагранкахъ двумя широкими отверстиями; они были расположены другъ противъ друга и достигали печного пода, будучи перекрыты сверху сводомъ; высота отверстій обыкновенно составляла 500 до 700 мм., а ширина $\frac{1}{5}$ до $\frac{1}{6}$ внутренней окружности печи. Дутье къ обоимъ отверстиямъ поступало изъ кольцеобразнаго распредѣлительнаго канала. Это устройство вагранки слѣдовательно самымъ совершеннымъ образомъ удовлетворяло задачѣ введенія въ печь дутья широкими путями; хорошій успѣхъ не замедлилъ подтвердить цѣлесообразности даннаго устройства.

Шестокъ, въ новѣйшее время употребляемый при различныхъ системахъ вагранокъ, (напр., при вагранкѣ, изображенной на фиг. 21—24), равнымъ образомъ является изобрѣтеніемъ Krigar'a.

Этимъ устройствомъ достигается то преимущество, что процессы горѣнія и плавленія не зависятъ отъ высоты металла, скопленнаго въ горну вагранки; оно особенно умѣстно для вагранокъ, принужденныхъ скоплять для одного выпуска болѣе значительныя количества металла.

Съ другой стороны достаточно прогрѣтъ шестокъ и избѣжать охлажденія жидкаго металла труднѣе, чѣмъ при горнѣ, находящемся непосредственно подъ областью плавленія; по этой причинѣ не всегда находятъ умѣстнымъ обращаться къ устройству шестка при вагранкахъ, не требующихъ болѣе значительнаго скопленія металла.

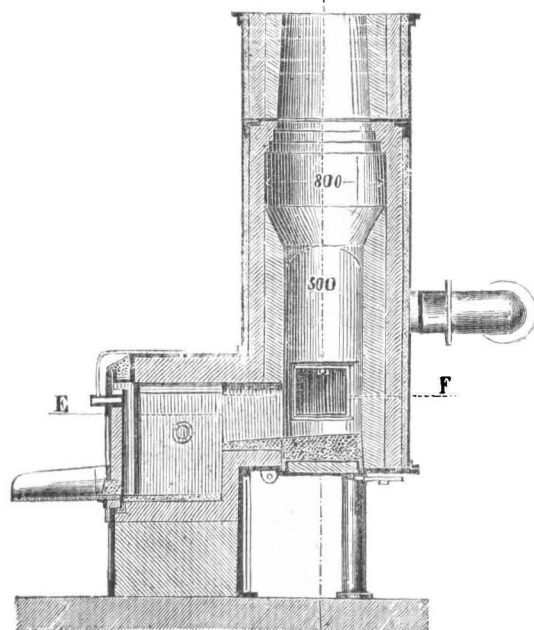
Съ теченіемъ времени, какъ нынѣ покойный изобрѣтатель, такъ и его наслѣдники произвели въ вагранкѣ нѣкоторыя измѣненія. Новѣйшая вагранка Krigar'a изображена на фиг. 27—32¹⁾. Изъ распредѣлительнаго канала дутье уже не поступаетъ въ печь, какъ раньше, во все сѣченіе обоихъ широкихъ воздушныхъ окошекъ; оно вдувается черезъ двѣ узкія щели на (фиг. 29), направленные внизъ и имѣющія ширину, равную ширинѣ воздушныхъ окошекъ (въ изображенной вагранкѣ 400 мм.) Для лучшаго распредѣленія дутья обѣ щели расположены на различныхъ высотахъ надъ подомъ; поэтому сводчатая воздушная окошки прежней печи отчасти здѣсь потеряли свое первоначальное значеніе; однако, для введенія въ печь небольшихъ количествъ дутья прежнимъ образомъ, патроны контрольнаго и очистнаго отверстій, какъ видно изъ

¹⁾ Привилегирована въ Италіи, Сѣверной Америкѣ и Россіи.

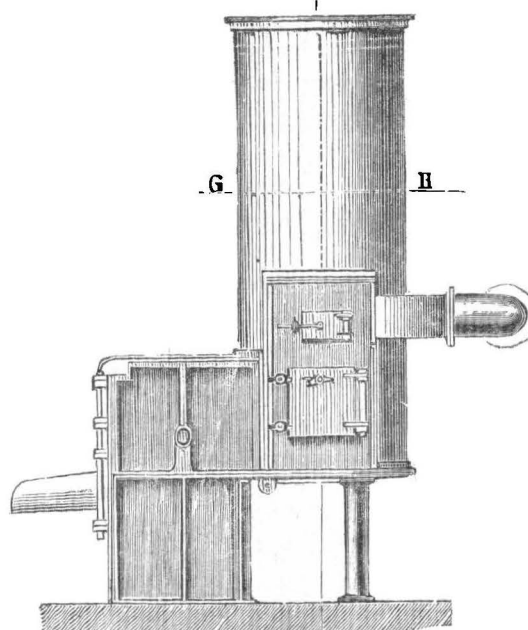
Вагранка Krigar'a

$\frac{1}{50}$ натур. вел.

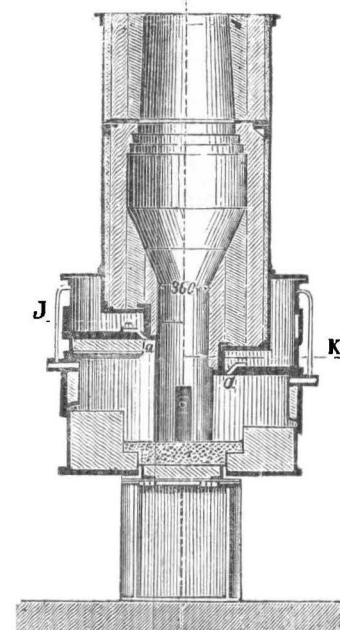
Фиг. 27.



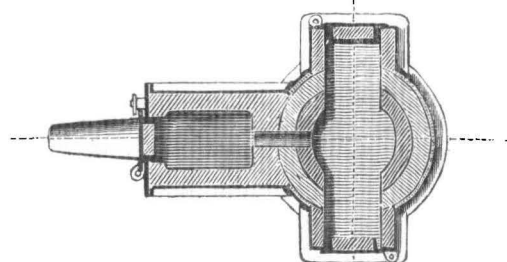
Фиг. 28.



Фиг. 29.

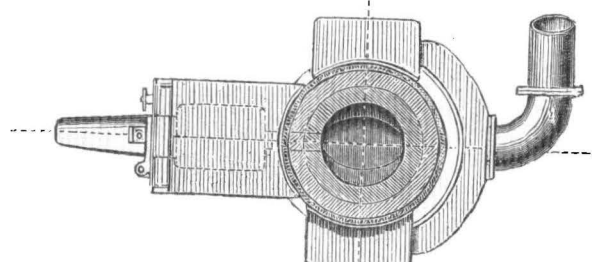


Фиг. 30.



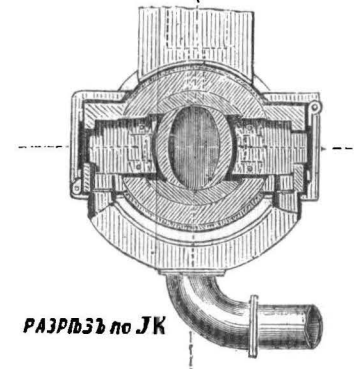
РАЗРѢЗЪ по ЕК'

Фиг. 31.



РАЗРѢЗЪ по БН.

Фиг. 32.



РАЗРѢЗЪ по JK

НБ
УДУНТ
ИПБТ

фиг. 29, соединены небольшой трубкой съ каждымъ изъ обоихъ воздушныхъ ящиковъ, подающихъ въ вагранку дутье. Эти воздушные ящики входятъ довольно глубоко въ вагранку и предохраняются кирпичной кладкой. Шахта, благодаря этому, получаетъ въ плавильномъ пространствѣ суженное сѣченіе эллиптической формы; этимъ путемъ, какъ и при старѣйшихъ вагранкахъ Ireland'a, достигается болѣе высокая температура, но въ то же самое время затрудняется сходъ матеріаловъ, особенно при меньшихъ вагранкахъ.

Въ качествѣ преимуществъ вагранокъ Krüger'a выставляють, что воздухъ для горѣнія раньше чѣмъ, достигнуть металла, встрѣчаетъ коксъ, скатившійся въ широкія воздушныя отверстія; такимъ образомъ заблаговременно поглощается свободный кислородъ; затѣмъ, что воздушныя отверстія не затягиваются шлакомъ; вовсе не требуютъ прочистки и совершенно предохранены отъ поврежденія.

Вагранка *Ibrügger'a* изобрѣтена въ началѣ восьмидесятыхъ годовъ *Gustav'омъ Ibrügger'омъ* (владѣльцы привилегіи фирма *Dirks & Komp. въ Leer въ Ганноверѣ*). Фиг. 33 и 34 показываютъ устройство этой вагранки, равнымъ образомъ довольно распространенной ¹⁾. Подводъ дутья подобенъ здѣсь подводу нѣкоторыхъ новѣйшихъ вагранокъ Ireland'a: два пояса фурмъ, устроенные на значительномъ разстояніи другъ надъ другомъ, получаютъ дутье при посредствѣ двухъ распределительныхъ кольцевыхъ каналовъ, соединенныхъ между собою. Фурмамъ сообщается не круглое, а четырехугольное вытянутое сѣченіе; такимъ образомъ можно имѣть болѣе значительное число фурмъ (обыкновенно шестнадцать) и болѣе равномерно распределенное дутье; при этомъ печная кладка слишкомъ сильно не ослабляется.

Существенной особенностью этой вагранки служить устройство сборнаго пространства (горна); во время плавления оно можетъ нагрѣваться нѣкоторою частью газовъ, образовавшихся въ печи. Такимъ образомъ имѣется возможность не только держать металлъ въ перегрѣтомъ состояніи произвольно долгое время, но также можно весьма удобно прибавлять къ нему различныя примѣси (стальные куски, кремнистый чугунъ и проч.), нежелательно измѣняющіяся при плавлении въ вагранкѣ уже при самомъ соприкосновеніи съ коксомъ. Какъ видно изъ фиг. 33, сборное пространство (горнъ) устроено непосредственно подъ шахтой; съ этой послѣдней оно соединено при помощи двухъ достаточно широкихъ пролетовъ, служащихъ для стеканія внизъ расплавленного чугуна и прохода газовъ. Нижний поясъ фурмъ не долженъ находиться слишкомъ низко надъ подомъ шахты (крышки сборна-

¹⁾ Вагранка королевской чугунолитейной мастерской въ *Gleiwitz* согласно *Jüngst'y, Schmelzversuche mit Ferrosilicium, Tafel 1.*

го пространства): это необходимо во избѣжаніе проникновенія въ горнъ свободного кислорода или же газовъ, слишкомъ богатыхъ угольной кислотой и проявляющихъ при продолжительномъ соприкосновеніи окисляющее дѣйствіе на расплавленный металлъ. Между нижнимъ поясомъ фурмъ и подомъ шахты долженъ существовать нѣкоторый слой кокса, раскаленного до-бѣла; черезъ него проходятъ газы, устремляющіеся внизъ; кислородъ дутья въ этомъ случаѣ уже прочно связанъ по большей части въ видѣ окиси углерода. Сборное пространство соединено съ нижнимъ воздухомъ распределительнымъ каналомъ при помощи подтрубка, снабженного горловымъ клапаномъ, (видимъ на фиг. 33); это даетъ возможность подводить въ сборное пространство дутье для сжиганія попадающей сюда окиси углерода.

Изъ сборнаго пространства газы попадаютъ въ шестокъ *a* съ наклоннымъ подомъ; въ концѣ шестка устроены два канала, направленные внизъ къ общему каналу, выводящему газы наружу. Шестокъ спереди снабженъ окномъ, запираемымъ дверцей; примѣси, прибавляемая къ расплавленному чугуноу, кладутся на поду шестка. Когда онъ накалился до-красна, или до-бѣла, тогда открываютъ дверцу и сталкиваютъ ихъ въ горнъ съ расплавленнымъ металломъ.

Окна *b* и *c* служатъ въ шахтѣ и въ горну для опоражниванія и входа.

Свидѣтельства относительно вагранки Ibrügger'a по большей части звучатъ весьма благоприятно. Возможность держать горнъ вагранки при высокой температурѣ при помощи газовъ, доставляемыхъ самой же вагранкой, является ея выдающимся преимуществомъ. Газы, затраченные съ этой цѣлью, во всякомъ случаѣ для плавленія должны быть потерянными; эта потеря отчасти возмѣщается тѣмъ, что металлъ въ самой шахтѣ обыкновенно менѣе перегрѣвается, чѣмъ въ другихъ вагранкахъ, накопляющихъ жидкій металлъ для болѣе продолжительнаго стоянія. На самомъ дѣлѣ вагранка Ibrügger'a не потребляетъ кокса больше, чѣмъ другія вагранки новѣйшаго устройства.

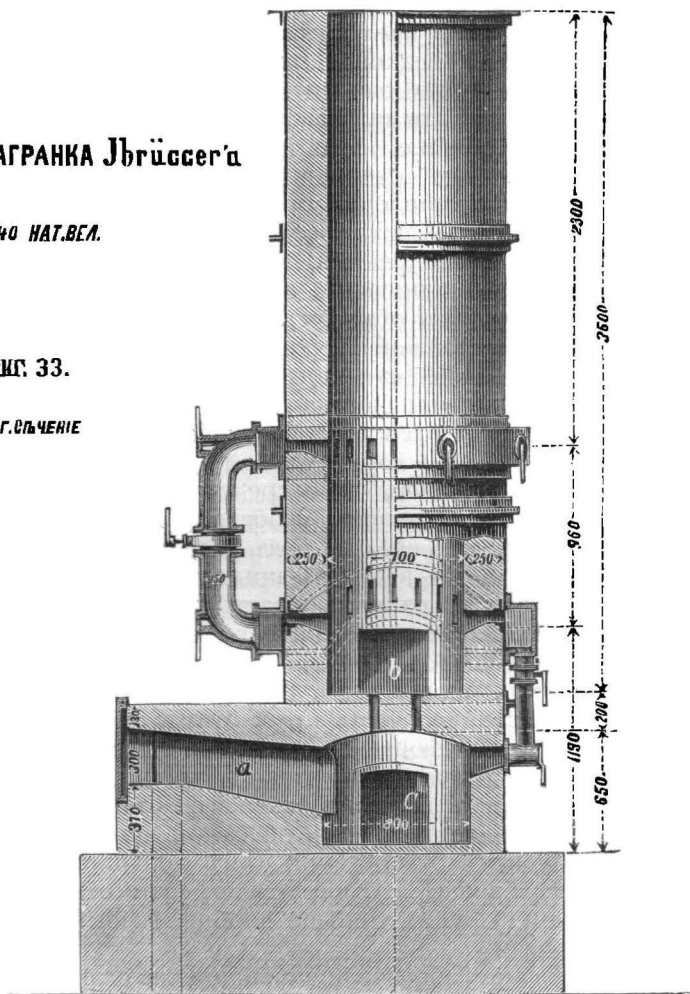
Изъ недостатковъ этой вагранки было замѣчено при болѣе продолжительномъ плавленіи, что газы, попадающіе въ горнъ, не всегда обладаютъ одинаковымъ химическимъ составомъ; поэтому и на расплавленный металлъ они оказываютъ неодинаковое вліяніе. Въ началѣ плавленія, какъ уже было сказано, подъ фурмами въ печи находится раскаленный коксъ; газы, попадающіе при этомъ въ горнъ, богаты содержаниемъ окиси углерода. Мало-по-малу подъ фурмами скопляются затвердѣвшія массы, коксовая зола, шлаки и т. п. Количество кокса въ этомъ пространствѣ такимъ образомъ уменьшается; проходящіе черезъ него газы уже содержатъ больше кислорода и дѣйствуютъ окисляющимъ образомъ на

ВАГРАНКА Jbüsser'a

$\frac{1}{40}$ НАТ.ВЕЛ.

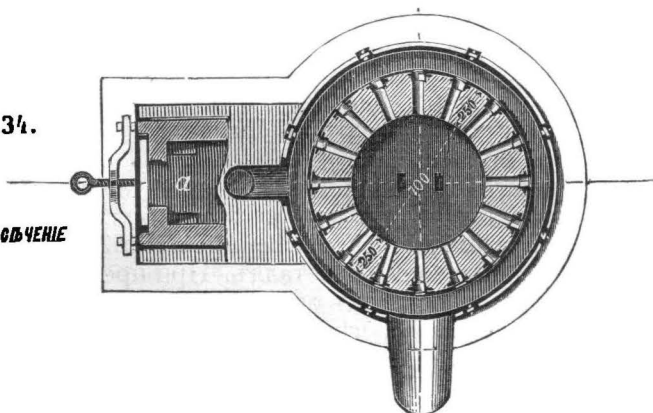
Фиг. 33.

ВЕРТИКАЛЬЧЕНІЕ



Фиг. 34.

ГОРНОЗ. ОБЪЕМ



металлѣ, стекающій въ горнѣ. Иногда объ этомъ можно судить по качеству шлаковъ, плавающихъ надъ металломъ:—они содержатъ болѣе закиси желѣза, а потому оказываются черными и пузырчатыми; при этомъ чугуны теряютъ больше кремнія, чѣмъ раньше, а потому дѣлается менѣе графитистымъ, иногда даже совершенно бѣлымъ.

Кирпичи, съ оставленными въ нихъ пролетами, должны быть часто, иногда даже ежедневно, возобновляемы. Если пролеты очень расширяются, то коксъ можетъ въ значительныхъ количествахъ попадать въ сборное пространство и заполнять его; такимъ образомъ онъ теряетъ свое назначеніе относительно доставленія тепла въ печной шахтѣ.

Другія вагранки съ нагреваемымъ горномъ. Было уже указано при описаніи шестка Kriga'a, что иногда бываетъ трудно удержать этотъ шестокъ и находящійся въ немъ металлъ въ достаточно горячемъ состояніи; устройство, предложенное Ibrügger'омъ, дало средство къ устраненію этого недостатка безъ устраненія удобствъ, доставляемыхъ шесткомъ: газамъ даютъ выходы надъ расплавленнымъ металломъ обыкновенно проще всего въ крышкѣ шестка; до тѣхъ поръ пока этотъ выходъ открытъ, часть газовъ, образовавшихся въ печи, направляется сюда и нагреваетъ шестокъ во время плавленія. Это устройство было затѣмъ различнымъ образомъ видоизмѣняемо; иногда газы, уходящіе изъ шестка, отводятся обратно въ верхнюю часть печи; этимъ стремятся использовать тепло, заключающееся въ этихъ газахъ. Само собою разумѣется, что количество газовъ, проходящихъ при этомъ устройствѣ черезъ шестокъ, зависитъ отъ величины сопротивленія при проходѣ газовъ по самой шахтѣ между выходнымъ и входнымъ отверстіями; чѣмъ меньше это сопротивление, чѣмъ ближе, слѣдовательно, эти отверстія лежатъ другъ къ другу, тѣмъ меньше вообще газовъ попадаетъ въ шестокъ.

Во избѣжаніе образованія сильно окислительнаго пламени необходимо, чтобы между воздушными фурмами и пролетами, ведущими въ шестокъ, находился достаточно толстый слой кокса; это относится къ этимъ печамъ точно такъ же, какъ къ печамъ Ibrügger'a;—воздушныя фурмы не должны быть устраиваемы слишкомъ близко къ поду плавильнаго пространства. Недостатокъ вагранки Ibrügger'a обнаруживается и здѣсь: чѣмъ больше постороннихъ тѣлъ накопляется на поду плавильнаго пространства во время плавленія, тѣмъ меньше мѣста остается для кокса, тѣмъ болѣе окислительнымъ дѣлается пламя, тѣмъ менѣе кремнистымъ и графитистымъ является получаемый металлъ. При производствѣ мелкаго литья этотъ недостатокъ описываемыхъ вагранокъ даетъ себя чувствовать сильнѣе, чѣмъ при крупномъ литьѣ; поэтому въ нѣкоторыхъ чугунолитейныхъ мастерскихъ принуждены

были отказаться отъ подобныхъ, уже выстроенныхъ вагранокъ.

Вагранки съ кольцеобразнымъ вдуваніемъ воздуха. Во всѣхъ вагранкахъ съ отдѣльными фурмами, распределенными по окружности, между фурмами остаются промежутки, изъятые изъ непосредственнаго дѣйствія дутья. Это обстоятельство побудило впервые американца Mackenzie (Мэккензи) устроить вмѣсто отдѣльныхъ фурмъ одну общую щель для равномернаго ввода дутья по всей окружности. Шахта подобной вагранки надъ щелью опирается на колоннахъ при помощи кольца, прикрѣпленнаго къ желѣзному кожуху ¹⁾. Эта самая идея была позднѣе приведена въ исполненіе А. Fauler'омъ изъ Фрейбурга въ нѣсколько измѣненномъ и улучшенномъ видѣ. Чертежъ (фиг. 35 и 36) представляетъ вагранку Fauler'a въ $\frac{1}{40}$ натуральной величины въ вертикальномъ и горизонтальномъ сѣченіяхъ. Воздухораспределительный каналъ *aa*, опоясывающій кругомъ вагранку, прикрѣпленъ къ желѣзному кожуху печи и снабженъ контрольными и прочистными отверстиями. Изъ распределительнаго канала дутье попадаетъ въ чугунный кольцеобразный ящикъ, состоящій изъ отдѣльныхъ сегментовъ; этотъ ящикъ въ то же самое время служитъ для поддержки печной шахты; для сего снабженъ онъ чугунными вертикальными ребрами (ребра видны на горизонтальномъ сѣченіи, сдѣланномъ по воздушному ящику). Очевидно, что распределеніе дутья происходитъ здѣсь равномерно; хорошіе результаты дѣйствія вагранки Fauler'a подтверждаютъ правильность соображеній, положенныхъ въ основу ея устройства ²⁾.

Особенность этой вагранки заключается еще въ способѣ ея постройки. Какъ видно изъ фиг. 35, вся печь состоитъ изъ отдѣльныхъ колецъ, независимыхъ другъ отъ друга; при помощи приклепанныхъ къ нимъ крюковъ эти кольца можно безъ особеннаго труда вынимать и перемѣнять, если оказывается необходимой починка шахты. Если въ запасѣ постоянно имѣется соответствующее кольцо, тогда починка печи ограничивается весьма непродолжительнымъ временемъ; выкладываніе колецъ кирпичемъ и ихъ просушка могутъ идти въ особомъ помѣщеніи; такимъ образомъ имѣется возможность исполнить эти работы гораздо тщательнѣе, чѣмъ внутри самой печи. Для болѣе удобнаго соединенія отдѣльныхъ печныхъ колецъ между собою и для поддержанія футеровки во время переноски колецъ употребляются

¹⁾ Чертежъ этой печи: Wedding, Darstellung des schmiedbaren Eisens, Braunschweig, 1875, Seite 523.

²⁾ G. Polchau изобрѣлъ устройство для измѣненія величины входного кольцевого сѣченія. Подробнѣе объ этомъ: Dinglers Politechnisches Journal, Band 274, S. 22¹.

угловые или Т—образныя кольца, приклепанныя къ кожухамъ печныхъ колець; — на чертежѣ это отчетливо видно.

б. Вагранки съ высасываніемъ газовъ.

Стремленіе къ устраненію воздухоудныхъ устройствъ изъ обихода ваграночнаго плавленія дало первое побужденіе къ устройству вагранокъ съ высасываніемъ газовъ сверху; такимъ образомъ долженъ быть обезпеченъ притокъ воздуха въ вагранку взамѣнъ дутья. Самымъ простымъ средствомъ для сего было высасываніе изъ печи газовъ при помощи паровой струи, направленной въ выводную трубу съ большою скоростью; колошникъ при этомъ долженъ быть закрытъ. О такой способности паровой струи было извѣстно еще съ начала текущаго столѣтія ¹⁾; для другихъ цѣлей, напр. для питанія паровыхъ котловъ, этой способностью различнымъ образомъ уже пользовались и пользуются нынѣ.

Внутри вагранки, снабженной такимъ высасывающимъ устройствомъ, во время ея дѣйствія получается разрѣженіе воздуха; въ результатъ долженъ происходить притокъ вѣшняго воздуха вовнутрь печи. Для возможности такого разрѣженія воздуха необходимо держать колошникъ закрытымъ, какъ объ этомъ было уже упомянуто; поэтому должно быть устроено механическое забрасываніе въ печь матеріаловъ плавленія; оно даетъ возможность сдѣлать весьма короткимъ промежутокъ времени, необходимый для забрасыванія матеріаловъ и сопровождаемый всегда открытіемъ колошника.

Первая вагранка этого рода была построена англичаниномъ Woodward'омъ (Уудвудъ) и вошла въ употребленіе на многихъ англійскихъ и нѣсколькихъ нѣмецкихъ заводахъ ²⁾. Полученные результаты оказались не очень удовлетворительными.

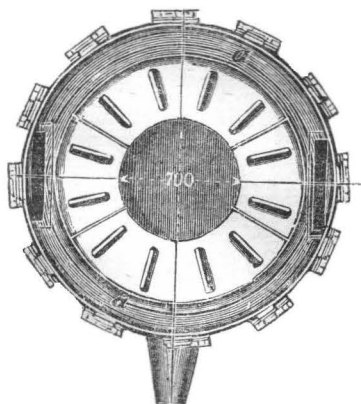
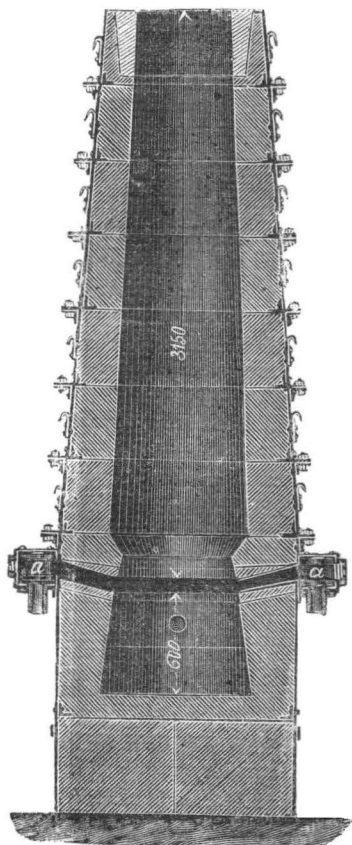
Входныя отверстія для воздуха въ вагранкѣ Woodward'a были сдѣланы слишкомъ малыми, какъ при большей части тогдашнихъ вагранокъ; вагранка плавila медленно и расходовала много пара. Довольно скоро объ ней позабыли.

Подъ давленіемъ постороннихъ вліяній, особенно же полицейскаго запрещенія пользоваться обыкновенными вагранками съ дутьемъ внутри городовъ, во избѣжаніе обильнаго выбрасыванія искръ, фирма F. A. Herbertz въ Кельнѣ въ восьмидесятихъ годахъ воскресила прежнее забытое изобрѣтеніе; она построила вагранку съ пароструйнымъ высасываніемъ газовъ, устранивъ главный недостатокъ вагранки Woodward'a; получились болѣе благопріятные результаты,

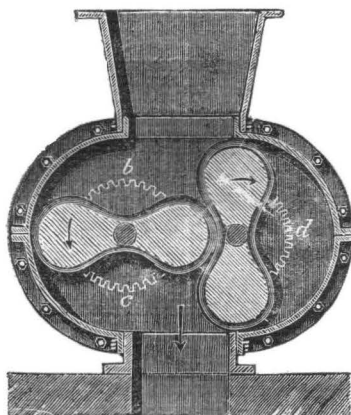
¹⁾ Engineering отъ 29 ноября 1867 г.; „Stahl und Eisen“ 1886, S. 400.

²⁾ Чертежи вагранки Woodward'a: Engineering and Mining Journal, vol. XI. VII, p. 187; Berg- und Hüttenmännische Zeitung, 1886, Seite 44, 126; 1869, S. 305.

Фиг. 35 и 36.



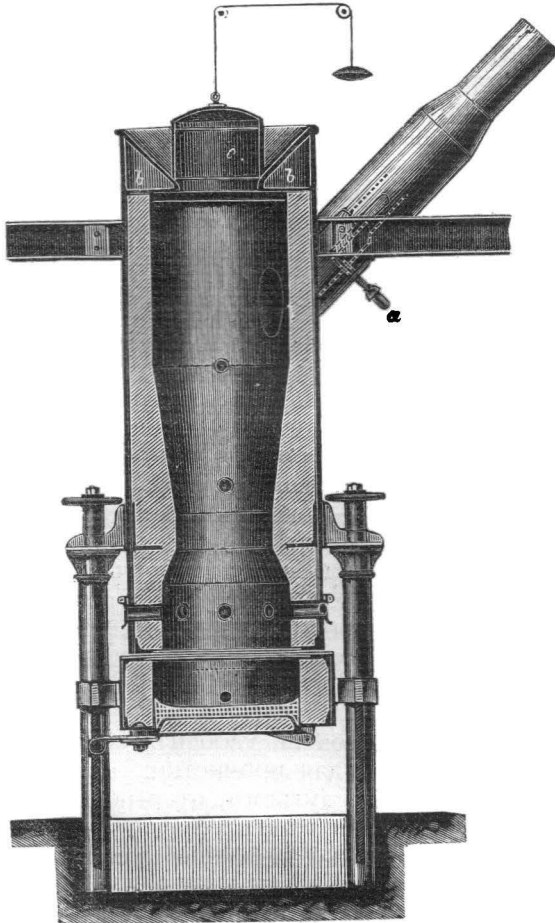
Фиг. 40.



чѣмъ раньше и съ тѣхъ поръ эта вагранка вошла въ употребленіе въ различныхъ чугунолитейныхъ мастерскихъ.

Чертежъ (фиг. 37) представляетъ въ $\frac{1}{50}$ натуральной величины общее устройство вагранки Herbertz'a, исполненное въ 1886 году. Справа сверху видна отводная труба для газовъ; при помощи трубки *a* подводится всасывающая паро-

Фиг. 37.



вая струя. Колошникъ закрыть при помощи чугунной воронки и колоколообразнаго шлема *c*, подвѣшеннаго на цѣпи. Пространство вокругъ шлема заполняется горючимъ или кусками чугуна; при поднятіи шлема заброшенные матеріалы проваливаются въ колошниковое отверстіе; послѣ этого шлемъ тотчасъ же опускается.

Самое важное усовершенствованіе въ вагранкахъ Herbertz'a, по сравненію съ прежними вагранками Woodward'a, заключается въ устройствѣ входныхъ воздушныхъ отверстій. Подобно устройству вагранокъ Mackenzie или Gauler'a воздушныя отверстія состоятъ изъ одной общей кольцеобразной щели съ измѣняющейся шириной. Для этой щели печная шахта своимъ желѣзнымъ кожухомъ опирается на четырехъ полыхъ колоннахъ при помощи чугунаго кольца, привинченнаго къ кожуху; на чертежѣ видны двѣ колонны. Горнъ совершенно отдѣленъ отъ шахты; онъ подвѣшенъ при помощи четырехъ лапъ съ гаечной нарѣзкой къ четыремъ винтовымъ стержнямъ, находящимся внутри колоннъ; эти стержни приводятся во вращеніе при помощи ручныхъ маховичковъ, помѣщенныхъ на вершинѣ колоннъ. При вращеніи стержней горнъ можетъ опускаться или подыматься, а воздушная щель можетъ расширяться или сужаться. Благодаря этому устройству, весьма просто можно урегулировать притокъ воздуха; путемъ опыта легко опредѣлить, какая ширина щели оказывается самой выгодной для плавленія.

Надъ воздушной щелью имѣются въ шахтѣ для устраненія шлаковыхъ настылей нѣсколько прочистныхъ отверстій, снабженныхъ крышками.

Раньше было уже указано, что сильное давленіе дутья способствуетъ образованію въ вагранкѣ окиси углерода, малое же—углекислоты; первая — невыгодна, послѣдняя же благоприятна для использованія горючаго. Въ вагранкѣ съ высасываніемъ газовъ, — уже по характеру ея дѣйствія, — имѣется не сгущеніе, а разрѣженіе газовой атмосферы; поэтому въ вагранкахъ съ высасываніемъ газовъ обильнѣе должна образоваться углекислота, чѣмъ въ вагранкахъ съ дутьемъ. Произведенныя изслѣдованія газовъ ¹⁾ подтверждаютъ правильность этой теоріи, а потому и расходъ горючаго въ вагранкахъ Herbertz'a оказывается сравнительно невысокимъ.

Уходъ за вагранкой очень удобенъ; во всякое время воздушная щель доступна для прочистки; — нѣтъ надобности, какъ при вагранкахъ съ дутьемъ, открывать предварительно крышки. Послѣ плавленія горнъ опускается и тогда, какъ горнъ, такъ и шахта легко доступны для исполненія необходимыхъ исправленій.

Воздухонудныхъ устройствъ вмѣстѣ съ передачами, воздухопроводами и т. д. совсѣмъ не имѣется; во всякомъ случаѣ это сбереженіе влечетъ за собой большой расходъ пара, превышающій по самымъ точнымъ опредѣленіямъ почти въ два раза (относительно одного и того же количества

¹⁾ Будутъ сообщены при описаніи химическихъ процессовъ плавленія въ вагранкахъ.

расплавленного чугуна) расходъ пара при воздухоудувныхъ машинныхъ устройствахъ.

Производительность вагранки Herbertz'a, т. е. выходъ жидкаго металла въ опредѣленное время, взятый относительно единицы шахтнаго сѣченія вагранки,—оказывается меньше, чѣмъ при вагранкахъ съ дутьемъ; воздухъ входитъ вовнутрь вагранки Herbertz'a съ небольшою скоростью; поэтому онъ имѣетъ стремленіе подыматься въ шахтъ по стѣнкамъ, оставляя коксъ въ серединѣ печи нетронутымъ; оттого для очень широкихъ шахтъ, предназначенныхъ для большой и быстрой плавки, вагранка съ высасываніемъ газовъ менѣе пригодна, чѣмъ вагранка съ дутьемъ. Путемъ примѣненія вытянутыхъ поперечныхъ сѣченій шахты, вмѣсто круглаго, въ нѣкоторыхъ случаяхъ стараются обойти этотъ недостатокъ.

Вмѣсто паровой струи можно при нѣкоторыхъ условіяхъ воспользоваться для тяги воздуха въ вагранкахъ достаточно высокой и широкой дымовой трубой; особенно это удобно, когда высота и поперечное сѣченіе вагранки невелики. Такое устройство, конечно, никогда не можетъ въ короткое время доставлять значительныхъ количествъ расплавленного металла; въ малыхъ же чугунолитейныхъ мастерскихъ оно во всякомъ случаѣ можетъ иногда оказать хорошую услугу при замѣнѣ дорогого тигельнаго плавленія чугуна. Воздухъ можетъ здѣсь входить такимъ же образомъ, какъ при вагранкѣ Herbertz'a: шахта свободно подвѣшена и при помощи кольцевой щели отдѣлена отъ горна, поддерживаемаго особымъ приспособленіемъ.

Измѣняемость щели привилегированнаго устройства Herbertz'a и здѣсь была бы умѣстна. При помощи канала подъ закрытымъ колошникомъ газы проводятся въ дымовую трубу.

Правила для проектированія и постройки вагранокъ.

Размѣры и постройка. Какъ видно изъ чертежей выше приведенныхъ испытанныхъ на дѣлѣ вагранокъ, шахта печи получаетъ, по большей части, цилиндрическую форму, со слабымъ суженіемъ въ нижней части для образования здѣсь болѣе толстыхъ стѣнокъ (фиг. 21). Первоначально цилиндрическая форма мало-по-малу внизу расширяется во время дѣйствія вагранки; если же она съ самаго начала была сужена, тогда, вслѣдствіе выплавления, она принимаетъ приблизительно цилиндрическую форму и болѣе продолжительное время остается въ употребленіи, не требуя возобновленія кладки. Однако суженіе не должно быть слишкомъ значительнымъ; иначе будетъ затрудненъ сходъ матеріаловъ плавленія (какъ при прежнихъ вагранкахъ Ireland'a фиг. 18).

Иногда, напр. при первыхъ вагранкахъ Krigar'a, для облегченія схода колошъ дѣлали шахту внизу нѣсколько шире, чѣмъ вверху; такимъ образомъ шахта получала форму усѣченного конуса. При этомъ устройствѣ воздуху труднѣе проникать къ серединѣ; находящіеся здѣсь угли легко могутъ остаться нетронутыми, газы же поднимаются преимущественно по стѣнкамъ; все это составляетъ существенный недостатокъ подобной профили.

Кругъ, въ большинствѣ случаевъ, является самымъ подходящимъ для формы горизонтальнаго сѣченія печи: для данной площади кругъ даетъ наименьшій периметръ; поэтому потеря тепла наружу черезъ лучеиспусканіе при этомъ поперечномъ сѣченіи печи должна быть наименьшей; къ тому же сходъ колошъ равномернѣе всего совершается внутри шахты съ круглымъ сѣченіемъ. Вытянутое (четырёхугольное, эллиптическое) горизонтальное сѣченіе вагранки можетъ быть оправдано только при весьма значительныхъ поперечныхъ размѣрахъ печи ради облегченія прониканія воздуха къ серединѣ печи.

Величина горизонтальнаго сѣченія устраиваемой вагранки должна зависѣть отъ предполагаемой ея производительности.

Путемъ уменьшенія количества дутья (слѣдовательно, путемъ уменьшенія давленія дутья въ одной и той же вагранкѣ) всегда нетрудно замедлить ходъ плавленія; печь въ единицу времени теряетъ черезъ лучеиспусканіе всегда одинаковое количество тепла, идетъ ли плавленіе быстро, или медленно; такимъ образомъ расходъ тепла по этой статьѣ при меньшей производительности оказывается выше, чѣмъ при большей; поэтому и расходъ горючаго на единицу выплавленного чугуна въ первомъ случаѣ выше, чѣмъ во второмъ.

Если газы, вслѣдствіе недостаточнаго количества дутья, слишкомъ медленно поднимаются въ вагранкѣ, то имѣются болѣе благоприятныя условія для образованія окиси углерода; такимъ образомъ, благодаря этому, ухудшается использование горючаго. При слишкомъ ускоренномъ плавленіи, т. е. несоразмѣрно большомъ количествѣ дутья для даннаго горизонтальнаго сѣченія вагранки, для полученія болѣе высокаго давленія дутья затрачивается болѣе механической работы; быстро уходящіе газы не обладаютъ достаточной возможностью для полезной отдачи своего тепла; они удаляются изъ вагранки при болѣе высокой температурѣ; при этомъ использование тепла идетъ менѣе полно. Опытъ поучаетъ насъ, что въ послѣднемъ направленіи гораздо труднѣе достигнуть границы цѣлесообразности, чѣмъ въ первомъ случаѣ; другими словами, обыкновенно менѣе боятся слишкомъ быстрого, чѣмъ слишкомъ медленнаго плавленія.

Быстрота плавления уже выше была поставлена поэтому важнымъ условиемъ для благоприятныхъ результатовъ дѣйствія вагранки. Производительность большей части воздушныхъ устройствъ при вагранкахъ и безъ того ставить предѣлы слишкомъ сильному ускоренію плавления.

Должны входить въ расчетъ также свойства кокса, имѣющагося въ распоряженіи; чѣмъ больше въ коксѣ золы, тѣмъ большія количества его надо сжигать въ данный промежутокъ времени для полученія одного и того же количества тепла; чѣмъ пористѣе коксъ, тѣмъ больше занимаетъ онъ мѣста, тѣмъ обильнѣе образуется окись углерода (стр. 122), и тѣмъ больше кокса, слѣдовательно, надо сжечь для переплавления одинаковыхъ количествъ чугуна. Многозольный и пористый коксъ требуетъ поэтому болѣе значительнаго діаметра шахты, чѣмъ малозольный и плотный.

На 1000 клг. чугуна, переплавляемаго въ часъ, можно принимать слѣдующія площади горизонтальнаго сѣченія вагранки съ дутьемъ, въ области плавленія:

при пользованіи превосходнымъ коксомъ и при достаточно сильномъ дутьѣ, способномъ непрерывно работать подъ давленіемъ около 400 мм. водяного столба (40 граммовъ на 1 кв. сант.) 700 кв. сант.;

при среднемъ коксѣ и менѣе сильномъ дутьѣ 800 до 1000 кв. сант.

при еще болѣе неблагоприятныхъ условіяхъ, особенно при имѣющемся въ распоряженіи слабомъ давленіи дутья (150 до 200 мм. водяного столба) 1100 до 1300 кв. сант.

Ни въ коемъ случаѣ не слѣдуетъ брать діаметра шахты меньше 50 сант. (1963 кв. сант. площади сѣченія); въ болѣе узкихъ шахтахъ было бы затруднительно производить починки; нельзя было бы уже войти въ нее.

При вагранкахъ съ высасываніемъ газовъ горизонтальное сѣченіе шахты надо дѣлать больше, чѣмъ при вагранкахъ съ дутьемъ. Въ вагранкахъ Herbertz'a для переплавки 1000 клг. чугуна въ часъ полагается около 1500 кв. сант. горизонтальнаго сѣченія шахты, иногда же и больше.

Общее живое сѣченіе воздушныхъ оконъ должно быть сдѣлано широко. Преувеличеніе вредитъ здѣсь менѣе, чѣмъ излишнее уменьшеніе сѣченія; недостатокъ въ первомъ случаѣ нетрудно исправить путемъ нѣкотораго суженія отверстій. Наименьшую величину для общаго живого сѣченія воздушныхъ фурмъ можно принять въ $\frac{1}{8}$ сѣченія шахты въ области плавленія, иногда же идутъ до $\frac{1}{2}$ горизонтальнаго сѣченія шахты и даже выше; имѣетъ здѣсь вліяніе еще устройство воздушныхъ отверстій; между отдѣльными воздушными фурмами всегда должно оставаться достаточно кладки для обезпеченія устойчивости футеровки.

Въ вагранкѣ Ireland'a фурменные пояса значительно отстоятъ другъ отъ друга; оттого живому воздушному сѣченію обыкновенно даютъ $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{2}$ горизонтальнаго сѣченія шахты; между отдѣльными фурмами это сѣченіе уже распределяется вышеописаннымъ образомъ; при прежнихъ вагранкахъ Krigar'a находимъ сѣченіе обоихъ короткихъ каналовъ, проводящихъ дутье подъ своды, равнымъ $\frac{1}{5}$ до $\frac{1}{8}$ горизонтальнаго шахтнаго сѣченія и т. д.

Высота фурмъ надъ подомъ вагранки устраивается смотря по тому, должна ли быть вагранка съ шесткомъ, или безъ него. Въ первомъ случаѣ помѣщаютъ фурмы на такой высотѣ надъ самымъ возвышеннымъ мѣстомъ наклоннаго пода, которая можетъ обезпечить отъ проникновенія въ фурмы шлака. При нагрѣваніи шестка частью ваграночныхъ газовъ во время плавленія необходимо подъ фурмами сохранить достаточное пространство для кокса; при описаніи вагранки Ibrügger'a на это было уже обращено вниманіе и указана необходимость пропусканія газовъ черезъ слой кокса передъ ихъ входомъ въ шестокъ; въ такомъ случаѣ воздушныя фурмы должны находиться подъ подомъ по меньшей мѣрѣ на высотѣ 400 мм. Для вагранокъ, не имѣющихъ сборнаго пространства отдѣльно отъ плавильной области, высота фурмъ надъ подомъ устанавливается по количеству чугуна, собираемаго въ горну въ одинъ разъ; при этомъ всегда надо принимать во вниманіе слой шлака въ нѣсколько сантиметровъ толщиной надъ чугуномъ. На 1000 клг. скопляемаго чугуна надо поэтому объемъ горна принимать въ 0,16 куб. метра. Чѣмъ выше расположены фурмы надъ подомъ, тѣмъ труднѣе держать послѣдній достаточно горячимъ; поэтому неохотно придаютъ разстоянію между подомъ и воздушными фурмами размѣръ больше 800 мм.

Наименьшая высота ваграночной шахты надъ фурмами принимается въ 2,5 м.; наибольшая же въ 3,5 м. При слишкомъ низкихъ вагранкахъ газы слишкомъ быстро проходятъ черезъ нихъ, не успѣвъ вполне отдать своего тепла; при слишкомъ высокихъ—затрудняется для газовъ проходъ между матеріалами плавленія; въ этомъ послѣднемъ случаѣ, или медленнѣе должно идти плавленіе, или сильнѣе надо сгущать дутье. Огнеупорную кладку (Feuerfestes Futter;—refractory lining wall;—revêtement refractaire) лучше всего дѣлать изъ шамотныхъ кирпичей, закаленныхъ по размѣрамъ. Толщина огнеупорной кладки по меньшей мѣрѣ должна быть въ 150 мм. и не должна превышать 300 мм. Весьма толстая кладка, по даннымъ опыта, вовсе не влечетъ за собой замѣтнаго уменьшенія потери тепла; болѣе толстые кирпичи должны подвергаться въ вагранкѣ болѣе сильному нагрѣву, чѣмъ тонкіе; благодаря этому, первые разъѣдаются при плавленіи быстрѣе, чѣмъ послѣдніе. Насколько будутъ

разъѣдены кирпичи, настолько же увеличится діаметръ шахты вагранки; это влечетъ за собою по большей части такое ухудшеніе въ результатахъ плавленія, что перемѣна футеровки становится необходимой; весьма понятно поэтому, что относительный расходъ на ремонтъ при слишкомъ толстой кладкѣ больше, чѣмъ при тонкой.

Передъ поставкой на мѣсто кирпичи предварительно должны быть тщательно пригнаны другъ къ другу путемъ притиранія; швы должны быть по возможности тонкіе; для связи кирпичей въ кладкѣ употребляется смѣсь изъ молотыхъ старыхъ шамотныхъ кирпичей и огнеупорной глины; смѣсь эта берется въ состояніи весьма жидкой каши. Во время работы надо погружать кирпичи въ предварительно приготовленную связывающую смѣсь плоскостями, предназначенными для соприкосновенія; въ такомъ видѣ надо вплотную притереть новый кирпичъ къ ранѣе поставленному сосѣду. При кирпичной кладкѣ плавильныхъ печей надо избѣгать укладки кирпичей на предварительно насланный слой связывающаго раствора; это принято только при обыкновенной кирпичной кладкѣ на известковомъ растворѣ; въ этомъ случаѣ уже при первомъ плавленіи образовались бы пустые швы, представляющіе дальнѣйшую область для разрушающихъ вліяній. Чѣмъ тоньше швы, тѣмъ прочнѣе кладка. Раньше еще было обращено вниманіе на особенныя преимущества вагранки Fauler'a въ отношеніи тщательности кладки.

Кожухъ (Mantel;—chell, outer casing;—manteau, enveloppe), какъ было упомянуто, изготавливается изъ листового котельнаго желѣза толщиной въ 8 до 10 мм. Діаметръ желѣзнаго кожуха долженъ обладать такой величиной, чтобы между кладкой и кожухомъ оставался зазоръ въ 5 до 10 мм.; этимъ путемъ кладка можетъ при нагрѣваніи безпрепятственно раздаваться въ высоту и ширину. Края желѣзныхъ листовъ въ кожухѣ соединяются въ напускъ при помощи одного ряда заклепокъ, какъ при производствѣ котловъ; было бы цѣлесообразнѣе, хотя и нѣсколько дороже, края листовъ соединять въ стыкъ съ накладкой снаружы при помощи двойного ряда заклепокъ съ головками, утопленными съ внутренней стороны кожуха.

Лазъ въ шахтѣ долженъ имѣть размѣры, достаточные для влѣзанія черезъ него рабочаго, а потому по меньшей мѣрѣ 360 мм. въ ширину и 500 до 600 мм. въ вышину. Этотъ лазъ запирается при помощи дверцы, сдѣланной лучше всего изъ толстаго листового желѣза; дверца какимъ-либо самымъ простымъ образомъ прикрѣпляется къ кожуху, при помощи засова, завертокъ или петель и пальца, какъ это можно видѣть на чертежахъ.

Кожухъ и шахта вагранки обыкновенно покоятся на толстой чугунной фундаментной плитѣ, скрѣпленной съ кожухомъ при помощи нѣсколькихъ болтовъ. Во избѣжаніе искривленія плиты полезно въ ея серединѣ оставлять круглое отверстіе; при вагранкахъ съ шесткомъ (а также при вагранкахъ Herbertz'a) это отверстіе снабжаютъ затворомъ (сравни соотв. чертежъ).

Когда вагранка въ прочихъ отношеніяхъ уже окончена, тогда на фундаментной плитѣ наводятъ при помощи трамбованія горновой подъ; для сего берутъ огнеупорную массу или молотый кварцъ съ глинистымъ цементомъ и сообщаютъ поду толщину 70 до 100 мм. Послѣ этого подъ надо подвергнуть осторожной просушкѣ. При вагранкахъ съ шесткомъ полезно сообщать горновому поду довольно значительный уклонъ къ шестку; въ этомъ случаѣ донная плита укрѣплена такъ, какъ это показано на чертежахъ; при вагранкахъ безъ шестка донная плита поκειται горизонтально на цоколѣ; горновой подъ и въ этомъ случаѣ утрамбовываютъ съ нѣкоторымъ уклономъ къ выпускному отверстію. Цоколь получаетъ въ высоту 750 до 900 мм.; его форма—квадратная или восьмиугольная; для предохраненія отъ поврежденій снабжаютъ его одеждой изъ чугунныхъ плитъ.

Еще проще и не менѣе цѣлесообразно соединять цоколь и шахту вагранки въ одно цѣлое въ общемъ желѣзномъ кожухѣ;—тогда устраняется самостоятельный цоколь. На чертежѣ вагранки Fauler'a можно видѣть это устройство.

Сверху шахта вагранки предохраняется при помощи крѣпкаго чугуннаго кольца; оно поκειται на кожухѣ вагранки, захватывая послѣдній закраиной снаружи.

Между верхнимъ краемъ шахтной кладки и нижней поверхностью чугуннаго кольца слѣдуетъ оставлять свободное пространство около 15 мм.; этимъ путемъ печная кладка можетъ свободно расти при нагрѣваніи.

Выпускному отверстію (Stichloch, Stich;—tap-hole;—trou de coulée) даютъ діаметръ въ 60 до 80 мм.; очень часто его устраиваютъ въ ваграночной дверцѣ. Для должнаго прогрѣва пода, при задувкѣ вагранки, газы должны выходить чрезъ выпускное отверстіе; при маломъ діаметрѣ выпускного отверстія подъ не былъ бы достаточно прогрѣтъ и чугунъ вышелъ бы холоднымъ.

Длина литейнаго жолоба (Gussrinne;—drain, gutter;—chenal, échenau, rigole), примыкающаго къ выпускному отверстію, получаетъ величину 0,5 до 1 м.; лучше всего дѣлать жолобы изъ листового желѣза и приклепывать его къ дверцѣ.

Устройство шестка (Vorherd;—fore-part;—devant de cubilot),—если таковой при вагранкѣ имѣется,—достаточно ясно видно изъ чертежей. Размѣры его должны быть опредѣлены соотвѣтственно количеству чугуна, назначеннаго къ накопленію.

Вагранка при своемъ незначительномъ вѣсѣ, не требуетъ особенно сильнаго основанія. Достаточно цоколь углубить въ почву на $\frac{3}{4}$ до 1 метра, если только почвенныя условія не представляются исключительно неблагоприятными; въ послѣднемъ случаѣ было бы цѣлесообразно принять надлежащія мѣры предосторожности.

Во избѣжаніе слишкомъ быстрого выплавленія печной кладки въ нѣкоторыхъ мѣстахъ прибѣгали къ водяному охлажденію (Wasserkühlung;—water-boxe;—boites à eau). Въ этомъ случаѣ можно поступать точно такъ же, какъ при доменныхъ печахъ; въ нѣсколькихъ мѣстахъ горновой кладки вставляются ящики, сдѣланные лучше всего изъ листового желѣза; въ эти ящики должна проходить вода изъ вышележащихъ чановъ съ такимъ расчетомъ, чтобы она не нагрѣвалась выше 50° Ц. Ради полной увѣренности, что охлаждающіе ящики постоянно наполнены, холодную воду подводятъ къ нимъ снизу, а нагрѣтую уводятъ сверху; выводныя трубки своими концами должны выходить свободно; этимъ путемъ ежеминутно можно съ удобствомъ слѣдить за протокомъ воды.

Усиленное водяное охлажденіе впервые было примѣнено, въ видѣ опыта, при вагранкѣ, сооруженной на заводѣ «Grö-ditz»¹⁾; подобное же охлажденіе, введенное Gmelin'омъ при нѣкоторыхъ венгерскихъ вагранкахъ, успѣло даже удержаться продолжительное время²⁾.

Плавильное пространство въ этомъ случаѣ цѣликомъ состояло изъ полаго желѣзнаго кожуха безъ кирпичной кладки; черезъ полость кожуха постоянно протекала охлаждающая вода. Толщина водяного слоя, опредѣляемаго промежуткомъ между стѣнками полаго кожуха, составляла около 90 мм. Воздушныя фурмы устроены въ поломъ кожухѣ. Подобное водяное охлажденіе не сопровождалось сколько-нибудь замѣтнымъ повышеніемъ расхода горючаго въ вагранкѣ: болѣе объемистая вагранка наполнена плохими проводниками тепла—газами и кусками кокса, едва только касающимися стѣнокъ; поэтому вполне понятно, что охлажденіе, истекающее изъ стѣнокъ, можетъ распространяться вовнутрь на весьма незначительное разстояніе. Въ описываемыхъ сейчасъ вагранкахъ, съ полнымъ охлажденіемъ плавильнаго пространства, въ непосредственномъ сосѣдствѣ со стѣнками господствовали бѣлокалильный жаръ. Однако, водяное охлажденіе примѣняется довольно рѣдко. Доменная печь должна находиться въ возможно-непрерывномъ дѣйствіи цѣлыми годами; литейная же вагранка выдувается къ вечеру каждый день; поэтому сохраненіе печной кладки при первой имѣетъ несравненно большее

¹⁾ Berg- und hüttenmännische Zeitung, 1878, S. 149.

²⁾ Oestr. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenwesen, 1882, S. 526.

значеніе, чѣмъ при послѣдней: вагранку можно ежедневно исправлять.

Водяное охлажденіе лишаетъ вагранку простоты въ устройствѣ; вода для охлажденія должна поступать изъ помѣщеннаго выше чана подъ нѣкоторымъ напоромъ; для этой послѣдней цѣли нужны насосъ и расходъ механической силы для его работы. Въ большинствѣ случаевъ оказывается, что достигнутая польза отъ охлажденія водою не соотвѣтствуетъ увеличенному расходу на работу при вагранкѣ.

Нагрѣвъ дутья. Уже слишкомъ шестьдесятъ лѣтъ при доменной печи съ большимъ успѣхомъ примѣняютъ нагрѣтое дутье; это обстоятельство нерѣдко приводило къ мнѣнію, будто бы и при вагранкѣ должно получиться болѣе или менѣе значительное сбереженіе въ горючемъ отъ примѣненія нагрѣтаго дутья вмѣсто холоднаго.

Въ прежнее время нерѣдко этому мнѣнію придавали практическое воплощеніе; строили приборы для нагрѣва дутья, подобные примѣняемымъ при доменныхъ печахъ; нагрѣвъ дутья въ нихъ иногда могъ достигать нѣсколькихъ сотъ градусовъ; тогда же пользовались неправильнымъ способомъ подвода въ вагранку дутья; при этомъ условіи въ вагранкѣ получалось много окиси углерода, горѣвшей надъ колошникомъ длиннымъ голубымъ пламенемъ; этими газами пользовались для нагрѣва дутья.

Такое устройство, однако, не оказалось удачнымъ хотя бы потому, что чугунныя трубы воздушнонагрѣвательныхъ приборовъ весьма часто ломали вслѣдствіе неизбежнаго ежедневнаго охлажденія при остановкѣ вагранки.

Послѣ этого уже стали ограничиваться только нагрѣвомъ дутья въ каналахъ, специально для сего устроенныхъ въ кладкѣ самой вагранки; особенно часто старались для этой цѣли воспользоваться каналомъ, распредѣляющимъ дутье во многихъ навѣйшихъ вагранкахъ по фурмамъ (Ireland'a, Ibrügger'a, Krigar'a и пр.); ему сообщали такое положеніе, чтобы воздухъ, проходящій по каналу, могъ нагрѣваться за счетъ тепла ваграночныхъ стѣнокъ. Нѣкоторые изобрѣтатели прославляютъ въ своихъ вагранкахъ подобное подогрѣваніе дутья, какъ особенное преимущество своего изобрѣтенія.

Этимъ путемъ, однако, нельзя достигнуть сколько-нибудь значительнаго нагрѣва дутья¹⁾; поэтому-то и мнимыя выгоды такого устройства могутъ быть только незначительныя. Въ самомъ благопріятномъ случаѣ можно сберечь горючаго не больше, чѣмъ это соотвѣтствовало бы количеству тепла, воспринятаго дутьемъ при нагрѣвѣ. Для сжиганія одного килограмма кокса нужно имѣть 85 куб. м. или 11 килограмм. воздуха, теплоемкостью въ 0,237; при перегрѣвѣ дутья на

¹⁾ По моимъ опредѣленіямъ не выше 80° Ц.

80° Ц. выше температуры его при входѣ въ нагрѣвательные каналы. въ вагранку попадетъ лишняго тепла $11 \times 80 \times 0,237 = 208$ калорій; — это составляетъ приблизительно $\frac{1}{25}$ часть тепла, которое коксъ самъ по себѣ способенъ развить въ вагранкѣ.

Съ другой стороны можно утверждать съ полной увѣренностью, что болѣе сильный нагрѣвъ при ваграночномъ плавлении уже не приноситъ ни малѣйшаго сбереженія въ горючемъ; даже, наоборотъ, этимъ путемъ можетъ быть вызвано увеличеніе расхода горючаго, по сравненію съ вагранкой, устроенной и дѣйствующей согласно вышеизложеннымъ правиламъ. Объясненіе этого найдемъ въ томъ вліяніи, которое оказываетъ нагрѣвъ дутья на процессъ горѣнія; здѣсь не надо забывать, что процессъ горѣнія въ доменной печи имѣетъ совсѣмъ не тотъ характеръ, что въ вагранкѣ: въ первой нужна окись углерода, а во второй — углекислота. Нагрѣвъ дутья способствуетъ усиленію химической энергіи кислорода: одинъ атомъ кислорода, при избыткѣ горючаго, горитъ съ однимъ атомомъ углерода и даетъ окись углерода; при холодномъ дутьѣ углеродъ горитъ съ двумя атомами кислорода и получается углекислота. Одно и то же количество горючаго въ первомъ случаѣ доставляетъ только одну третью часть тепла по сравненію со вторымъ случаемъ. Чѣмъ лучше устроена вагранка, т. е. чѣмъ съ меньшимъ расходомъ горючаго она можетъ плавить чугуны, тѣмъ отчетливѣе заявитъ себя указанный недостатокъ при употребленіи горячаго дутья.

Этотъ фактъ подтверждается долгимъ опытомъ.

Дымовая труба при вагранкѣ. Дымовая труба нужна также и при вагранкѣ съ дутьемъ; выходящіе газы, выбрасываемыя искры и пламя, получающееся при выдувкѣ вагранки, уходятъ черезъ дымовую трубу въ атмосферу надъ крышей чугунолитейной мастерской.

Въ большинствѣ случаевъ, ради удобствъ въ устройствѣ, дымовую трубу помѣщаютъ непосредственно на вагранкѣ; подобно вагранкѣ снабжаютъ ее желѣзнымъ кожухомъ; такимъ образомъ вагранка сливается съ дымовою трубою какъ бы въ одно цѣлое. На фиг. 18 было уже представлено подобное устройство дымовой трубы. Однако, такое устройство нельзя назвать очень удачнымъ. При каждой перемѣнѣ въ высотѣ вагранки или въ ея вѣншемъ діаметрѣ приходится разрушать всю дымовую трубу. При ежедневной выдувкѣ вагранки, дымовая труба подвергается дѣйствию сильнаго пламени; узкая желѣзная труба сильно накаливалась бы и требовала бы частыхъ починокъ; во избѣжаніе этого нужно дымовую трубу снабжать огнеупорной кладкой.

Во всякомъ случаѣ болѣе удачнымъ надо признать устройство, показанное на фиг. 38 и 39. Дымовая труба установле-

на здѣсь самостоятельно на подходящемъ основаніи; обыкновенно ее устраиваютъ такъ, какъ показано на чертежѣ. *F*—стѣна зданія, позади коей поставлена вагранка; *L* — чугу́нная рама; она лежитъ на $1\frac{1}{2}$ метра выше вагранки; двумя концами она задѣлана въ стѣну *F*, а двумя противоположными опирается на колонкахъ; вмѣсто этихъ послѣднихъ иногда пользуются другой стѣнкой зданія, если послѣдняя имѣется вблизи.

На названной рамѣ возведена дымовая труба. Между дымовой трубой и вагранкой постоянно просасывается свѣжій воздухъ; дымовая труба такимъ образомъ сильно не накаливается и можетъ быть безъ ущерба выложена кирпичной кладкой около 120 мм. толщиною; желѣзные якоря, расположенные въ различныхъ мѣстахъ кладки, обезпечиваютъ трубу прочностью.

Между вагранкой и описанной дымовой трубой устроена насадка изъ тонкаго листоваго желѣза съ огнеупорной кладкой; для нагрузки вагранки въ насадкѣ оставлено рабочее окно. Подобная насадка имѣетъ назначеніе предохранять части строеній, прилегающія къ вагранкѣ, отъ дѣйствія жара, особенно сильнаго при выдувкѣ вагранки. Такимъ образомъ дымовая труба сооружена независимо отъ вагранки; эту послѣднюю можно разрушить и замѣнить другою, а дымовая труба останется неповрежденной; при четырехугольномъ сѣченіи трубы кирпичная кладка дѣлается въ ней проще, чѣмъ при ранѣе описанной конической трубѣ; починокъ при такой трубѣ почти вовсе не требуется,

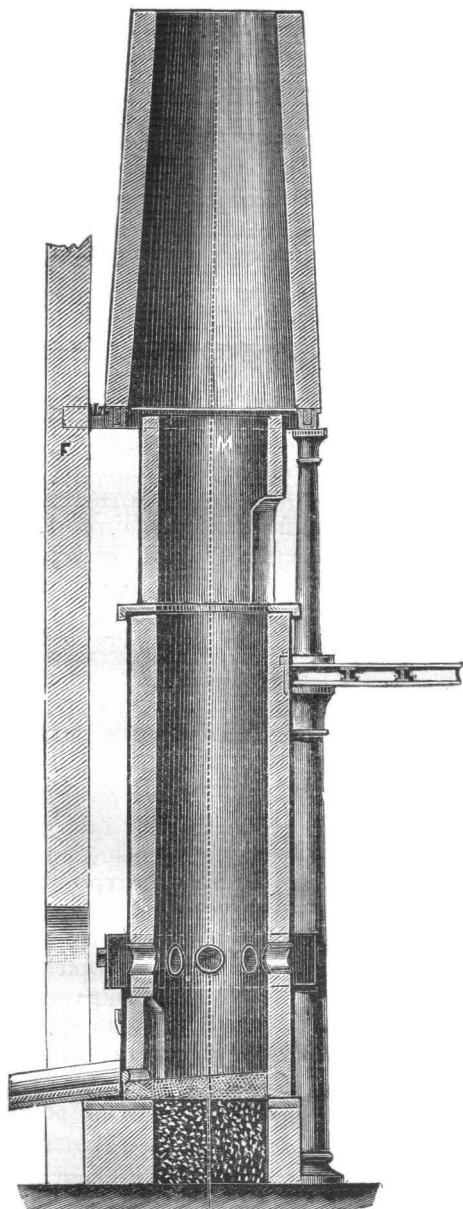
Воздуходувныя машины для вагранокъ и количество дутья.

Къ воздуходувной машинѣ при вагранкѣ предъявляются довольно простыя требованія; — во-первыхъ, она должна доставить количество дутья, сообразно количеству чугуна, предназначеннаго для плавленія въ одинъ часъ, а, во-вторыхъ, она должна сообщить дутью давленіе, достаточное для преодоленія сопротивленія при проходѣ газовъ чрезъ вагранку.

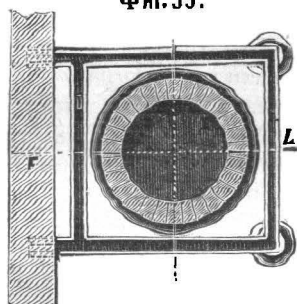
При вагранкахъ, однако, требуется довольно незначительное давленіе дутья; его нельзя сравнивать съ упругостью дутья, примѣняемой для другихъ металлургическихъ цѣлей, напр., для доменнаго производства. При вагранкахъ давленіе дутья почти никогда не превышаетъ 50 гр. на 1 кв. сантим. (500 мм. водяного столба); однако же, наименьшее давленіе, обезпеченное воздуходувной машиной, при вагранкахъ надо положить въ 30 гр. на 1 кв. сантим. (300 мм. водяного столба).

Въ противоположность доменнымъ воздуходувнымъ машинамъ, ваграночному дутью нѣтъ надобности работать безпрерывно; работа въ послѣднемъ случаѣ продолжается только

Фиг. 38.



Фиг. 39.



нѣсколько часовъ въ сутки; уходъ за машиной простъ; необходимыя починки можно произвести обыкновенно своевременно безъ остановки въ работѣ вагранки; все устройство

машины не имѣть надобности считаться съ особенной продолжительностью службы отдѣльныхъ частей, какъ это, наоборотъ, должно имѣть мѣсто при непрерывной работѣ машины; во всякомъ случаѣ, ваграночная воздухоудная машина должна быть построена такимъ образомъ, чтобы во время своей дневной работы она могла безостановочно поставлять необходимое количество дутья. Этимъ свойствамъ ваграночной воздухоудной машины не соотвѣтствуютъ поршневыя цилиндровыя воздухоудныя машины; предполагаю, что читатели имѣютъ общее представленіе о цилиндровыхъ мѣхахъ.

Цилиндровыя мѣха являются самой совершенной воздухоудной машиной въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ требуется много сильно сгущенного дутья: при доменныхъ печахъ, бессемеровскихъ конверторахъ и т. д. ¹⁾.

Въ подобныхъ случаяхъ цилиндровыя мѣха незамѣнимы и отличаются наибольшимъ коэффициентомъ полезнаго дѣйствія. Стоимость этихъ машинъ весьма значительная; онѣ занимаютъ довольно много мѣста; полезное дѣйствіе цилиндровыхъ мѣховъ, повидимому, уменьшается, когда требуемая работа, особенно же требуемое давленіе дутья, опускается ниже извѣстнаго предѣла; при давленіяхъ дутья, требуемыхъ вагранками, цилиндровыя мѣха даютъ полезное дѣйствіе болѣе слабое, чѣмъ болѣе простые типы машинъ, кои сейчасъ будутъ описаны.

При вагранкахъ бываютъ въ ходу, главнымъ образомъ, два типа воздухоудныхъ машинъ: центробѣжныя воздухоудныя машины и машины съ вращательными поршнями; оба типа этихъ машинъ обыкновенно пользуются общимъ названіемъ вентиляторовъ ²⁾.

Центробѣжныя вентиляторы снабжены кожухомъ круглаго очертанія: въ кожухѣ на валу весьма быстро вращаются крылья. Воздухъ, находящійся между крыльями вентилятора, при быстромъ вращеніи крыльевъ, сгущается по окружности кожуха и въ этомъ видѣ уходитъ изъ вентилятора чрезъ выпускную трубу, укрѣпленную касательно къ окружности кожуха; въ то же самое время свѣжій атмосферный воздухъ поступаетъ въ вентиляторъ снаружи черезъ достаточно широкое отверстіе, устроенное въ кожухѣ вокругъ вала съ крыльями. Для пользованія центробѣжнымъ вентиляторомъ

¹⁾ При большихъ доменныхъ печахъ давленіе дутья полагается не менѣе 200 гр., а при бессемерованіи въ среднемъ нужно имѣть давленіе въ 1500 гр. на 1 кв. сантим.

²⁾ Паровое инжекціонное дутье, примѣняемое съ успѣхомъ для другихъ цѣлей, для вагранокъ не подходитъ, отчасти ради влажности получаемого дутья, отчасти же ради слишкомъ малаго давленія, достигаемаго на дѣлѣ.

важно знать слѣдующіе факты, установленные и проверенные опытомъ:

а) Количество доставленнаго дутья находится въ прямомъ отношеніи, какъ къ скорости вращенія крыльевъ, такъ и къ величинѣ выпускнаго отверстія въ вентиляторѣ.

б) Давленіе дутья зависитъ отъ скорости вращенія крыльевъ, но не зависитъ отъ величины выпускнаго отверстія въ вентиляторѣ.

Отсюда уже слѣдуетъ:

в) При постоянномъ числѣ оборотовъ центробѣжнаго вентилятора количество доставляемаго дутья уменьшается по мѣрѣ уменьшенія выпускнаго отверстія въ вентиляторѣ; давленіе дутья при этомъ вовсе не увеличивается. Если закрыть выпускное отверстие вполнѣ, то вентиляторъ можетъ вращаться, не всасывая воздуха.

Этими особенностями центробѣжныхъ вентиляторовъ характеризуется ихъ примѣнимость къ дѣлу. Крыльямъ надо сообщать очень большую скорость вращенія, если вентиляторъ долженъ удовлетворительно исполнять свою роль по доставкѣ значительнаго количества дутья; поэтому крылья получаютъ по окружности скорость, по меньшей мѣрѣ, въ 50 метровъ въ секунду. Вмѣстѣ съ увеличеніемъ скорости по окружности при вращеніи возрастаетъ опасность разрыва вслѣдствіе центробѣжной силы; поэтому неохотно переходятъ черезъ скорость по окружности въ 80 метровъ, хотя нѣкоторые вентиляторы все-таки работаютъ при скорости по окружности въ 100 метр. По сей причинѣ давленіе дутья, достигаемое при пользованіи центробѣжнымъ вентиляторомъ, бываетъ ограничено; при большихъ вентиляторахъ оно рѣдко превышаетъ 400 мм. водяного столба, а при меньшихъ 300 мм. Чѣмъ больше количество дутья и чѣмъ больше выпускное отверстіе, тѣмъ выше оказывается полезное дѣйствіе вентилятора. Отсюда очевидна необходимость устранять для сгущеннаго воздуха широкіе воздухопроводы; этими послѣдними сопротивление движенію дутья должно быть низведено до возможно низкихъ предѣловъ.

Значительная часть работы, задолженной для дѣйствія центробѣжнаго вентилятора, идетъ на преодоленіе тренія воздуха въ кожухѣ вентилятора, тренія цапфъ и т. д.; поэтому коэффициентъ полезнаго дѣйствія этихъ машинъ довольно низокъ и для лучшихъ изъ нихъ едва ли выше 0,30¹⁾.

Главные преимущества центробѣжныхъ вентиляторовъ передъ другими воздуходувными машинами состоятъ въ небольшой стоимости, компактности и простомъ уходѣ. Эти несомнѣнные достоинства обезпечили центробѣжному вентилятору

¹⁾ Hartig, Versuche über Leistung und Arbeitsverbrauch der Werkzeugmaschinen, Leipzig, 1893, S. 230 bis 240.

тору въ теченіе цѣлыхъ десятковъ лѣтъ почетное мѣсто при вагранкѣ.

Кромѣ упомянутаго низкаго полезнаго дѣйствія, слабой стороной центробѣжныхъ вентиляторовъ надо считать неизбѣжное быстрое движеніе, заставляющее часто чиниться даже при самомъ тщательномъ исполненіи вентилятора. Тѣмъ не менѣе и теперь еще центробѣжный вентиляторъ находитъ себѣ очень частое примѣненіе.

Вентиляторы съ вращательными поршнями имѣютъ внутри кожуха два поршня, вращающіеся въ противоположномъ направленіи и плотно прилегающіе къ стѣнкамъ кожуха; вращающіеся поршни гонятъ передъ собой захваченный воздухъ и выталкиваютъ его чрезъ выпускную насадку. Дѣйствіе этихъ вентиляторовъ существенно отличается отъ дѣйствія центробѣжныхъ; въ послѣднихъ воздухъ сгущается подъ дѣйствіемъ центробѣжной силы, развиваемой при быстромъ вращеніи крыльевъ; въ первыхъ же воздухъ перемѣщается вслѣдствіе выталкиванія при помощи вращающихся поршней.

Поэтому производительность вентиляторовъ съ вращающимися поршнями зависитъ отъ ихъ вмѣстимости, отъ быстроты вращенія поршней и отъ степени уплотненія промежутковъ между поршнями и кожухомъ.

Главный недостатокъ центробѣжныхъ вентиляторовъ, заключающійся въ очень большой скорости крыльевъ по окружности, въ вентиляторахъ съ вращательными поршнями не существуетъ; въ послѣднихъ можно получить высшее давленіе дутья, чѣмъ въ первыхъ; полезное дѣйствіе вообще лучше (по Hartig'у около 0,45, при новыхъ усовершенствованныхъ вентиляторахъ, по всей вѣроятности, еще выше). Чѣмъ сильнѣе давленіе дутья, доставляемого вентиляторами съ вращательными поршнями, тѣмъ хуже оказывается ихъ полезное дѣйствіе.

По различнымъ формамъ поршней различаютъ разнообразныя системы вентиляторовъ съ вращающимися поршнями ¹⁾. На фиг. 40 такой вентиляторъ представленъ въ разрѣзѣ. Оба поршня получаютъ вращеніе при помощи зубчатого зацепленія, помѣщеннаго внѣ кожуха на валахъ поршней; въ кожухѣ поршни образуютъ три разобщенныя камеры; въ камеру *b* воздухъ проникаетъ снаружи; изъ камеры *c* сгущенный воздухъ выталкивается въ выпускную трубу; въ камерѣ *d* захваченный воздухъ заключенъ и подвергается

¹⁾ Вентиляторы съ вращающимися поршнями были изобрѣтены въ 50-хъ годахъ текущаго столѣтія G. Johnsomъ (С. F. A. Jahn: Die Gasbeleuchtung, Leipzig, 1862); десять лѣтъ спустя братья Root ввели въ эту систему необходимыя усовершенствованія и такимъ образомъ сообщили имъ жизнеспособность.

еще перемѣщенію къ выпускному отверстію при вращеніи поршня ¹⁾).

Другая система вентиляторовъ изобрѣтена Н. Krigar'омъ въ Ганноверѣ (фирма Krigar-Ihssen) и названа винтовымъ вентиляторомъ; поршни этого вентилятора подобно винтамъ съ крутой нарѣзкой входятъ другъ въ друга; такимъ образомъ между винтовыми выступами образуется каналъ по винтовой линіи; при вращеніи поршней на одномъ концѣ такого канала воздухъ безпрестанно входитъ, оттѣсняется къ противоположному концу и выталкивается здѣсь чрезъ выпускную трубу. Въ качествѣ преимуществъ вентиляторовъ Krigar'a выставляютъ ихъ безшумное дѣйствіе, возможность получения сильно-сжатого дутья и высокое полезное дѣйствіе.

Третья система вентиляторовъ, изобрѣтенная С. Enke (Schkeuditz bei Leipzig.), благодаря своеобразной формѣ поршней даетъ лучшее уплотненіе между движущимися частями, чѣмъ при вентиляторахъ Root'a. Подробнѣе объ нихъ: Glaser's Annalen für Gewerbe und Bauwesen, Band XXIII, Seite 263 ²⁾).

Всѣ вентиляторы съ вращающимися поршнями обладаютъ несомнѣнными преимуществами передъ центробѣжными вентиляторами; поэтому они въ большомъ ходу при вагранкахъ и успѣваютъ вытѣснять изъ употребленія центробѣжные вентиляторы.

Воздухопроводъ между вентиляторомъ и вагранкой изготовляютъ обыкновенно изъ листового желѣза. Чѣмъ меньше діаметръ воздуховода, чѣмъ значительнѣе его длина и чѣмъ больше колѣнъ, тѣмъ большее сопротивленіе приходится преодолѣвать дутью, тѣмъ ниже оказывается полезное дѣйствіе вентилятора. Особенно сильно этимъ путемъ можно ослабить полезное дѣйствіе центробѣжныхъ вентиляторовъ, какъ это уже было выше подчеркнуто. Скорость воздушнаго потока въ воздуховодахъ при подобныхъ вентиляторахъ не должна быть больше 3 метровъ.

Давленіе дутья въ воздуховодѣ измѣряютъ при помощи манометра, установленнаго вблизи вагранки.

¹⁾ Подробнѣе о вентиляторахъ A. von Ihering, Die Gebläse, Berlin, 1893.

²⁾ Редакторъ настоящаго перевода работалъ вентиляторами системы Enke не только при вагранкахъ, но и при древесноугольныхъ доменныхъ печахъ и, нашелъ ихъ вполне удовлетворяющими своему назначенію; конструкція этихъ вентиляторовъ настолько хорошо обдумана и добросовѣстно исполнена, что непрерывная работа, при доменныхъ печахъ, напр., не представляетъ затрудненій, особенно если имѣется запасный вентиляторъ; на Кулебакскомъ Горномъ заводѣ установленъ при доменныхъ печахъ подобный вентиляторъ и получено давленіе дутья около 150 мм. ртутнаго столба.

Устройство манометра въ этомъ случаѣ весьма не хитро. Берется стеклянная трубка въ видѣ латинской буквы U; одинъ конецъ ея отогнуть подъ прямымъ угломъ; въ трубку наливаютъ окрашенной воды (ртуть при малыхъ давленіяхъ дутья была бы здѣсь неудобна) и задѣлываютъ ее отогнутымъ концомъ въ стѣнку воздухопровода; дутье, находящееся въ воздухопроводѣ, такимъ образомъ давитъ въ одномъ изъ колѣнъ трубки. Разницей въ высотахъ водяного столба опредѣляется степень давленія дутья. Обыкновенно подобный манометръ прикрѣпляютъ къ шкалѣ, дающей возможность сейчасъ же прочесть давленіе; надо только наблюдать, чтобы въ состояніи равновѣсія зеркало воды въ обоихъ колѣнахъ стояло на нулѣ.

Пружинные манометры, подобные примѣняемымъ при измѣреніи давленія пара и высокихъ давленій дутья, для небольшихъ давленій при вагранкѣ не оказываются цѣлесообразными.

Манометръ необходимъ для наблюденія за ходомъ вагранки; манометръ ежеминутно показываетъ плавильщику, получаетъ ли вагранка количество дутья, необходимое для самаго успѣшнаго своего хода; предварительный опытъ долженъ показать, какое давленіе дутья считается самымъ благопріятнымъ для хода плавленія. Однако, манометръ не даетъ возможности отсчитывать количества дутья въ кубическихъ метрахъ, согласно его дѣйствительному поступленію въ печь. Давленіе, даваемое манометромъ, зависитъ не столько отъ величины колошниковаго отверстія, сколько отъ сопротивленія, встрѣчаемаго дутьемъ при прохожденіи чрезъ вагранку. Этого послѣдняго сопротивленія никакъ нельзя измѣрить.

Расчетъ количества дутья вовсе не представляется задачей, рѣшаемой ежедневно; однако, бываетъ иногда полезно знать количество доставляемаго дутья, особенно, когда надо опредѣлить расходъ работы, задолжаемой для доставки дутья. Надежнѣе всего можно достигъ цѣли, опирая расчетъ количества дутья на химическомъ составѣ колошниковыхъ газовъ и количествѣ углерода, сжигаемаго въ единицу времени. Сгорѣвшій углеродъ въ колошниковыхъ газахъ обнаруживается отчасти въ видѣ углекислоты, отчасти же въ видѣ окиси углерода; кислородъ этихъ обоихъ газовъ происходитъ изъ воздуха, введеннаго въ вагранку: поэтому соотвѣтственно 1 части кислорода входитъ въ вагранку еще $\frac{77}{23}$ по вѣсу части азота. Еслибы въ колошниковыхъ газахъ оказался свободный кислородъ, то и его, конечно, надо принять въ расчетъ; для очень точныхъ опредѣленій надо имѣть въ виду также окисленіе желѣза при помощи кислорода дутья; впрочемъ, количество кислорода, расходуемаго для этой надобности, бываетъ сравнительно незначительнымъ. Въ

среднемъ химическій составъ колошниковыхъ газовъ при вагранкѣ можно принять.

| | |
|----------------|----------------|
| Углекислоты | 21,0 % по вѣсу |
| Окиси углерода | 5,3 |
| Азота | 73,7 „ |
| | <u>100,0</u> |

1 вѣсовая часть углекислоты содержитъ $\frac{3}{11}$ части углерода и $\frac{8}{11}$ частей кислорода; 1 вѣсовая часть окиси углерода содержитъ $\frac{3}{7}$ части углерода и $\frac{4}{7}$ части кислорода; такимъ образомъ легко вычислить, что въ вышеприведенныхъ газахъ содержится 8% углерода и 18,3% кислорода; при этомъ соотвѣтственно 1 клг. углерода въ вагранку входитъ 2,29 клг. кислорода, или 10 клг. = $7\frac{3}{4}$ куб. м. атмосфернаго воздуха ¹⁾.

Нѣсколько иной получится результатъ, если количество воздуха опредѣлить по азоту, а не по кислороду. На 8 клг. углерода приходится въ газахъ 73,7 клг. азота; это количество азота соотвѣтствуетъ 94,4 клг. или 73,9 куб. метра атмосфернаго воздуха; отсюда на 1 клг. сожженного углерода выходитъ 9,1 куб. м. воздуха.

Полученную разницу надо отчасти объяснить тѣмъ, что часть кислорода, введеннаго въ вагранку, пошла на окисленіе кремнія, марганца и желѣза и потому не могла быть обнаружена въ колошниковыхъ газахъ.

Если принять во вниманіе это послѣднее обстоятельство, а также случайныя потери дутья въ самой вагранкѣ (черезъ неплотныя мѣста въ шахтной кладкѣ, въ контрольныхъ отверстіяхъ и т. д.), то мы подойдемъ довольно близко къ истинѣ, принимая въ видѣ правила: для сжиганія въ вагранкѣ 1 клг. углерода требуется доставить 8,5 куб. метра воздуха ²⁾.

По количеству воздуха, по его желательному сгущенію и коэффиціенту полезнаго дѣйствія вентилятора можно уже легко найти расходъ работы, необходимой для дѣйствія вентилятора. Обозначимъ при помощи Q количество потребнаго воздуха въ 1 секунду въ куб. метрахъ; h обозначаетъ высоту водяного столба, опредѣляющаго давленіе дутья въ сантиметрахъ. Механическая работа дутья N въ этомъ случаѣ выразится:

$$N = \frac{2}{15} h Q \text{ паровыхъ лошадей.}$$

¹⁾ 1 куб. метръ атмосфернаго воздуха, состоящаго изъ 77% по вѣсу азота и 23% кислорода, вѣситъ 1,293 клг.

²⁾ Въ вагранкахъ Greiner'a и Ergf'a Lürmann опредѣлили расходъ дутья въ 8,23 куб. м. на 1 клг. углерода („Stahl und Eisen“ 1891, S. 309).

(Паровая лошадь = 75 килограмметровъ), а работа машины, приводящей въ движеніе вентиляторъ:

$$N_1 = \frac{1}{\alpha} N,$$

если коэффициентъ полезнаго дѣйствія вентилятора обозначимъ при помощи α .

Примѣръ. Вагранка проплавляетъ ежечасно 3000 клг. чугуна при давленіи дутья въ 300 мм. водяного столба и расходуетъ въ среднемъ на 100 клг. чугуна 9 клг. кокса (включая коксъ для разогрѣва) съ 11% золы. При этомъ расходъ чистаго углерода въ секунду будетъ:

$$\frac{3000}{3600} \times 0,09 \times 0,89 = 0,066 \text{ клг.}$$

Расходъ дутья въ секунду

$$8,5 \times 0,066 = 0,56 \text{ куб. метра.}$$

Работа дутья

$$\frac{2}{15} \times 30 \times 0,56 = 2,24 \text{ пар. лошади.}$$

Если взять вентиляторъ Root'a съ коэффициентомъ полезнаго дѣйствія = 0,45, то потребную работу движущей машины опредѣлимъ въ

$$\frac{2,24}{0,45} = 5 \text{ пар. лошадей.}$$

Сюда не входитъ расходъ лишней работы, вслѣдствіе усложненія передачи передаточными валами и пр.

Колошниковая площадка и колошниковые подъемы.

(Gichtbühne und Gichtaufzüge; — top-gallery and lift; — plate-orme et monte charge).

Колошникъ вагранокъ расположенъ на нѣсколько метровъ выше заводскаго пола; поэтому для работъ у колошниковаго отверстія должна быть устроена площадка, находящаяся, или на одинаковомъ горизонтѣ съ колошникомъ, или же нѣсколько ниже его.

Колошниковая площадка должна быть достаточно просторной; на ней должно быть достаточно мѣста для помѣщенія, по меньшей мѣрѣ, части матеріаловъ, идущихъ въ одну плавку; площадка должна быть построена достаточно прочно для того, чтобы она могла безопасно выдерживать довольно значительную нагрузку матеріаловъ плавленія. Катанныя желѣзныя балки, надлежащимъ образомъ закрѣпленныя (въ стѣну зданій, колонны и т. д.) и соединенныя между собою, оказываются въ этомъ случаѣ самымъ подходящимъ матеріаломъ для остова площадки; желѣзныя бороздчатыя или ребристыя плиты служатъ лучшимъ матеріаломъ для пола площадки.

Для доставки матеріаловъ плавленія на колошниковую площадку въ большинствѣ случаевъ необходимо имѣть механическое подъемное устройство, такъ называемый колошниковый подъемъ,

Онъ состоитъ изъ платформы, движущейся вертикально между горизонтомъ складочнаго мѣста для матеріаловъ и уровнемъ колошниковой площадки; размѣры платформы должны быть достаточными для помѣщенія груза, чугуна, корзинъ съ коксомъ и проч.

Ручные колошниковые подъемы при помощи лебедки могутъ быть целесообразны только при маломъ производствѣ. Часовую работу одного рабочаго при лебедкѣ считаютъ въ 22.950 килограммометровъ; при высотѣ подъема въ 3 метра и дневномъ потребленіи матеріаловъ въ 10.000 клг. понадобилось бы времени на самый только подъемъ матеріаловъ

$$\frac{3 \times 10000}{22.950} = \text{около } 1\frac{1}{3} \text{ часа.}$$

Сюда не входитъ подвозка матеріаловъ къ подъемной платформѣ, нагрузка на платформу и выгрузка, а также время, потребное для опусканія платформы.

Если по близости къ колошниковому подъему имѣется паровой котель, и этотъ послѣдній можно удобно соединить съ паровой подъемной машиной, тогда вполне удачнымъ можетъ быть устройство, изображенное на фиг. 41 и 42.

А—однотѣствующій паровой цилиндръ съ золотниковой коробкой В. Парораспределение весьма просто: здѣсь нужно только попеременно впускать паръ изъ паропровода подъ поршень и выпускать его изъ цилиндра въ атмосферу; поэтому достаточно имѣть золотникъ, приводимый въ движеніе при помощи ручнаго рычага.

На концѣ поршневой штанги, направленной книзу, находится полиспасть С; при помощи двухъ боковыхъ когтей, онъ скользятъ между двумя вертикальными направляющими, устранными качаніе полиспаста. На полиспасть С навивается канатъ (или цѣпь); однимъ концомъ канатъ укрѣпленъ неподвижно внизу, а другимъ соединенъ съ подъемной платформой послѣ двухъ перегибовъ вокругъ нижняго и верхняго шкивовъ. Какъ только паръ будетъ пущенъ подъ поршень и послѣдній подымается, то и подъемная платформа пойдетъ вверхъ; вслѣдствіе участія подвижнаго полиспаста С, платформа движется въ два раза быстрее поршня, а потому проходитъ двойной путь. Для сбереженія въ механической работѣ пара при подъемѣ груженыхъ платформъ въсь порожней платформы уравниваются отчасти противовѣсомъ Н; этотъ послѣдній привѣшенъ къ канату, перекинутому черезъ шкивъ G; остающійся перевѣсъ платформы достаточенъ для приданія платформѣ медленнаго движенія внизъ, если только пару подъ пошнемъ предоставить выходъ въ атмосферу.

Только что было описано устройство колошниковаго подъема съ особой паровой машиной; въ нѣкоторыхъ слу-

чаяхъ, однако, оказывается болѣе подходящимъ приводить въ движеніе подъёмную платформу отъ передаточнаго вала, ведущаго еще другія машины. Особенно этому устройству слѣдуетъ отдавать предпочтеніе тогда, когда паровой котелъ находится сравнительно далеко отъ колошниковаго подъема, а для другихъ надобностей (краны, дробилки, мѣшалки для песка, глины, угля и т. п.) уже имѣется достаточно сильная паровая машина. Подобный колошниковый подъёмъ (на Хемницкомъ машиностроительномъ заводѣ) изображёнъ на фиг. 43 и 44.

Подъёмная платформа А подвѣшена на двухъ цѣпяхъ и движется между четырьмя вертикальными направляющими ВВ. Цѣпи перевѣшены черезъ цѣпные шкивы СС и укрѣплены другими концами къ противовѣсу D. Отъ имѣющагося передаточнаго вала идутъ открытый и перекрестный ремни къ ремневымъ шкивамъ k, l, m; шкивы k, l—холостые, а шкивъ m—рабочій. Для передвиганія ремней имѣются двѣ ремневые вилки, соединенныя съ общей штангой. Смотри по тому, который изъ двухъ ремней надвинуть на рабочій шкивъ m, движеніе платформы совершается въ одномъ или другомъ направленіи.

Остановка наступаетъ тогда, когда оба ремня находятся на холостыхъ шкивахъ. Движеніе ремневого шкива m передается винтовому зубчатому колесу Н при помощи безконечнаго винта; колесо Н насажено на валъ, общій съ цѣпными шкивами; такимъ образомъ вращеніемъ колеса Н вызывается движеніе вверхъ или внизъ подъёмной платформы.

Для пуска въ ходъ и остановки колошниковаго подъема служатъ двѣ штанги VI; вверху и внизу онѣ соединены короткими цѣпями, перекинутыми черезъ небольшіе цѣпные шкивы.

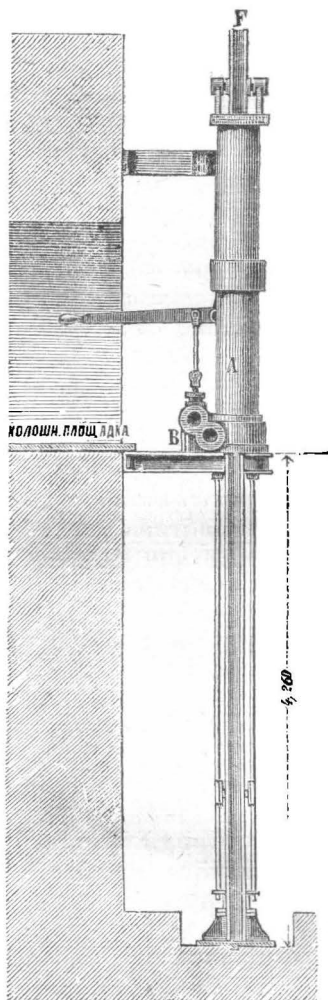
При подъёмѣ или опусканіи одной изъ этихъ штангъ, другая должна передвигаться въ противоположномъ направленіи; вмѣстѣ съ тѣмъ приходятъ въ соотвѣтствующія движенія и цѣпные шкивы, относящіеся къ этимъ штангамъ. Движеніе верхняго цѣпного шкива передается при помощи двухъ малыхъ ремневыхъ шкивовъ gg малому зубчатому колесу; это послѣднее заставляетъ передвигаться ремневая вилка при помощи зубчатой рейки (на чертежѣ ея не видно). Такимъ образомъ передвиженіе ремней для подъема или опусканія подъёмной платформы весьма просто производится отъ руки при помощи штангъ V и VI. Во избѣжаніе несчастныхъ случаевъ при окончаніи подъема имѣются самодѣйствующія приспособленія для остановки движенія.

Съ этой цѣлью на штангѣ VI насаженъ кулакъ z такъ, что его зацѣпляетъ подъёмная платформа сейчасъ же передъ достиженіемъ наивысшаго положенія; благодаря зацѣпленію кулака, штанга передвигается кверху, происходитъ перемѣ-

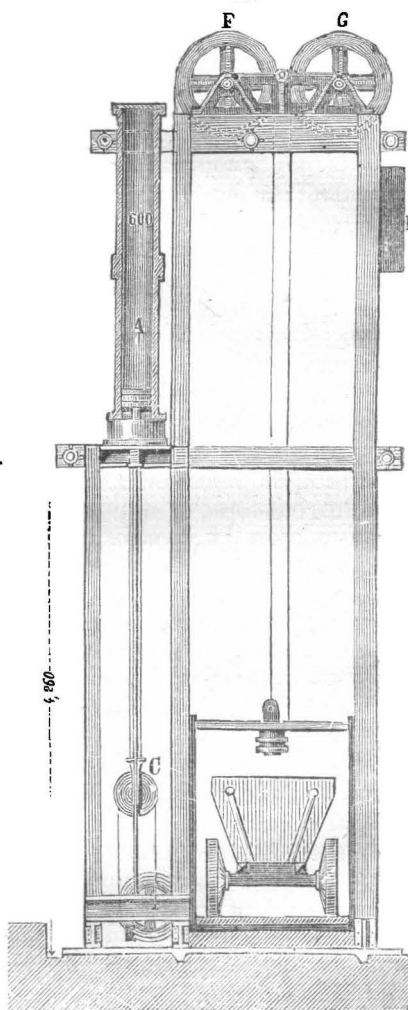
Колошниковый подъемъ для вагранокъ

$\frac{1}{60}$ НАТ. ВЕЛИЧИНА.

Фиг. 41.



Фиг. 42.

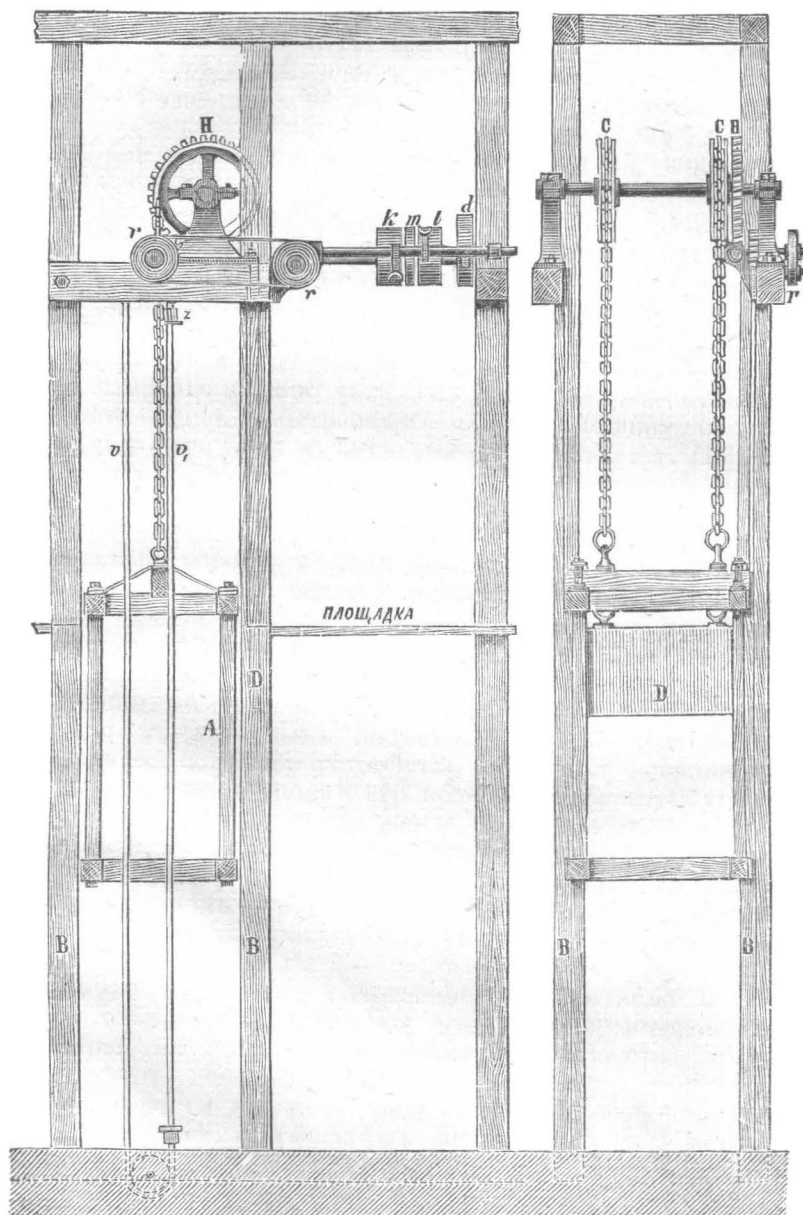


Колошниковый подъемъ для вагранокъ

$\frac{1}{60}$ НАТ.ВЕЛИЧИНА.

ФИГ. 43.

ФИГ. 44.



НБ
УДУНТ
ИПБТ

шеніе ремней и наступаетъ остановка машины. Точно такое же приспособленіе у нижняго конца штанги производитъ остановку при окончаніи опусканія.

Наконецъ, имѣется также самодѣйствующее тормозное приспособленіе для избѣжанія ударовъ при окончаніи опусканія и подыманія. На валу съ ремневыми шкивами насаженъ тормозный шкивъ съ тормозной лентой d, на него надавливающей. Эксцентренный шкивъ можетъ подымать или опускать штангу, соединенную съ однимъ концомъ тормозной ленты; эта послѣдняя прижимается, какъ только ремни передвинуты на холостые шкивы, и освобождается, когда ремень надвинуть на рабочій шкивъ.

Въ нѣкоторыхъ чугунолитейныхъ мастерскихъ пользуются гидравлическими подъемами. Въ вертикальномъ цилиндрѣ, устроенномъ подъ заводскимъ поломъ, движется поршень. Подъемъ совершается при помощи подвода въ цилиндръ воды подъ давленіемъ; вода получается, или изъ поставленнаго высоко чана, или лучше изъ аккумулятора. Опусканіе идетъ собственнымъ вѣсомъ поршня и платформы, если только вода имѣетъ выходъ на свободу. Поршень соединенъ съ поршневой штангой, направленной вверхъ; на верхнемъ концѣ послѣдней укрѣплена подъемная площадка, движущаяся между двумя направляющими столбами. Питательный насосъ можетъ непрерывно доставлять воду въ чанъ или аккумуляторъ; подъемъ же работаетъ періодически; такимъ образомъ для подъема можно пользоваться насосомъ сравнительно небольшой силы. Хотя гидравлическаго подъема отличается своимъ большимъ спокойствіемъ; несчастные случаи какъ, напр., при разрывѣ каната или цѣпи въ канатныхъ подъемахъ, здѣсь почти немислимы. Однако, подобное устройство обходится довольно дорого; при водянистой почвѣ его нелегко соорудить; углубленный въ почву цилиндръ долженъ имѣть высоту всего подъема и къ нему долженъ быть оставленъ доступъ; равнымъ образомъ не всегда бываетъ возможно устроить дешево быстрый отводъ отработавшей воды; зимою значительный морозъ можетъ произвести чувствительныя разстройства въ ходѣ.

Эти недостатки гидравлическаго подъема оказываются настолько тяжеловѣсными, что въ чугунолитейныхъ, не взирая на инныя несомнѣнныя преимущества, ихъ можно встрѣтить довольно рѣдко.

Скорости движенія при различныхъ ваграночныхъ подъемахъ лучше всего давать величину $\frac{3}{4}$ до 1 метра въ секунду¹⁾.

¹⁾ Для болѣе подробнаго изученія колошниковыхъ подъемовъ можно рекомендовать слѣдующую литературу: J. Weissbach, Lehrbuch der

3. Работы у вагранки и результаты дѣйствія.

Нѣсколькими частями ранѣе пуска въ ходъ подвергаютъ вагранку разогрѣванію. На горновомъ поду вагранки поддерживаютъ огонь дровами, торфомъ или инымъ легко воспламеняющимся и въ то же самое время дешевымъ горючимъ; въ это время дверца слабо прикрыта или вовсе не закрыта; въ нѣкоторыхъ же чугунолитейныхъ мастерскихъ закладываютъ лазъ крупными кусками кокса; воздухъ проникаетъ вовнутрь вагранки между послѣдними. Затѣмъ постепенно подбрасываютъ въ жаръ немного кокса; когда послѣдній загорится, тогда задѣлываютъ лазъ при помощи огнеупорной кладки и закрываютъ дверцу; въ такомъ случаѣ для воздуха остается доступъ вовнутрь вагранки черезъ выпускное отверстіе, по большей части еще не задѣлываемое.

Послѣ этого можно нагружать вагранку. Прежде всего въ вагранку забрасывается столько кокса, чтобы онъ наполнилъ вагранку до одной трети высоты, а при меньшихъ вагранкахъ до половины; даютъ возможность жару настолько развиться, чтобы передъ фурмами былъ видѣнъ раскаленный коксъ. Тогда попеременно забрасываютъ въ вагранку чугунныя и коксовыя колоши до окончательнаго наполненія вагранки. Вѣсовое отношеніе между коксовыми и чугунными колошами устанавливается по свойствамъ имѣющагося кокса и быстротѣ плавленія. Въ особенно благоприятныхъ случаяхъ, т. е. при употребленіи малозольнаго и плотнаго кокса и при быстромъ плавленіи (слѣдовательно, при достаточно большой производительности имѣющагося вентилятора) бываетъ возможнымъ плавить 100 клг. чугуна съ расходомъ 4 клг. кокса; въ большинствѣ случаевъ, однако, требуется 6 до 7 клг. кокса, такъ что на 1 клг. кокса насаживается въ вагранку 14 до 20 клг. чугуна. Самая подходящая величина колошъ зависитъ отъ діаметра вагранки. Новая колоша можетъ быть заброшена въ вагранку только послѣ соотвѣтствующаго схода ранѣе заброшенныхъ колошъ; чѣмъ больше величина колоши по сравненію съ діаметромъ вагранки, тѣмъ больше мѣста по высотѣ занимаетъ колоша въ вагранкѣ, тѣмъ сильнѣе должна опуститься ранѣе заброшенная сыпь и тѣмъ сильнѣе вагранка подвергается охлажденію при свѣжей колошѣ. Вполнѣ цѣлесообразно на 1 кв. метръ площади колошника давать въ колошу 80 клг. кокса;

Ingenieur- und Maschinenmechanik, 3 Theil, bearbeitet von G. Hermann 2 Abtheilung, 2 Auflage, Braunschweig 1880, Seite 69 bis 150

J. von Hauer, die Hüttenwesensmaschinen, 2 Auflage, Leipzig, 1876, Seite 260 und ff.

M. Rühlmann, Allgemeine Maschinenlehre, Band 4, Braunschweig, 1876, S. 360, 417.

Dürre, Anlage und Betrieb der Eisenhütten, Leipzig 1883, Band 2, S. 235.

НБ
УДУНТ
ИПБТ

величина чугунной колоши должна быть соразмѣрена согласно вышеприведеннымъ соображеніямъ.

Примѣръ. Вагранка, діаметромъ въ колошникѣ въ 0,6 метра, имѣетъ площадь колошника $= 0,28$ кв. м.; такимъ образомъ величина коксовыхъ колошъ будетъ $0,28 \times 80 = 22,4$ клг., круглымъ числомъ 25 клг. Величина чугунныхъ колошъ будетъ, соответственно свойствамъ кокса и подвода дутья 25×14 до 25×20 , т. е. 350 до 500 клг.

Коксовую золу и зерна песку, приставаго къ чугуну, надо превратить въ легкоплавкіе шлаки; въ специальныхъ случаяхъ особенно требуется связать сѣру въ коксѣ и помѣшать ей перейти въ чугунъ; всего этого достигаютъ путемъ прибавленія известняка въ каждую коксовую колошу. Весьма часто недостаточно оцѣниваютъ прибавленіе известняка и его важность въ качествѣ обезсѣривающаго средства¹⁾. Въ нѣкоторыхъ чугунолитейныхъ, напр., не находятъ нужнымъ прибавлять известняка къ коксу, взятому для задувки. Первые порціи чугуна плавятся въ вагранкѣ еще задолго до сгорания кокса, употребленнаго для задувки; онѣ стекаютъ по этому коксу и воспринимаютъ сѣру; попавъ въ горнѣ, чугунъ въ такомъ случаѣ не можетъ еще имѣть шлаковаго покрова; онъ подвергается окислительному дѣйствію газовъ, теряетъ часть своего кремнія и дѣлается бѣлымъ, благодаря происшедшимъ измѣненіямъ въ составѣ—воспринятію сѣры и отдачѣ кремнія. Этотъ случай полученія по первому началу бѣлаго чугуна, негоднаго для литья, можно наблюдать, весьма часто; въ такихъ случаяхъ обыкновенно не прибавили достаточнаго количества известняка къ коксу при задувкѣ²⁾.

Если чугунъ успѣлъ поглотить много сѣры, не лишившись значительнаго количества кремнія, то иногда можно наблюдать своеобразное явленіе: литье изъ перваго выпуска снаружи оказывается сѣрымъ, а внутри бѣлымъ. Произошло въ чугунѣ выдѣленіе сплавовъ и въ срединѣ получился сплавъ съ болѣе значительнымъ содержаніемъ сѣры. Количество известняка, вводимаго въ вагранку при плавленіи чугуна, зависитъ отъ содержанія въ коксѣ золы и отъ химическаго состава послѣдней; въ ваграночныхъ шлакахъ должно быть около 25% извести.

Само собой разумѣется, что и химическій составъ известняка играетъ здѣсь свою роль; чѣмъ больше въ немъ постороннихъ тѣлъ, а, слѣдовательно, чѣмъ меньше въ немъ извести, тѣмъ больше долженъ быть его расходъ.

¹⁾ Весьма основные шлаки не только мѣшаютъ сѣрѣ переходить въ чугунъ, но даже отъ послѣдняго отнимаютъ его собственную сѣру. Опыты въ этомъ отношеніи:

А. Ледебуръ, Металлургія чугуна, желѣза и стали (русскій переводъ 1898 года) томъ второй, стр. 355—356.

²⁾ Сравни опыты въ этомъ отношеніи: „Stahl und Eisen,“ 1885, S. 129.

Если на 1 часть коксовой золы брать $1\frac{1}{2}$ до 2 вѣсовыхъ частей известняка, то въ большинствѣ случаевъ можно быть увѣреннымъ, что въ шлакѣ содержится достаточное количество извести. Большая часть кокса содержитъ 8 до 10% золы; въ такомъ случаѣ надо было бы прибавлять 15 до 20 вѣсовыхъ частей известняка на 100 частей кокса. Еще болѣе значительное прибавленіе известняка (до 40% относительно кокса) по опыту оказывается безвреднымъ для теченія процесса плавленія; если въ коксѣ много сѣры, то это оказывается даже цѣлесообразнымъ.

Для разложенія известняка и для плавленія образовавшагося шлака нужна затрата тепла; вмѣстѣ съ увеличеніемъ количества известняка поэтому несомнѣнно возрастаетъ расходъ горючаго. Равнымъ образомъ и на печную кладку основные шлаки дѣйствуютъ сильнѣе. Во всякомъ случаѣ разница здѣсь слишкомъ мала въ сравненіи съ вредомъ, проистекающимъ отъ слишкомъ малаго количества известняка.

Колоши навѣшиваются на колошниковой площадкѣ при помощи находящихся тамъ вѣсовъ; однако, взвѣшиваютъ обыкновенно только чугуны; коксъ забрасываютъ по объему корзинами или деревянными ящиками, заключающими въ себѣ опредѣленное количество по вѣсу кокса для одной колоши. Равнымъ образомъ и известнякъ проше всего измѣряютъ при помощи небольшого ящика.

Величина отдѣльныхъ колошъ, особенно же чугунныхъ, во все время плавленія остается неизмѣнной. Если во время плавленія по какой-либо случайности, напр., вслѣдствіе продолжительной остановки, или по иной причинѣ наступило охлажденіе вагранки и расплавленный чугунъ сталъ обнаруживать густое состояніе и красноватую окраску, — тогда одинъ разъ забрасываютъ полуторную или двойную коксовую колошу; этимъ путемъ все зло можетъ быть исправлено.

Въ прежнее время часто имѣли обыкновеніе по началу забрасывать болѣе легкія чугунныя колоши и затѣмъ постепенно усиливать сыпь; это надо признать непростительной расточительностью въ расходованіи горючаго; при началѣ плавленія, напротивъ, вслѣдствіе сгорания кокса, употребленнаго для задувки, вагранка идетъ жарче всего и даетъ самый жидкій чугунъ. Ввиду сего иногда въ началѣ даютъ двойную колошу чугуна и это оказывается безвреднымъ для свойствъ расплавленнаго металла.

Когда вагранка наполнена описаннымъ способомъ, тогда пускаютъ дутье. Величина избираемой упругости дутья зависитъ, отчасти отъ производительной способности имѣющагося вентилятора, а отчасти отъ потребности литейной мастерской въ расплавленномъ металлѣ. Не всегда бываетъ возможно употреблять въ литье значительныя коли-

чества чугуна такъ быстро, какъ можетъ доставлять его вагранка при полномъ давленіи дутья; тогда приходится работать съ болѣе слабымъ дутьемъ. Быстрое плавленіе при значительномъ количествѣ дутья (упругость дутья въ 350 до 400 мм. водяного столба) способствуетъ лучшему использованию горючаго, уменьшенію расхода кокса; въ экономическомъ отношеніи оно весьма полезно. Объ этомъ, впрочемъ, не разъ ужъ говорилось.

Выпускное отверстіе остается открытымъ до тѣхъ поръ, пока не появится первый жидкій чугуны и не станетъ оттуда вытекать.

Этимъ путемъ часть продуктовъ горѣнія устремляется въ вагранкѣ внизъ къ выпускному отверстію, надлежаще прогревается здѣсь горны и особенно его подъ и, наконецъ, выдѣляется изъ выпускного отверстія длиннымъ снопомъ; этотъ послѣдній способствуетъ нагрѣву литейнаго жолоба. Безъ этой предосторожности первыя порціи чугуна охлаждаются настолько, что иногда чугуны застываетъ при первомъ выпускѣ, а затѣмъ вообще получается недостаточно жидкимъ.

По сей причинѣ необходимо наблюдать, чтобы выпускное отверстіе не было слишкомъ узкимъ. На послѣднее обстоятельство, впрочемъ, обращено было вниманіе выше. Иногда находили полезнымъ, кромѣ выпускного отверстія, оставлять въ ваграночномъ горну еще два или три отверстія для выхода газа. Этимъ путемъ несомнѣнно облегчается сильное прогреваніе ваграночнаго пода.

При вагранкахъ съ высасываніемъ продуктовъ горѣнія, конечно, нѣтъ возможности прогревать подъ при помощи выходящихъ газовъ. Въ этомъ случаѣ необходимо оставлять окружности горна отверстія для того, чтобы воздухъ могъ проникать въ вагранку при ея задувкѣ возможно ближе къ ваграночному поду.

Если вагранка снабжена шесткомъ, то послѣдній передъ задувкой долженъ быть предварительно прогрѣтъ при помощи дровъ или другого пламеннаго горючаго. Во время задувки черезъ шестокъ проходятъ газы, устремляющіеся наружу, и нагрѣваютъ его еще сильнѣе.

Когда въ выпускномъ отверстіи покажется жидкій чугуны бѣлаго цвѣта, свидѣтельствующаго о достаточномъ перегрѣвѣ чугуна, то отверстіе запираютъ при помощи глиняной пробки; эта пробка укрѣпляется на переднемъ концѣ деревяннаго шеста; пробка ставится на мѣсто при помощи несильнаго удара впередъ деревяннымъ шестомъ; передъ отнятіемъ шеста отъ выпускного отверстія надо сдѣлать имъ нѣсколько поворотовъ вокругъ его оси. Съ этого времени плавленіе уже идетъ своимъ обычнымъ чередомъ.

Если въ выпускномъ отверстіи покажется чугуны красно-ватаго цвѣта, то это служитъ признакомъ недостаточнаго

прогрѣва горна; въ этомъ случаѣ можно посовѣтовать пропустить прочь черезъ выпускное отверстіе часть чугуна и закрыть отверстіе только тогда, когда чугунъ приметъ болѣе удовлетворительный видъ.

Отъ времени до времени, по мѣрѣ накопленія чугуна въ горнѣ и по мѣрѣ надобности въ металлѣ, открываютъ выпускное отверстіе и при помощи лома (Spiess;—crowbar;—ringard) со стальнымъ наконечникомъ выпускаютъ необходимое количество металла. Во время плавленія въ вагранкѣ слѣдуетъ тщательно наблюдать за воздушными фурмами; въ случаѣ надобности слѣдуетъ ихъ очищать отъ шлаковыхъ настелей; для сего открываются контрольные отверстія и вводится лапчатый желѣзный ломъ съ долотообразнымъ остриемъ.

Послѣ окончанія загрузки въ вагранку количества чугуна, предназначеннаго въ одну плавку, перестаютъ уже сыпать въ вагранку матеріалы плавки; въ то же время дутье не прекращаютъ до тѣхъ поръ, пока передъ фурмами не перестанетъ показываться расплавленный металлъ. Послѣ этого останавливаютъ дутье; изъ горна выпускаютъ послѣдній чугунъ и жидкіе шлаки; затѣмъ открываютъ дверцу и лазъ. Изъ вагранки черезъ лазъ извлекаютъ остатки раскаленнаго кокса при помощи длинной желѣзной кочерги; въ вагранкахъ Krigar'a и Herbertz'a шахта опоражнивается обыкновенно черезъ донный затворъ; коксъ, извлеченный изъ вагранки, гасятъ водой и на слѣдующій день пользуются имъ при задувкѣ. При открытомъ лазѣ вагранка подвергается остыванію; это послѣднее даетъ возможность въ слѣдующее утро произвести необходимыя исправленія печной кладки.

При ваграночной плавкѣ обыкновенно задолжается 3 до 4 рабочихъ, именно одинъ плавильщикъ и два или три засыпщика. На обязанности плавильщика лежитъ прогрѣвъ вагранки, выпусканіе чугуна, наблюденіе за фурмами и вообще всѣ работы у вагранки внизу; ему же обыкновенно поручается надзоръ за прочими рабочими, занятыми при вагранкѣ. Весьма полезно, чтобы плавильщикъ зналъ работы каменьщика; онъ могъ бы тогда производить обыденныя исправленія шахты и пода вагранки.

Во время остановки вагранки засыпщиками припасаются на колошникѣ матеріалы плавленія; въ это время имъ дается обыкновенно одинъ рабочій въ помощь.

Число засыпанныхъ колошъ должно быть во время плавленія помѣчаемо на особой доскѣ; она даетъ свѣдѣнія о количествахъ употребленныхъ матеріаловъ плавленія; однако, гораздо лучше, для точности счетоводства, отпускать вагранкѣ изъ складовъ сразу болѣе значительныя количества чугуна и кокса, соответственно размѣрамъ потребления; эти-то количества и слѣдуетъ вводить въ счета. Сравненіе по-

требленія матеріаловъ съ данными колошниковой доски, конечно, вовсе не лишне. Во многихъ литейныхъ мастерскихъ не принимается вообще въ счетъ чугуна, получающійся въ видѣ отбросовъ при отливкѣ (литники, корки, бракованное литье и т. д.); все это непосредственно передается на колошникъ вагранки и поступаетъ въ переделку; по одной этой причинѣ уже учетъ потребленія чугуна со складовъ, по даннымъ колошниковой доски, представляется не подходящимъ.

Расходъ горючаго при ваграночномъ плавленіи, соответствуетъ данному количеству проплавляемаго чугуна, зависитъ отчасти отъ устройства вагранки, отчасти-же отъ свойствъ горючаго, количества дутья, количества проплавляемаго чугуна, а также отъ внѣшнихъ свойствъ чугуна. При значительномъ количествѣ мелкой чугунной лопи расходъ горючаго оказывается меньше, чѣмъ при употребленіи въ сыпь исключительно толстыхъ штыковъ. Равнымъ образомъ и способъ учета горючаго надо имѣть въ виду, когда рѣчь идетъ объ относительномъ расходѣ горючаго. По большей части принимаютъ въ расчетъ все количество израсходованнаго кокса, не исключая и кокса при задувкѣ вагранки. Въ этомъ случаѣ расходъ кокса на 100 килогр. расплавленного чугуна оказывается тѣмъ ниже, чѣмъ больше было проплавляемо чугуна въ каждую плавку. Если въ расчетъ берется только коксъ, идущій съ чугунными колошами, то расходъ кокса на 100 килогр. чугуна будетъ тѣмъ меньше, чѣмъ больше кокса пошло въ вагранку при задувкѣ, т. е., чѣмъ горячѣе вагранка была передъ наступленіемъ собственно плавленія. Если при задувкѣ вагранки не жалѣть кокса, то по началу можно проплавлять весьма значительныя количества чугуна съ поразительно малымъ расходомъ кокса въ колошахъ; вскорѣ, однако, приходится замѣтить, что расплавленный металлъ дѣлается все болѣе и болѣе густымъ; тепло, развитое коксомъ при задувкѣ и отчасти накопленное въ кладкѣ вагранки, при этомъ мало-по-малу расходуется и вагранка все болѣе и болѣе идетъ стылымъ ходомъ.

Изъ сказаннаго должно слѣдовать, что съ большою осторожностью слѣдуетъ принимать данныя, часто распространяемыя рекламами, относительно малаго расхода горючаго въ той или другой системѣ вагранокъ.

Въ большинствѣ случаевъ расходъ кокса, вмѣстѣ съ коксомъ для задувки, на 100 килогр. чугуна, колеблется въ предѣлахъ между 6 и 10 килограммами ¹⁾.

¹⁾ Нетрудно рассчитать, что дальнѣйшаго существеннаго пониженія расхода горючаго ожидать невозможно. 1 килогр. расплавленного и надлежаще перегрѣтаго сѣраго чугуна содержитъ въ себѣ, по опытамъ

Угаръ (Abbrand; — loss, decrease; — déchet, perte), т. е., потеря чугуна путемъ окисленія, разбрызгиванія и т. д., обыкновенно колеблется въ предѣлахъ отъ 3 до 6% относительно первоначальнаго вѣса чугуна. Уже было говорено, что окисляющее дѣйствіе вагранки проявляется тѣмъ сильнѣе, слѣдовательно, угаръ становится тѣмъ значительнѣе, чѣмъ съ меньшимъ расходомъ горючаго совершается плавленіе; химическій составъ чугуна, способъ веденія плавки, количество песку на кускахъ чугуна — все это вліяетъ на величину угара; съ другой стороны, теряется чугунъ при разбрызгиваніи во время выпуска изъ вагранки и отливки, часть его остается въ шлакахъ или коксѣ; чѣмъ съ большей тщательностью собирается этотъ чугунъ, тѣмъ меньше оказывается угаръ.

4. Химическій процессъ плавленія въ вагранкахъ.

По мѣрѣ схода внизъ въ ваграночной шахтѣ чугунъ все сильнѣе и сильнѣе нагрѣвается восходящимъ потокомъ газовъ; затѣмъ начинаетъ плавиться и стекать внизъ по каплямъ между раскаленными кусками горючаго; наконецъ, онъ скопляется въ горнѣ вагранки въ жидкомъ состояніи. На своемъ пути, особенно же во время ниспаданія каплями, чугунъ подвергается химическому воздѣйствію со стороны газового потока; ваграночные газы въ поясъ горѣнія и плавленія во всякомъ случаѣ содержатъ свободный кислородъ, а къ тому же и преобладающее количество углекислоты рядомъ съ не измѣненнымъ азотомъ. Чѣмъ плотнѣе горючее, чѣмъ труднѣе оно загорается, чѣмъ меньше расходъ горючаго, тѣмъ больше будетъ въ газахъ находиться окисляющихъ тѣлъ, тѣмъ сильнѣе будетъ идти окисленіе. Въ вагранкахъ, работающих на древесномъ углѣ, окисленіе будетъ

Gruener'a, 280 калорій; 0,06 килогр. кокса, расходуемая иногда при плавленіи, развиваютъ при своемъ полномъ горѣніи въ углекислоту около 420 калорій. Изъ всего количества тепла, имѣющагося въ горючемъ въ запасѣ, двѣ трети или 66 проц. идутъ въ дѣйствительную пользу печи, для плавленія чугуна. Часть развиваемаго тепла идетъ въ вагранкѣ на плавленіе шлаковъ, другая часть — для неизбежныхъ потерь черезъ лученоспусканіе и вмѣстѣ съ колонниковыми газами; нельзя поэтому не прийти къ заключенію, что вагранка въ своей теперешней формѣ представляется самымъ совершеннымъ изъ всѣхъ огненныхъ устройствъ. Даже при расходѣ кокса въ 10 килогр. на 100 килогр. чугуна, использованіе тепла въ вагранкѣ оказывается еще много лучше, чѣмъ въ большинствѣ другихъ печей.

поэтому меньше, чѣмъ въ коксовыхъ или антрацитовыхъ вагранкахъ ¹⁾).

Плавящійся и расплавленный металлъ подвержены въ вагранкѣ воздѣйствію газовъ гораздо меньше времени, чѣмъ въ пламенной печи; въ первой поэтому и величина угара меньше, чѣмъ въ послѣдней; въ прочихъ отношеніяхъ окисленіе проявляется весьма подобно въ обоихъ случаяхъ плавленія чугуна; также и порядокъ, въ коемъ различныя тѣла удаляются изъ чугуна, въ вагранкѣ оказывается почти тѣмъ же, что и въ пламенной печи.

Въ обоихъ случаяхъ легче всего окисляется марганецъ; чѣмъ больше въ расплавленномъ чугунѣ марганца, тѣмъ лучше инныя составныя части чугуна будутъ предохранены отъ выгорания за счетъ выгорания марганца. Такимъ образомъ, при переплавкѣ сильно марганцовистаго чугуна (напр. зеркальнаго), можетъ случиться, что процентное содержаніе кремнія въ расплавленномъ металлѣ нѣсколько увеличится.

Однако при обыкновенныхъ условіяхъ, т. е., при переплавкѣ чугуновъ, съ наибольшимъ содержаніемъ марганца въ 2%, рядомъ съ марганцемъ выгораетъ и кремній; въ результатѣ сѣрый чугунъ, послѣ каждой новой переплавки, дѣлается бѣднѣе графитомъ, тверже, и, наконецъ, переходитъ въ совершенно бѣлый. При прочихъ одинаковыхъ условіяхъ (при одинаковомъ окисляющемъ дѣйствіи плавильной печи), количество переплавокъ, необходимыхъ для превращенія сѣраго чугуна въ бѣлый, зависитъ отъ первоначальнаго содержанія въ чугунѣ кремнія, а равно и марганца. Марганецъ, за счетъ собственнаго выгорания, способствуетъ предохраненію кремнія отъ выгорания; такимъ образомъ, чугунъ съ марганцемъ дольше остается сѣрымъ, чѣмъ безъ него.

Элементарное желѣзо въ чугунѣ по количеству сильно преобладаетъ среди другихъ составныхъ частей; по этой причинѣ оно сильнѣе всего выставлено на дѣйствіе окисляющихъ газовъ. Хотя желѣзо само-по-себѣ труднѣе выгораетъ, чѣмъ марганецъ, кремній и углеродъ, однако, оно равнымъ образомъ не избѣгаетъ нѣкотораго выгорания.

¹⁾ Чугунъ въ вагранкѣ находится въ непосредственномъ соприкосновеніи съ раскаленнымъ углемъ; поэтому углеродъ чугуна всегда имѣетъ возможность возстановить свою потерянную часть; такимъ образомъ, углеродъ въ вагранкѣ

¹⁾ У насъ, а также въ Сѣверной Америкѣ, нерѣдко вагранки работаютъ на антрацитѣ и даютъ вполне удовлетворительные результаты; у насъ дѣлались попытки плавить въ вагранкахъ даже на нефти; въ этомъ послѣднемъ случаѣ трудно ожидать успѣховъ.

предохраненъ отъ выгоранія лучше, чѣмъ въ пламенной печи. Раньше уже упоминалось, что желѣзо и сталь не могутъ быть расплавлены въ вагранкѣ безъ превращенія ихъ въ чугуны; тѣмъ не менѣе чугуны, весьма богатый углеродомъ, можетъ потерять часть его.

Фосфоръ и сѣра при плавленіи въ вагранкѣ не удаляются; при коксовой переплавкѣ можетъ оказаться даже обогащеніе чугуна сѣрой; количество послѣдней могло бы достигнуть даже опасныхъ размѣровъ, если бы въ шихту не прибавлялось достаточнаго количества известняка; о значеніи послѣдняго въ этомъ отношеніи уже подробно сообщалось раньше (стр. 163).

Въ послѣднія десятилѣтія произведено довольно значительное количество изслѣдованій надъ измѣненіями, проявляющимися въ химическомъ составѣ чугуна при ваграночномъ плавленіи.

О вліяніи большого содержанія марганца можно составить себѣ вполне ясное понятіе по двумъ слѣдующимъ примѣрамъ ¹⁾:

| | Углеродъ. | Кремній. | Марганецъ. | Фосфоръ. | Сѣра. |
|------------------------------|-----------|----------|------------|----------------|----------------|
| Сѣрый марганцовистый чугуны: | | | | | |
| Химич. составъ до переплавки | 4,58 | 2,27 | 3,67 | Не опредѣлено. | Не опредѣлено. |
| послѣ однократной переплавки | 4,67 | 2,44 | 2,58 | | |
| Зеркальный чугуны: | | | | | |
| Химич. составъ до переплавки | 4,62 | 0,40 | 16,24 | Не | Не |
| послѣ однократной переплавки | 4,96 | 0,66 | 10,98 | | |

Въ обоихъ случаяхъ не только возросло процентное содержаніе кремнія, но также и углерода; въ то же время содержаніе марганца уменьшилось.

Небольшое содержаніе марганца во всякомъ случаѣ, если не препятствуетъ вполне выгоранію кремнія, то все же значительно его затрудняетъ. Это можно видѣть изъ слѣдующихъ опытовъ, при которыхъ три сорта чугуна были послѣдовательно переплавлены четыре раза ²⁾.

¹⁾ Согласно E. v. Köppen, Dinglers Polyt. Journal, Band 232, S. 53.

²⁾ Jahrbuch für Berg- und Hüttenwesen in Königreiche Sachsen auf das Jahr 1882. S. 5.

| | Угле- родъ. | Крем- ній. | Марга- нецъ. | Мѣдь. | Фос- форъ. |
|---|----------------|---------------|-----------------|-------|---------------|
| Чугунъ № 1 завода „Gutehoffnungshütte“: | | | | | |
| Химич. составъ до переплавки | 4,15 | 2,05 | 0,77 | 0,06 | 0,61 |
| послѣ четырехкрат- ной переплавки | 3,49 | 1,55 | 0,12 | 0,05 | 0,72 |
| Шотландскій чугунъ „Coltnes“ № I: | | | | | |
| Химич. составъ до переплавки | 4,05 | 2,52 | 1,27 | 0,05 | 0,72 |
| послѣ четырехкрат- ной переплавки | 3,49 | 2,07 | 0,46 | 0,07 | 0,87 |
| Чугунъ завода „Gleiwitz“: | | | | | |
| Химич. составъ до переплавки | 4,17 | 1,52 | 2,08 | 0,08 | 0,33 |
| послѣ четырехкрат- ной переплавки | 3,68 | 1,33 | 0,73 | 0,08 | 0,47 |

Чугунъ съ наибольшимъ содержаніемъ марганца потерялъ здѣсь меньше всего кремнія; относительно первоначальнаго содержанія уменьшеніе въ содержаніи кремнія послѣ четырехкратной переплавки составляло для „Gutehoffnungshütte“—24,6 проц.

Равнымъ образомъ о вліяніи повторенныхъ переплавокъ можно весьма ясно судить по слѣдующимъ анализамъ ¹⁾:

| | Химическій составъ. | | | | | |
|-----------------------------|---------------------|----------|----------------------------|-----------------|---------------|-------|
| | Кремній. | Графитъ. | Угле- родъ во- обще. | Марга- нецъ. | Фос- форъ. | Сѣра. |
| Чугунъ до переплавки. | 2,30 | 2,35 | 3,10 | 2,00 | 0,29 | 0,06 |
| послѣ 1-кратной переплавки. | 2,42 | 2,73 | 3,33 | 1,09 | 0,31 | 0,04 |
| 2 | 2,29 | 2,57 | 3,32 | 0,80 | 0,32 | 0,05 |
| 3 | 1,92 | 2,48 | 3,30 | 0,66 | 0,27 | 0,05 |
| 4 | 1,38 | 2,54 | 3,34 | 0,44 | 0,30 | 0,10 |
| 5 | 1,30 | 2,16 | 3,31 | 0,45 | 0,30 | 0,09 |
| 6 | 1,16 | 2,08 | 3,34 | 0,36 | 0,28 | 0,20 |

¹⁾ По Jungst'y, Schmelzversuche mit Ferrosilicium, S. 98.

НБ
УДУНТ
ИПБТ

Во время первой переплавки содержаніе марганца было довольно значительное; поэтому-то содержаніе кремнія послѣ первой переплавки ни только не уменьшилось, но даже нѣсколько увеличилось; въ то же самое время марганецъ выгорѣлъ почти на-половину; затѣмъ кремній уже правильно выгораетъ все больше и больше. Вмѣстѣ съ кремніемъ уменьшается и количество графита, хотя общее содержаніе углерода скорѣе возрастаетъ, чѣмъ уменьшается. Это явленіе весьма понятно, на основаніи ранѣе изложеннаго вліянія кремнія на образованіе графита.

Въ послѣднихъ примѣрахъ достойно вниманія возрастаніе при переплавкахъ количества сѣры; ея процентное содержаніе увеличивается почти постоянно, и особенно сильно при послѣднихъ переплавкахъ.

Такимъ образомъ, при переплавкѣ несомнѣнно измѣняется химическій составъ чугуна; поэтому для полученія послѣ переплавки чугуна опредѣленнаго состава, въ шихту надо употреблять чугунъ съ извѣстнымъ расчетомъ на выгораніе нѣкоторыхъ составныхъ частей. Если въ чугунѣ количество марганца не превышаетъ 1%, то при каждой переплавкѣ выгораетъ въ среднемъ пятая часть кремнія. Содержаніе марганца, смотря по его первоначальному количеству, обыкновенно уменьшается на одну четверть до одной трети при каждой переплавкѣ.

За измѣненіемъ химическаго состава переплавленного чугуна должно слѣдовать измѣненіе въ свойствахъ металла, а особенно въ свойствахъ механическаго сопротивленія.

При очень кремнистомъ и графитистомъ чугунѣ переплавка сначала ведетъ къ увеличенію механическаго сопротивленія до тѣхъ поръ, пока количество кремнія не упадетъ, при повторенныхъ переплавкахъ, ниже извѣстнаго предѣла, необходимаго для достаточнаго выдѣленія графита. Если чугунъ первоначально не былъ богатъ кремніемъ, то механическое сопротивленіе его можетъ уменьшиться уже послѣ первой переплавки. Въ только что приведенныхъ опытахъ съ чугуномъ, содержащимъ 2,30% кремнія, сопротивленіе изгибу послѣ первой переплавки составляло 23,2 килогр.; затѣмъ, при каждой послѣдующей переплавкѣ оно возрастало до четвертой переплавки, послѣ которой получилась наибольшая величина сопротивленія изгибу въ 37,1 килогр.; затѣмъ это сопротивленіе стало быстро уменьшаться и послѣ шестой переплавки составляло уже только 21,7 килогр.

Шлаки при плавленіи въ вагранкѣ являются неизбѣжнымъ и даже необходимымъ побочнымъ продуктомъ; по ихъ химическому составу также можно дѣлать нѣкоторое полезное заключеніе относительно явленій, происходящихъ внутри вагранки. Шлаки, для своего образованія, получаютъ матеріалъ отъ выгоранія въ чугунѣ кремнія, марганца и желѣза, изъ

известняка, прибавленнаго въ шихту, изъ золы горючаго и, отчасти, отъ выгорания печной кладки. Чѣмъ больше было при плавленіи введено известняка, чѣмъ болѣе основные поэтому шлаки, тѣмъ меньшую роль играютъ другія тѣла; значительное содержаніе въ шлакахъ желѣза, во всякомъ случаѣ, говоритъ о происходившемъ сильномъ окисленіи; при этомъ чугуны могутъ легко оказаться склоннымъ къ отбѣливанію.

Ниже приводится нѣсколько примѣровъ химическаго состава ваграночныхъ шлаковъ:

| | | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|------|-------|------|----------------|----------------|
| Шлакъ изъ вагранки Kriga'a по Fischer'y ¹⁾ | 56,04 | 11,55 | 15,34 | 4,02 | 9,73 | 0,51 | 0,17 | 0,21 |
| Шлакъ другой вагранки по Fischer'y ²⁾ | 55,01 | 11,61 | 14,91 | 1,06 | 15,05 | 0,49 | 0,22 | 0,28. |
| Шлакъ третьей вагранки по Fischer'y | 50,48 | 10,68 | 20,98 | 4,01 | 9,85 | 0,84 | 0,18 | 0,22 |
| Шлакъ изъ вагранки Ibrügger'a, взятый вскорѣ послѣ начала плавленія; полученный чугунъ былъ мягкій, сѣрый. Мое изслѣдованіе | 50,77 | 13,24 | 18,52 | 3,58 | 12,75 | 0,75 | не определено. | не определено. |
| Шлакъ изъ предыдущей вагранки, взятый къ концу плавленія. Чугунъ былъ твердый, склонный къ отбѣливанію ²⁾ . Мое изслѣдованіе | 47,75 | 12,35 | 23,85 | 3,34 | 11,69 | 0,47 | не определено. | не определено. |
| Основные шлаки изъ вагранки Kriga'a. Мое изслѣдованіе | 46,70 | 9,30 | 7,36 | 2,79 | 31,44 | 0,15 | 0,40 | 0,50 |

Главное различіе въ химическомъ составѣ различныхъ шлаковъ лежитъ въ содержаніи извести и закиси желѣза. Чѣмъ больше этихъ тѣлъ въ шлакахъ, тѣмъ меньше должно быть въ нихъ содержаніе кремнезема. Чѣмъ сильнѣе было окисляющее дѣйствіе вагранки, тѣмъ больше должно было получиться въ шлакахъ содержаніе закиси желѣза.

Наконецъ, колошниковые газы являются третьимъ продуктомъ, позволяющимъ судить о процессѣ ваграночнаго плавленія. Если не принять во вниманіе небольшихъ количествъ сѣрнистаго газа и водорода, то колошниковые газы вагранки состоятъ главнымъ образомъ изъ азота, углекислоты, окиси углерода, и иногда свободного кислорода. Присутствіе въ газахъ свободного кислорода служить призна-

¹⁾ Dinglers, Polyt. Journal, Band 231, S. 28.

²⁾ Сравни замѣчанія при описаніи вагранки Ibrügger'a.

комъ неполнаго потребленія кислорода, введеннаго въ вагранку; этотъ случай бываетъ особенно тогда, когда часть дутья имѣетъ возможность подыматься кверху тутъ же по стѣнкамъ вагранки.

Чѣмъ больше въ колошниковыхъ газахъ отношеніе между углекислотой и окисью углерода, тѣмъ больше тепла было извлечено изъ горючаго, съ тѣмъ меньшимъ расходомъ горючаго можетъ идти плавленіе; но за то и сильнѣе было окисляющее дѣйствіе газовъ. Отношеніе между количествомъ углекислоты и окиси углерода можетъ довольно отчетливо указывать главныя черты даннаго плавленія.

| | Азотъ, | Угле- кислота | Окись угле- рода. | Кисло- родъ. |
|---|---------------------|------------------|-------------------------|-----------------|
| | Проценты по объему. | | | |
| Газы изъ прежнихъ вагранокъ (1844). По Ebelmen'y ¹⁾ | 73,36 | 11,65 | 14,16 | — |
| Подобно предыдущему | 73,96 | 11,60 | 13,56 | — |
| Газы изъ вагранки Krigar'a. Средній анализъ изъ 20 опредѣленій. По Fischer'y ²⁾ | 79,7 | 16,4 | 3,9 | — |
| Газы изъ другой вагранки Krigar'a. Средній анализъ изъ 6 опредѣленій По Fischer'y ²⁾ . | 81,6 | 13,3 | 5,1 | — |
| Газы изъ новѣйшей вагранки Krigar'a. Средній анализъ изъ 7 опредѣленій. По Fischer'y. | 79,5 | 13,1 | 7,4 | — |
| Подобно предыдущему. Средній анализъ изъ 15 опредѣленій. По Fischer'y ²⁾ . | 78,5 | 15,1 | 6,4 | — |
| Газы изъ вагранки Ireland'a. По Beckert'y ³⁾ | не опред. | 13,8 | 4,0 | — |
| Подобно предыдущему | не опред. | 12,5 | 11,7 | — |
| | не опред. | 15,0 | 8,0 | — |
| Газы изъ вагранки Greiner'a и Erpf'a ⁴⁾ | 79,9 | 18,7 | 1,2 | — |
| Газы изъ вагранки Herbertz'a. По Beckert'y ³⁾ . | не | 10,7 | — | 6,7 |
| Подобно предыдущему | опред. | 11,5 | 3,4 | 8,2 |

Въ вагранкахъ Greiner'a и Erpf'a, а также Herbertz'a было наблюдаемо самое полное горѣніе; въ послѣдней, впрочемъ, это происходило при введеніи сравнительно значительнаго избытка воздуха.

¹⁾ Annales des mines, Sér. IV, t. 5, p. 61.

²⁾ Dinglers Polyt. Journal, Band 231, S. 38.

³⁾ „Stahl und Eisen“ 1886, S. 557.

⁴⁾ Journ. of the Iron and Steel Institute, 1888, II, p. 247.

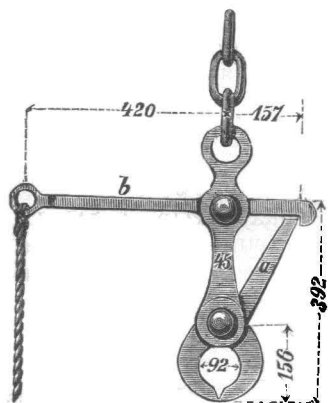
ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

Различные вспомогательныя приспособленія литейныхъ мастерскихъ.

1. Копры.

Въ большихъ чугунолитейныхъ мастерскихъ копрами (Ramm, Fallwerk; — pile-driver, ram, ram-engin; — somette, batte) пользуются для разбиванія тяжелыхъ бракованныхъ и инвентарныхъ чугунныхъ частей, предназначенныхъ въ переплавку; этимъ путемъ устраняется тяжелый и мѣшкотный трудъ ручного разбиванія. Чугунная баба, вѣсомъ около 500 килогр. и болѣе, снабжена желѣзнымъ ухомъ, залитымъ въ чугунъ и защищеннымъ отъ поврежденій при ея паденіи; къ уху прикрѣпляется канатъ или цѣпь; бабу приподымаютъ на 6 до 10 метровъ въ высоту и заставляютъ ее свободно падать внизъ на чугунные куски, предназначенные къ разбиванію.

Для облегченія въ срываніи поднятой бабы не закрѣпляютъ ее крѣпко къ цѣпи, а захватываютъ при помощи особыхъ клещей (такъ называемаго подъемнаго ключа). Какъ только баба приподнята на соответствующую высоту, тотчасъ снизу дергаютъ за веревку, укрѣпленную къ подъемному ключу; этотъ послѣдній раскрывается и баба, сорвавшись съ цѣпи, летитъ внизъ. На фиг. 45 представленъ подобный подъемный ключъ. Изъ чертежа легко замѣтить, что рычагъ *a* подъ тяжестью привѣшенной бабы производитъ давленіе на выступъ рычага *b* съ правой стороны; въ это время подъемный ключъ закрытъ; стоитъ, однако, только сильно дернуть за веревку, укрѣпленную къ лѣвому плечу



Черт. 45.

НБ
УДУНТ
ИПБТ

рычага *b*, какъ ключъ открывается. Подъемная цѣпь вверху проходить черезъ блокъ, прикрѣпленный къ деревянному станку. Деревянный станокъ обыкновенно состоитъ изъ трехъ довольно толстыхъ и длинныхъ бревенъ, поставленныхъ въ пирамиду; вверху эти бревна связаны при помощи деревяннаго или чугунаго колпака; къ этому послѣднему прикрѣпленъ крюкъ для поддержки блока. Хорошо нижними концами задѣлывать бревна станка въ чугунныя башмаки. Къ одному изъ бревенъ укрѣплена лебедка; она снабжена тормознымъ устройствомъ; этимъ послѣднимъ можно воспользоваться въ любой точкѣ подъема бабы; слѣдовательно, въ любое время можно дернуть за шнуръ и сорвать бабу. Мѣсто ниспаданія бабы должно быть обведено крѣпкимъ заборомъ; это необходимо для предохраненія отъ поврежденій какъ рабочихъ, такъ и лебедки при помощи выбрасываемыхъ осколковъ разбитаго чугуна.

При постоянной работѣ копра и особенно при разбиваніи крупныхъ кусковъ часто пользуются для работы лебедки паромъ; большимъ вѣсомъ бабы въ этомъ случаѣ вполне оправдывается примѣненіе пара.

2. Краны.

а) Различные виды крановъ.

Краномъ (Krahn; — crane; — grue) называется приспособленіе для подъема тяжестей и для перенесенія ихъ на большее разстояніе. Тяжесть на блокъ подвѣшивается къ крану при помощи цѣпи или каната. Для подыманія тяжестей должна быть примѣнена небольшая сила; поэтому между точкой зацѣпленія груза и точкой приложенія подъемной силы должна находиться лебедка и полиспастъ; для малыхъ крановъ достаточно одного изъ этихъ устройствъ, а для большихъ требуется соединенное дѣйствіе обоихъ.

По способу передвиженія приподнятаго груза можно раздѣлить краны на двѣ главные категоріи.

1. Поворотные краны: (Drehkrahn; — turning-crane, rotage-crane; — grue tournante, grue à pivot). Подымаемый грузъ подвѣшенъ здѣсь къ горизонтальному или наклонному плечу; вмѣстѣ съ этимъ плечомъ, онъ можетъ поворачиваться вокругъ постоянной оси. Въ поворотныхъ кранахъ, употребляемыхъ въ чугунолитейномъ дѣлѣ, подвѣсное плечо крана всегда дѣлается горизонтальнымъ; при этомъ точка подвѣски груза можетъ передвигаться по подвѣсному плечу; такимъ образомъ получается возможность подымать и передвигать грузъ въ любой точкѣ круга дѣйствія крана; діаметръ круга дѣйствія крана равенъ двойной длинѣ подвѣснаго плеча.

Кругъ дѣйствія поворотныхъ крановъ довольно ограниченъ; онъ зависитъ отъ длины подвѣснаго плеча крана; кромѣ сего, изъ круга дѣйствія поворотнаго крана долженъ быть исключенъ кругъ діаметромъ по меньшей мѣрѣ въ $1\frac{1}{2}$ метра, необходимый для установки вертикальнаго плеча и работы у лебедки.

Однако поворотный кранъ работаетъ весьма просто; движеніе при помощи его можетъ совершаться легко и быстро. Для работъ, совершаемыхъ на одномъ и томъ же мѣстѣ, напр., для подъема опокъ и моделей при изготовленіи литейныхъ формъ особенно охотно пользуются поворотнымъ краномъ ради указанныхъ несомнѣнныхъ преимуществъ его.

2. Мостовые краны (Laufkrahne;—overhead travelling crane;—grue à chariot, pont roulant) Передвиженіе груза происходитъ здѣсь одновременно съ передвиженіемъ всего крана; этотъ послѣдній для этой цѣли установленъ на тѣлѣжкѣ, движущейся горизонтально по рельсамъ. Тѣлѣжка можетъ ходить по рельсамъ или приподнятымъ на значительную высоту, или же находящимся на уровнѣ заводскаго пола; въ первомъ случаѣ получается мостовой кранъ, въ тѣсномъ значеніи этого слова, а во второмъ—кранъ на бѣгунахъ. По поперечной балкѣ тѣлѣжки въ мостовомъ кранѣ можетъ двигаться лебедка въ направленіи, перпендикулярномъ къ направленію движенія самого крана.

Мостовой кранъ работаетъ въ предѣлахъ четырехугольника; ширина послѣдняго равна длинѣ балки (ширинѣ колеи), а длина можетъ быть произвольно большою.

При движеніи мостового крана по приподнятымъ рельсамъ рабочее пространство подъ нимъ не встрѣчаетъ никакихъ ограниченій. Возможность работать однимъ и тѣмъ же мостовымъ краномъ на произвольно длинномъ пространствѣ, а также отсутствіе при немъ непроизводительныхъ площадей, казалось бы, должны были бы обезпечить ему значительный перевѣсъ надъ поворотнымъ краномъ. Однако, это преимущество мостовыхъ крановъ существенно умалается ихъ недостатками; мостовые краны обыкновенно довольно громоздки; ихъ передвиженіе по длинѣ рабочаго пространства не только требуетъ больше работы, чѣмъ при поворотныхъ кранахъ, но въ то же самое время передвиженіе происходитъ гораздо медленнѣе. Благодаря этому, съ большими неудобствами сопряжено послѣдовательное пользованіе однимъ и тѣмъ же мостовымъ краномъ на значительныхъ разстояніяхъ; въ большихъ чугунолитейныхъ мастерскихъ, работающих мостовыми кранами, во избѣжаніе нежелательной траты времени на пробѣги крана, устанавливаютъ на одномъ и томъ же пути нѣсколько мостовыхъ крановъ; такимъ образомъ каждому изъ нихъ приходится работать на сравнительно небольшомъ пространствѣ. Работа на мостовомъ кранѣ не такъ проста, какъ

на поворотномъ. Небольшіе мостовые краны могутъ быть приводимы въ движеніе съ земли при помощи ручныхъ цѣпей. При большихъ мостовыхъ кранахъ наверху, на подвижной лебедкѣ, должны быть одинъ или нѣсколько человѣкъ: они производятъ подъемъ грузовъ или передвиженіе крана; въ случаѣ работы паромъ машинистъ управляетъ краномъ наверху. Всѣмъ этимъ удорожается пользованіе мостовымъ краномъ. Равнымъ образомъ и устройство мостового крана обходится дороже поворотнаго при одинаковой подъемной способности обоихъ. Практики, работавшіе кранами обоихъ типовъ, для обыкновенныхъ надобностей литейной мастерской, особенно при изготовленіи литейныхъ формъ, нерѣдко предпочитаютъ поворотные краны мостовымъ.

При выборѣ того или другого типа крановъ для надобностей литейной мастерской мостовому крану надо отдавать преимущество тогда, когда литейная мастерская невелика и пробѣгъ для крановъ малъ; рабочее пространство при этомъ можетъ быть возможно лучше использовано. При помощи единственнаго мостового крана соответственной ширины получается въ такомъ случаѣ возможность работать въ любой точкѣ рабочаго пространства. Въ большихъ литейныхъ мастерскихъ полезно примѣнять одновременно оба типа крановъ; для постоянно повторяющихся работъ въ опредѣленныхъ мѣстахъ, особенно же для изготовленія литейныхъ формъ, пользуются поворотными кранами; для передвиженія значительныхъ грузовъ на большія разстоянія (напр., крупнаго литья, литейныхъ котловъ съ расплавленнымъ металломъ и проч.) удобнѣе пользоваться мостовыми кранами достаточной подъемной силы. Подробнѣе о совмѣстномъ примѣненіи обоихъ типовъ крановъ будетъ сказано въ седьмой главѣ.

Краны на бѣгунахъ состоятъ изъ тѣлѣжки, движущейся по рельсамъ на уровнѣ заводскаго пола; краны на бѣгунахъ занимаютъ въ литейной еще больше мѣста, чѣмъ поворотные краны; при обыкновенныхъ работахъ поэтому въ литейномъ дѣлѣ ихъ не примѣняютъ. Краны этого рода находятъ часто примѣненіе внѣ построекъ въ складахъ опокъ и отлитыхъ издѣлій; они удобны для подыманія тяжелыхъ грузовъ и для ихъ передвиженія на значительныя разстоянія; кромѣ того, подобные краны можно встрѣтить въ большихъ сталелитейныхъ мастерскихъ для доставки большихъ литейныхъ котловъ съ расплавленной сталью отъ плавильныхъ печей къ мѣсту отливки. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ, равнымъ образомъ чувствуется недостаточно совершенное использование мѣста этими кранами; однако, въ этомъ случаѣ избѣгается участіе цѣпей или канатовъ, а потому и опасность при употребленіи этихъ крановъ не такъ велика, какъ при поворотномъ или мостовомъ кранахъ.

Въ мартеновскомъ и бессемеровскомъ производствѣ стали съ передвиженіемъ значительныхъ массъ жидкаго металла приходится имѣть дѣло послѣ каждой плавки; въ сталелитейномъ же дѣлѣ — въ случаѣ надобности для крупнаго литья. Въ сталелитейномъ производствѣ устраненіе названной опасности оказывается поэтому болѣе настоятельной потребностью, чѣмъ въ сталелитейномъ дѣлѣ. Въ стальномъ дѣлѣ достигаютъ этой цѣли путемъ примѣненія крановъ на бѣгунахъ безъ подвѣшиванія груза на цѣпяхъ или канатахъ. Подробнѣе объ этихъ кранахъ на бѣгунахъ читатель найдетъ въ нижеприводимой литературѣ.

Кранамъ сообщается движеніе или руками, или паромъ, или же при помощи гидравлическаго давленія.

Ручные краны передъ прочими представляютъ несомнѣнное преимущество въ отношеніи значительной простоты, болѣе дешеваго устройства и болѣе легкаго ухода. При постоянномъ подъемѣ небольшихъ грузовъ ручной кранъ несомнѣнно представляетъ преимущества; имъ весьма удобно также пользоваться при подъемѣ болѣе значительныхъ грузовъ, если пользованіе краномъ происходитъ въ значительныхъ промежуткахъ времени.

Если для движенія крана примѣняется постоянная паровая машина, то работа передается главному валу крана или нѣсколькихъ крановъ при помощи вала или безконечнаго каната; съ главнымъ валомъ крана сопряжены всѣ движенія, присущія ему, такимъ образомъ, что движущіяся части могутъ быть, по желанію, приводимы въ движеніе или же останавливаемы.

Краны на бѣгунахъ большею частью снабжены самостоятельною паровою машиною и паровымъ котломъ при ней. Въ большомъ производствѣ паровые краны несомнѣнно приносятъ большое сбереженіе въ работѣ и времени, особенно же, если часто приходится подымать большіе грузы; въ то же самое время для ухода за паровымъ краномъ неотлучно нуженъ рабочій; при паровыхъ кранахъ поломки случаются чаще, чѣмъ при ручныхъ кранахъ; стоимость пара оказывается тѣмъ болѣе ощутительной, чѣмъ меньше кранъ задерживается работой.

Въ стальномъ производствѣ для подъема и передвиженія котловъ съ жидкою сталью нерѣдко пользуются гидравлическими кранами. Гидравлическіе краны сооружаются по типу поворотныхъ крановъ и по типу крановъ на бѣгунахъ. Краны первого рода отличаются простотой своего устройства; горизонтальная подвѣсная балка задѣлывается въ свободный конецъ вертикальнаго поршневаго столба; къ концу подвѣсной балки подвѣшивается подымаемый грузъ; этотъ послѣдній,

вмѣстѣ съ подвѣсной балкой можетъ вращаться вокругъ поршневого столба.

Путемъ введенія воды подъ поршень происходитъ подыманіе груза, опусканіе же идетъ при выпусканіи воды. Вода подъ давленіемъ доставляется къ этимъ кранамъ отъ аккумулятора. При гидравлическомъ кранѣ на бѣгунахъ, на его телѣжкѣ устанавливаются не только водяные насосы и водяной чанъ для питанія насосовъ водой, но также и паровой котель съ паровой машиной для дѣйствія насосовъ ¹⁾. Эти послѣдніе краны не такъ просты по своему устройству, какъ поворотные гидравлическіе краны; но за то даютъ они возможность работать на большей площади.

Гидравлическіе краны представляются менѣе опасными для перемѣщенія болѣе значительныхъ количествъ жидкаго металла, чѣмъ другіе краны; цѣпей или канатовъ при нихъ вовсе не примѣняютъ.

Однако, подобные краны были бы неудобны для другихъ надобностей литейнаго производства, какъ напр., для подъема опокъ, выниманія моделей изъ литейныхъ формъ и т. д. Въ исключительныхъ случаяхъ и для этихъ надобностей пользуются гидравлическими кранами; здѣсь, однако, отдѣльные движущіяся части сопряжены съ гидравлическимъ цилиндромъ при помощи канатовъ или цѣпей. Для дѣйствія гидравлическихъ крановъ нужно снабженіе водой подъ давленіемъ, необходимо устройство водопровода и распредѣлительныхъ приборовъ и т. д.; стоимость устройства гидравлическихъ крановъ и пользованіе ими обходятся сравнительно дорого. Цѣлое устройство вообще слишкомъ мало отличается простотой для того, чтобы можно было признать его вполне удачнымъ ²⁾.

б) Приспособленія къ подъемнымъ кранамъ.

При обыкновенныхъ кранахъ съ цѣпнымъ или канатнымъ подвѣшиваніемъ грузовъ, на концѣ цѣпи или каната находится блокъ съ желѣзнымъ подвѣснымъ крюкомъ; къ этому крюку подвѣшивается грузъ. Краны въ литейномъ дѣлѣ снабжаются простыми крюками, для другихъ же надобностей, напр., при перегрузочныхъ кранахъ, употребляются двойные крюки (съ двумя обоями на общемъ стержнѣ).

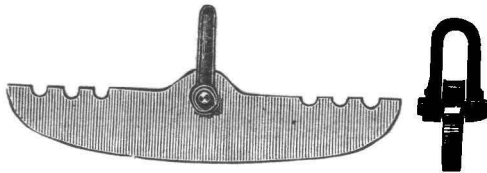
¹⁾ Чертежи гидравлическихъ поворотныхъ и бѣгунныхъ крановъ А. Ledebur, Eisenhüttenkunde. S. 825; „Stahl und Eisen“ 1883, S. 667; Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, 1869, S. 1. „Stahl und Eisen“, 1890, S. 1042.

²⁾ Литература относительно крановъ: W. H. Uhland, Die Hebeapparate, deren Konstruktion, Anlage und Betrieb; Jena, 1882; I. Linke und Gutermuth, Hebemaschinen, Leipzig, 1890; A. Ernst, Die Hebezeuge, Berlin 1883; M. Rühlmann, Allgemeine Maschinenlehre, Band 4, Braunschweig, 1875; J. Weisbach, Ingenieure- und Maschinenmechanik, Theil 3, bearbeitet von G. Hermann, Braunschweig, 1880.

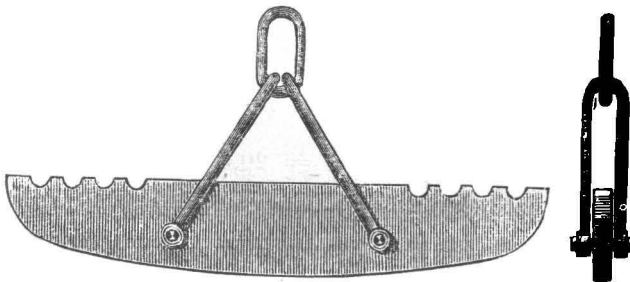
Въ литейномъ дѣлѣ нерѣдко приходится встрѣчаться съ задачей подымать и передвигать длинные предметы въ горизонтальномъ положеніи: напр., опоки, литье и т. д. Для облегченія подвѣски къ крюку крана и для сохраненія горизонтальнаго положенія подымаемаго и передвигаемаго предмета въ этомъ случаѣ между крюкомъ и подымаемымъ предметомъ вводится промежуточное приспособленіе, называемое балансиромъ; балансиръ для литейныхъ крановъ является необходимымъ приспособленіемъ.

Балансиры большею частію приготовляются изъ чугуна; къ крюку они подвѣшиваются такимъ образомъ, что могутъ выдерживать довольно неравномѣрную нагрузку, не выходя изъ горизонтальнаго положенія.

На фиг. 46 изображенъ балансиръ для небольшихъ грузовъ, на фиг. же 47 — балансиръ, примѣняемый обыкновенно при большихъ грузахъ. Вырѣзки на верхнемъ ребрѣ балансировъ служатъ для устраненія скольженія при под-



Черт. 46.



Черт. 47.

вѣскѣ грузовъ. Само собою разумѣется, что балансиръ долженъ обладать достаточными размѣрами, во избѣжаніе опасности отъ поломки при подыманіи груза; въ то же самое время, рядомъ съ подъемною способностью балансира растетъ его собственный вѣсъ и вмѣстѣ съ тѣмъ растетъ работа, необходимая для подъема.

По этой причинѣ въ литейныхъ мастерскихъ держать въ запасѣ нѣсколько балансировъ различной величины; во избѣжаніе опасной ошибки при перемѣнѣ балансировъ, полезно

на каждомъ изъ нихъ отчетливо отливать цифру наибольшей допустимой нагрузки.

При проектированіи балансира по данной нагрузкѣ можно поступить слѣдующимъ образомъ:

Такъ называемое опасное сѣченіе находится въ точкахъ подвѣски балансира къ крюку крана. Обозначимъ черезъ P всю нагрузку на балансиръ въ килограммахъ; L пусть будетъ разстояніе въ метрахъ между крайними точками подвѣски груза къ балансиру и точкой подвѣски балансира къ крюку (при балансирѣ фиг. 47, отъ одной изъ точекъ подвѣски балансира къ крюку); b и h обозначаютъ ширину и высоту прямоугольнаго поперечнаго сѣченія балансира въ сантиметрахъ. Такимъ образомъ, для опаснаго сѣченія имѣемъ формулу

$$bh^2 = \frac{PL}{1,6}.$$

По избранной величинѣ для b (обыкновенно берутъ 2,5 до 5 сант., сообразно съ длиной балансира и величиной нагрузки) уже опредѣляется величина h

$$h = \sqrt{\frac{PL}{1,6b}}.$$

Примѣръ. Балансиръ долженъ выдержать наибольшій грузъ въ 2000 килогр.; балансиръ подвѣшенъ въ серединѣ, какъ на фиг. 46, и въ длину имѣетъ 2 метра; эта послѣдняя величина соразмѣряется съ длиной поднимаемыхъ предметовъ. Въ такомъ случаѣ

$$L = 1 \text{ метру.}$$

$$bh^2 = \frac{2000 \times 1}{1,6} = 1250.$$

Если принять $b = 3$ сант., то получится

$$h = \sqrt{\frac{1250}{3}} = 20,5 \text{ сант.}$$

Въ опасномъ сѣченіи балансиръ ослабленъ отверстіемъ для прикрѣпленія къ нему подвѣсной серьги; поэтому слѣдуетъ въ этомъ мѣстѣ увеличить нѣсколько высоту балансира, какъ на фиг. 46, или же кругомъ отверстія надо сдѣлать кольцевое утолщеніе тѣла балансира.

Для большихъ нагрузокъ болѣе подходящей надо считать форму балансира, по типу фиг. 47; здѣсь точки подвѣски балансира находятся ближе къ его концамъ, чѣмъ при подвѣскѣ въ серединѣ; въ этомъ случаѣ получается для L меньшая величина, а потому и опасное сѣченіе балансира должно получиться меньше. Положимъ, напр., что для подъема нагрузки въ 500 клгр. требуется отлить балансиръ въ 3 метра длиной по типу фиг. 47; точки подвѣски балансира отстоятъ другъ отъ друга на 1 метръ; свободные концы L балансира

имѣють здѣсь такимъ образомъ въ длину по 1 метру. Слѣдовательно,

$$bh^2 = \frac{5000 \times 1}{1,6} = 3125.$$

При толщинѣ балансира въ 4 сантиметра:

$$h = \sqrt{\frac{3125}{4}} = 28 \text{ сант.}$$

Часть балансира между точками подвѣски должна получить тѣ же размѣры, что въ опасномъ сѣченіи.

При отливкѣ балансировъ путемъ почвенной формовки безъ перекрышгъ, ввиду меньшей прочности литья подобного рода надлежитъ брать размѣры больше рассчитанныхъ на $\frac{1}{10}$.

Болтамъ, проходящимъ черезъ подвѣсныя отверстія балансира, можно давать на каждые 1000 клгр. нагрузки 5 до 6 кв. сант. въ поперечномъ сѣченіи; подвѣсная серьга должна получать для каждого изъ обоихъ колѣнъ по 1 кв. сант. сѣченія на каждые 1000 килогр. нагрузки.

Такимъ образомъ для рассчитанныхъ выше балансировъ при нагрузкѣ въ 2000 клгр., подвѣсной болтъ долженъ имѣть 12 кв. сант. въ сѣченіи или 4 сант. въ діаметрѣ; въ большемъ балансирѣ нагрузка распределена на 2 болта по 2500 клгр. на каждый; наименьшее сѣченіе болта получается въ 12,5 кв. сант. или 4 сант. въ діаметрѣ. Для подвѣсныхъ серегъ при меньшемъ балансирѣ надо взять круглое желѣзо въ 1,6 снт. въ діаметрѣ, для большаго же—круглое желѣзо въ 2,5 сантим. въ діаметрѣ.

Для подвѣшивания груза къ балансиру пользуются, такъ называемыми, подвѣсными обоймами; эти обоймы дѣлаются или изъ короткихъ пеньковыхъ или проволочныхъ канатовъ со сплетенными концами;—этимъ путемъ образуются кольца, надвигаемая на грузъ и на балансиръ;—или же обоймы выковываются изъ желѣза по соответственной формѣ въ томъ случаѣ, когда поднимаемая нагрузка снабжена цапфами. На фиг. 48 и 49 изображены два типа подобныхъ кованыхъ подвѣсныхъ обоймъ.



Черт. 48 и 49.

3. Сушила.

Въ литейномъ дѣлѣ приходится весьма часто подвергать высушиванію литейныя формы или шишки; влажность при этомъ удаляютъ или вполне, или только отчасти, во избѣжаніе вреднаго вліянія ея при отливкѣ; въ сталелитейномъ производствѣ для изготовленія литейныхъ формъ берутся плотные матеріалы, слабо пропускающіе паръ; поэтому ли-

тейныя формы для стали постоянно должны быть тщательно высушиваемы, а иногда даже слегка прокаливаемы. Намѣченнаго высушиванія можно достигъ уже при помощи раскладыванія огня вокругъ высушиваемой формы; въ исключительныхъ случаяхъ, дѣйствительно, пользуются этимъ способомъ. Результаты сушки при этомъ не всегда оказываются удовлетворительными, а расходъ горючаго всегда очень великъ.

Для просушки значительнаго количества предметовъ, ежедневно имѣющихся въ литейной мастерской, обыкновенно устраиваютъ особыя сушила; въ этихъ послѣднихъ сушка идетъ, и равномернѣе, и выгоднѣе въ отношеніи расхода горючаго.

А. Камерныя сушила.

Камерныя сушила (Trockenkammer; — stove, drying stove; — étuve, chambre de dessication) являются излюбленнымъ сушильнымъ устройствомъ; большее или меньшее число ихъ можно встрѣтить въ каждой чугуно- и сталелитейной мастерской.

а) *Общее устройство.*

Камерныя сушила являются въ видѣ закрытыхъ пространствъ, со всѣхъ сторонъ нагрѣваемыхъ; высушиваемые предметы вставляются въ эти пространства, а выдѣляемый паръ долженъ имѣть свободный выходъ наружу. Камеры сооружаются изъ каменной кладки; получаютъ онѣ четырехугольное поперечное сѣченіе и перекрываются сводомъ; желѣзная дверь шириной, равной ширинѣ самой камеры, служитъ для закрыванія камерныхъ сушилъ; благодаря ширинѣ двери, въ камеру можно вводить предметы такой же почти ширины, какъ сушильная камера. При сушилахъ, предназначенныхъ исключительно для сушки мелкихъ издѣлій, цѣлесообразнѣе дѣлать дверь поуже, во избѣжаніе излишней потери тепла, сопряженной съ излишней величиной двери.

Нагрѣваніе камерныхъ сушилъ можно дѣлать двоякимъ образомъ.

Въ камерныхъ сушилахъ съ непосредственнымъ нагрѣвомъ продукты горѣнія непосредственно входятъ въ камеру, соприкасаются съ высушиваемыми здѣсь предметами и вмѣстѣ съ водянымъ паромъ, испареннымъ при сушкѣ, уходятъ прочь въ дымовую трубу. Испареніе воды при этомъ должно идти тѣмъ успѣшнѣе, чѣмъ меньше водяного пара заключается въ самихъ продуктахъ горѣнія; такимъ образомъ для нагрѣва подобныхъ сушилъ обугленные горючія, въ родѣ кокса и древеснаго угля, оказываются болѣе подходящими, чѣмъ не обугленные; горѣніе этихъ послѣднихъ очень часто связано съ весьма значительнымъ вы-

НБ
УДУНТ
ИПБТ

дѣленіемъ водяныхъ паровъ. Камерныя сушила этого типа чаще всего примѣняются въ дѣлѣ.

Въ камерныхъ сушилахъ съ трубчатымъ или каналовымъ нагрѣвомъ продукты горѣнія въ камеру не попадаютъ; они проходятъ по чугуннымъ трубамъ или каналамъ, вдѣланнымъ въ стѣнки или полъ камеры; подобно комнатнымъ печамъ, тепло передается здѣсь при посредствѣ воздуха. Выдѣляющийся водяной паръ долженъ имѣть свободный выходъ изъ камеры въ вытяжную трубу; для замѣны влажнаго воздуха свѣжимъ сухимъ должно быть устроено для него въ камерѣ особое входное отверстіе. Въ этихъ сушилахъ передача тепла идетъ не такъ успѣшно, какъ при болѣе простыхъ камерныхъ сушилахъ съ непосредственнымъ нагрѣвомъ. Стоимость устройства такихъ сушиль равнымъ образомъ немало превышаетъ стоимость устройства при непосредственномъ нагрѣвѣ. Однако, при влажномъ пламенномъ горючемъ сушила съ трубчатымъ нагрѣвомъ несомнѣнно имѣютъ нѣкоторое преимущество, такъ какъ влажное горючее обладаетъ сравнительно малой высушивающей способностью.

Иногда оба типа нагрѣва сушиль примѣняются одновременно: продукты горѣнія предварительно проходятъ по трубамъ или каналамъ, а затѣмъ уже входятъ въ самую камеру.

б) Правила устройства и ухода.

Сушила представляются ничѣмъ инымъ, какъ печью, служащей для передачи тепла. Внѣшняя поверхность сушиль является большою сравнительно съ поверхностью тѣла, воспринимающихъ въ сушилахъ тепло; этимъ обстоятельствомъ значительно затрудняется хорошее использование тепла въ сушилахъ; опытъ показываетъ, что даже въ хорошо устроенныхъ сушилахъ съ пользой для дѣла идетъ въ самомъ лучшемъ случаѣ 12% теплопроизводительной способности горючаго. Сушка литейныхъ формъ и шишекъ не должна идти слишкомъ быстро; иначе слишкомъ сильное выдѣленіе паровъ можетъ испортить работу, а частичное разложеніе формоваго матеріала можетъ уменьшить прочность формъ.

По этой причинѣ въ сушилахъ рѣдко доводятъ температуру свыше 200° Ц., если сушатся формы для чугунаго литья; во многихъ случаяхъ нѣтъ надобности поднимать температуру даже выше 80° до 100° Ц.; однако, формы изъ огнеупорной массы, предназначенныя для стального литья, должны быть нагрѣваемы до начала краснаго каленія. Ради уменьшенія потерь тепла черезъ стѣнки сушиль, сушила возводятся изъ плохихъ проводниковъ тепла (каменной кладки); толщинѣ стѣнъ даютъ размѣръ не меньше 250 мм., чаще же

500 до 750 мм. Если нѣсколько сушиль расположены въ одинъ рядъ, и они постоянно заняты работой, то перегородкамъ между сушилami можно придать меньшую толщину (около 125 мм.).

Кладка сушильныхъ стѣнъ отличается довольно большой теплоемкостью; поэтому толстыя сушильныя стѣны должны воспринять довольно много тепла, прежде чѣмъ онѣ успѣютъ достаточно нагрѣться. Ровная температура въ сушилахъ получается поэтому не такъ быстро; въ то же самое время сушильныя стѣнки скопляютъ въ себѣ столько тепла, что сушила могутъ долго оставаться горячими послѣ прекращенія топки. Такимъ образомъ пользуются сушилами съ достаточно толстыми стѣнками непрерывно, хотя топятъ въ нихъ ежедневно только нѣсколько часовъ.

Послѣ окончанія топки сушиль, слѣдуетъ ограничить въ нихъ тягу воздуха только до предѣловъ, необходимыхъ для удаленія изъ сушиль водяныхъ паровъ; само собой понятно, что излишняя тяга воздуха уносить бесполезно изъ сушиль лишнія количества тепла; поэтому надлежащее управление тягой воздуха приводитъ къ лучшему использованію тепла въ сушилахъ.

По этой причинѣ слѣдуетъ рекомендовать устройство заслонокъ въ вытяжныхъ сушильныхъ трубахъ. Опытъ показываетъ, что послѣ окончанія топки сушиль можно, по большей части, безъ вреда для успѣха сушки вполне закрыть заслонку въ вытяжной трубѣ; заслонка никогда не запираетъ такъ плотно, чтобы не оставалось слабой тяги воздуха.

Во время бездѣйствія сушиль тепло, накопленное въ стѣнкахъ, мало-по-малу, бесполезно теряется; поэтому надо стараться продолжать сушила возможно непрерывно; по этой-то причинѣ для сушиль, дѣйствующихъ съ перерывами, толстыя стѣны менѣе умѣстны, чѣмъ тонкія.

Внѣшняя поверхность сушиль, излучающая тепло въ пространство, увеличивается медленнѣе соответствующаго ей увеличенія объема; поэтому большія сушила лучше используютъ тепло, чѣмъ малыя, если только достаточно хорошо использована вмѣстимость сушиль.

Если же производство литейной мастерской недостаточно для полного использованія сушиль, то расходъ горючаго въ большихъ сушилахъ окажется больше, чѣмъ въ малыхъ; въдь большія сушила требуютъ больше тепла для своего нагрѣва, чѣмъ малыя.

Такимъ образомъ размѣры сушиль должны быть сообразованы съ производствомъ данной литейной мастерской; въ большинствѣ случаевъ основаніе сушиль получаетъ 15 до 30 кв. метровъ; однако, попадаютъ и очень малыя сушила (напр., для сушки малыхъ шишекъ) съ основаніемъ въ одинъ только кв. метръ; въ то же самое время, при крупномъ фор-

мовочномъ производствѣ изъ глины, весьма часто не оказываются излишними 50 кв. метровъ основанія сушиль. Высоту сушиль отъ пола до потолка неохотно дѣлають меньше человѣческаго роста, во избѣжаніе затрудненій при вставкѣ и выемкѣ формъ и шишекъ; если приходится пользоваться сушилами для очень высокихъ предметовъ, то даютъ имъ соотвѣтственно большую высоту. Въ выборѣ высоты сушиль надо руководиться назначеніемъ литейной мастерской.

Потолокъ сушиль обыкновенно дѣлають сводчатымъ; этотъ потолокъ состоитъ или изъ одного свода, или изъ системы сводовъ; въ первомъ случаѣ ось свода идетъ въ направлении длины сушиль; боковыя стѣнки при этомъ служатъ опорами для пять свода; во второмъ же случаѣ, особенно пригодномъ для широкихъ сушиль, на боковыхъ стѣнкахъ, поперекъ сушиль, укладываются недалеко другъ отъ друга желѣзныя балки; между этими балками уже возводятся сводики съ осью, идущей поперекъ сушиль. Во всякомъ случаѣ сушила слѣдуетъ стягивать крѣпкими желѣзными связями, во избѣжаніе трещинъ въ стѣнахъ, вслѣдствіе давленія сводовъ и перемѣнъ температуры.

Иногда можно встрѣтить сушила съ потолокомъ, состоящимъ изъ чугунныхъ плитъ, уложенныхъ на желѣзныхъ балкахъ; сверху такой потолокъ прикрытъ слоемъ песку. Подобное устройство оправдывается потребностью въ снятіи потолка и желаніемъ работать внутри камеры при помощи подъемнаго крана, проникающаго въ сушила чрезъ потолокъ. Изъ сушиль въ литейную мастерскую ведутъ двери во всю ширину сушиль; для подвѣски дверей укрѣпляютъ прочную чугунную раму при помощи нарѣзныхъ болтовъ, задѣланныхъ однимъ концомъ въ кладку сушиль. Самыми удобными оказываются подъемныя двери; онѣ вовсе не стѣсняють работу внутри литейной мастерской; для такихъ дверей двернымъ рамамъ сообщаютъ двѣ вертикальныя полосы, служащія направляющими; дверь подвѣшивается на двухъ цѣпяхъ, перекинутыхъ черезъ блоки, укрѣпленные надъ сушилами; къ опущеннымъ концамъ цѣпей подвѣшиваются грузы, уравнивающіе тяжесть двери; такимъ образомъ дверь можетъ спокойно оставаться въ каждомъ положеніи; для ея движенія приходится преодолевать почти одну только силу тренія. Къ направляющимъ полосамъ дверной рамы придѣлываются заѣмтки; при помощи ихъ дверь нажимается къ дверной рамѣ въ то время, когда сушила должны быть закрыты. Если по мѣстнымъ условіямъ, напр., при недостаточной высотѣ зданія, невозможно примѣнить подъемныхъ дверей, тогда пользуются створчатыми; онѣ на петляхъ подвѣшиваются къ двернымъ рамамъ и запираются при помощи обыкновенной задвижки.

При значительной ширинѣ сушиль двустворчатые двери въ такомъ случаѣ предпочтительны.

Сушильные двери дѣлаются, или изъ чугуна, или изъ желѣзныхъ листовъ. Дверь въ сушилахъ занимаетъ довольно большую поверхность; при значительной теплопроводности желѣза, черезъ простую дверь должно теряться весьма много тепла; съ этимъ послѣднимъ связанъ въ сушилахъ большой расходъ горючаго. По этой причинѣ надо предпочесть полую желѣзную дверь простой; такая дверь состоитъ изъ двухъ стѣнокъ, составленныхъ изъ тонкаго листового желѣза, натянутого на рамѣ изъ U-образнаго или двутавроваго желѣза. Разстояніе между обѣими дверными стѣнками можетъ составлять 40 до 50 мм.; дверная полость можетъ оставаться свободной, или же она заполняется при помощи шлаковой ваты ¹⁾.

Этимъ путемъ можно въ значительной степени ограничить потерю тепла въ сушилахъ; высшая стоимость устройства подобныхъ полыхъ дверей во всякомъ случаѣ быстро окупается сбережениями въ горючемъ.

Топка обыкновенно помѣщается непосредственно въ самихъ сушилахъ, или тутъ же возлѣ нихъ; ея рѣшетка, смотря по свойствамъ горючаго, бываетъ или плоской, или ступенчатой.

При устройствѣ топки въ самихъ сушилахъ надо имѣть въ виду, что нагрѣтые газы поднимаются вверхъ; такимъ образомъ полъ сушиль оставался бы холоднымъ, если бы рѣшетка была устроена выше пола; затѣмъ воздѣйствіе лучистой теплоты на литейные формы или шишки должно быть по возможности устраняемо; иначе можно довести формовый матеріалъ отчасти до разложенія и сдѣлать формы шероховатыми и склонными къ распаданію. Чѣмъ тощѣ формовый матеріалъ, тѣмъ легче можетъ наступить упомянутый процессъ порчи формъ. Поэтому, гдѣ только возможно, топку устраиваютъ нѣсколько ниже пола въ сушилахъ; во избѣжаніе вреднаго воздѣйствія лучистой теплоты на формы нерѣдко топку обводятъ каменной кладкой, снабженной многочисленными отверстиями для выхода газовъ въ сушила.

Ради лучшаго прогрева почвы сушиль, вытяжные отверстия для газовъ устраиваются въ почвѣ; равнымъ образомъ почвенными каналами, перекрытыми иногда только при помощи чугунныхъ плитъ, газы проводятся къ вытяжной трубѣ. Въ большинствѣ случаевъ топка устраивается въ задней стѣнкѣ сушиль, а вытяжные отверстия—вблизи дверей; этимъ

¹⁾ Теплопроводность шлаковой ваты, по опытамъ Emery, разъ въ пять до шести меньше теплопроводности воздуха. Engineering and Mining Journal, vol. XXXII, p. 219. Oester. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen, 1881, S. 615.

устройствомъ менѣ всего отымаются въ сушилахъ мѣста; иногда же топка и вытяжныя отверстія получаютъ обратное расположеніе.

Доступъ оставляется къ топкѣ снаружи сушиль при помощи топочной дверцы; такимъ образомъ можно подбрасывать въ топкѣ горючее при закрытыхъ сушилахъ; въ нѣкоторыхъ литейныхъ мастерскихъ имѣются въ сушилахъ топки безъ топочныхъ дверецъ; въ этомъ случаѣ передъ запираніемъ сушиль разводятъ на рѣшеткѣ огонь и забрасываютъ столько топлива, сколько по опыту оказывается необходимымъ для одной сушки.

Величина топочной рѣшетки, какъ легко понять, должна зависѣть отъ вмѣстимости сушиль. Чѣмъ больше топочная рѣшетка по сравненію съ величиной сушиль, тѣмъ скорѣе можно достигнуть въ сушилахъ высокой температуры, но въ то же самое время тѣмъ болѣе горячіе газы въ значительномъ количествѣ будутъ уходить изъ сушиль наружу, тѣмъ хуже поэтому будетъ использовано горючее. Послѣдствія несоразмѣрно малой топочной рѣшетки проявились бы неравномѣрнымъ или слишкомъ слабымъ нагрѣвомъ сушиль; сушка должна была бы безъ нужды затянуться слишкомъ долго и использованіе сушиль оказалось бы неблагопріятнымъ.

При прочихъ равныхъ условіяхъ по мѣрѣ возрастанія температуры, необходимой для сушки, надо избирать болѣешую топочную рѣшетку. Сушила при сталелитейныхъ мастерскихъ должны обладать болѣешими топочными рѣшетками, чѣмъ при чугунолитейномъ производствѣ.

При выборѣ надлежащей величины топочныхъ рѣшетокъ для кокса можно руководиться слѣдующими данными.

На 100 куб. метровъ вмѣстимости сушиль общая площадь топочной рѣшетки составляетъ:

Для сушиль, вмѣщающихъ болѣе 100 куб. м. — 0,6 до 0,8 кв. м.

| | | | | |
|---|-----------|---|-------|-----|
| " | 25 до 100 | " | — 0,8 | 1,0 |
| " | менѣ 25 | " | — 1,0 | 2,0 |

Общее сѣченіе вытяжныхъ отверстій при непосредственной топкѣ можно принять въ 0,5 всей площади топочной рѣшетки; - при сильной тягѣ еще меньше (въ нѣкоторыхъ сушилахъ это сѣченіе бываетъ равнымъ только 0,1 всей топочной рѣшетки). Широкая вытяжныя отверстія для газовъ въ соединеніи съ сильной тягой въ дымовую трубу способствуютъ усиленію горѣнія и полученію высокой температуры; такимъ образомъ сушка ускоряется, но въ то же самое время газы получаютъ болѣе короткое пребываніе въ сушилахъ; въ этомъ случаѣ газы уходятъ изъ сушиль при высокой температурѣ. Величина вытяжныхъ отверстій можетъ быть легко измѣняема; было бы поэтому полезно установить пу-

темъ опыта въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ сѣченіе, самое подходящее для сушки.

Ради болѣе равномернаго распредѣленія тепла въ сушилахъ обыкновенно устраиваются два вытяжныя отверстія, расположенныя другъ отъ друга на нѣкоторомъ разстояніи; уже внѣ сушиль они соединяются съ одной вытяжной трубой, общей для цѣлаго ряда сушиль, при помощи соединительнаго вытяжного канала. Уже упоминалось, что заслонки во всѣхъ вытяжныхъ каналахъ должны служить для управленія работой сушиль; въ то же самое время отъ надлежащаго управленія ими зависитъ сбереженіе въ топливѣ.

Общей вытяжной трубѣ даютъ сѣченіе въ $\frac{1}{8}$ до $\frac{1}{6}$ общей площади топочныхъ рѣшетокъ во всѣхъ сушилахъ; высота ея дѣлается около 15 метровъ.

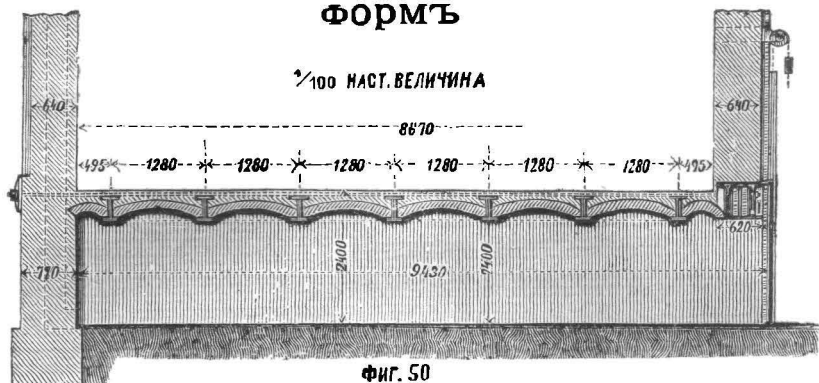
в) *Примѣры.*

На фиг. 50 до 53 изображены большія сушила завода Gutehoffnungshütte съ непосредственнымъ нагрѣвомъ. Эти сушила предназначены преимущественно для глиняныхъ формъ; эти послѣднія даже изготовляются внутри сушиль, во избѣжаніе излишнихъ передвиженій. По этой причинѣ устройство сушиль менѣе рассчитано на сбереженіе въ горючемъ, чѣмъ на удобства формовки внутри сушиль и на возможно лучшее использование въ нихъ мѣста. Топка устроена при входѣ въ сушила; продукты горѣнія удаляются въ концѣ сушиль въ трубу, стоящую непосредственно сзади, при помощи канала, обозначеннаго на фиг. 50 пунктиромъ.

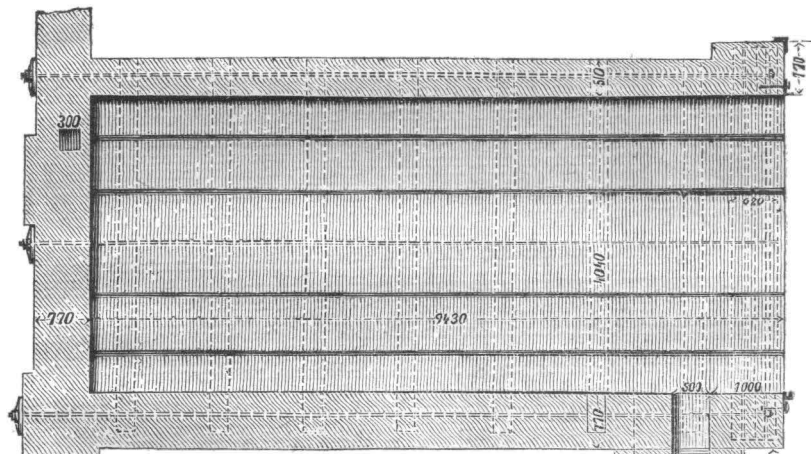
На фиг. 54 и 55 представлено хорошо обдуманное устройство сушиль, давшее въ практикѣ прекрасные результаты (построены А. Cramer'омъ на заводѣ Königin-Marienhütte). Эти сушила, какъ видно изъ чертежей, состоятъ изъ трехъ отдѣленій. Каждое отдѣленіе снабжено двумя топками *aa*; топочныя рѣшетки состоятъ изъ соединенія горизонтальной рѣшетки съ вертикальной; горючее забрасывается при помощи особой засыпной воронки; передъ топкой устроена плотно запирающаяся дверь; такимъ образомъ, можно вполне управлять горѣніемъ, такъ какъ и засыпная воронка можетъ быть сверху закрыта крышкой. Продукты горѣнія проходятъ черезъ сушила, попадаютъ затѣмъ въ вытяжныя отверстія вблизи двери и отводятся къ задней стѣнкѣ сушиль при помощи каналовъ *bb*, прикрытыхъ сверху чугунными плитами; эти каналы соединены съ вертикальнымъ каналомъ *d*, особымъ для каждого отдѣленія; отсюда уже газы поступаютъ въ вытяжную трубу *l*, общую для всѣхъ трехъ отдѣленій. На фиг. 55 видѣнъ въ разрѣзѣ каналъ *f*, ведущій изъ одного изъ отдѣленій къ общей вытяжной трубѣ. Ради использования тепла, заключающагося въ газахъ, проходящихъ по ка-

Сушила для большихъ глиняныхъ формъ

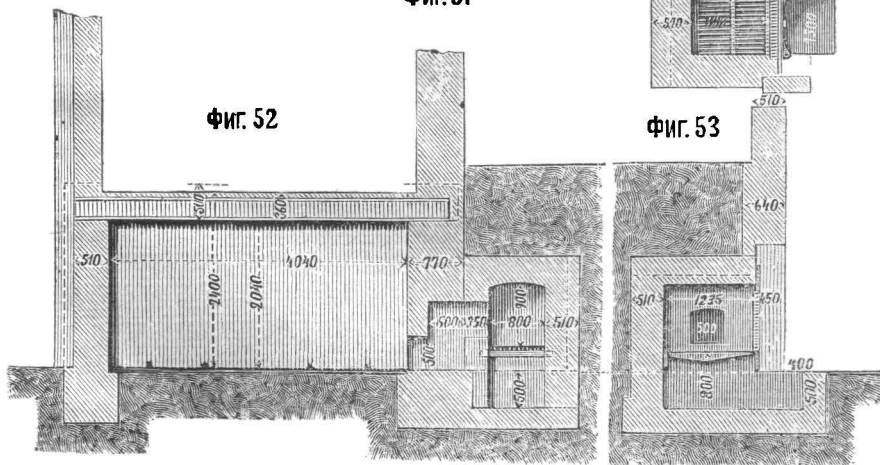
$\frac{1}{100}$ НАСТ. ВЕЛИЧИНА



Фиг. 50



Фиг. 51

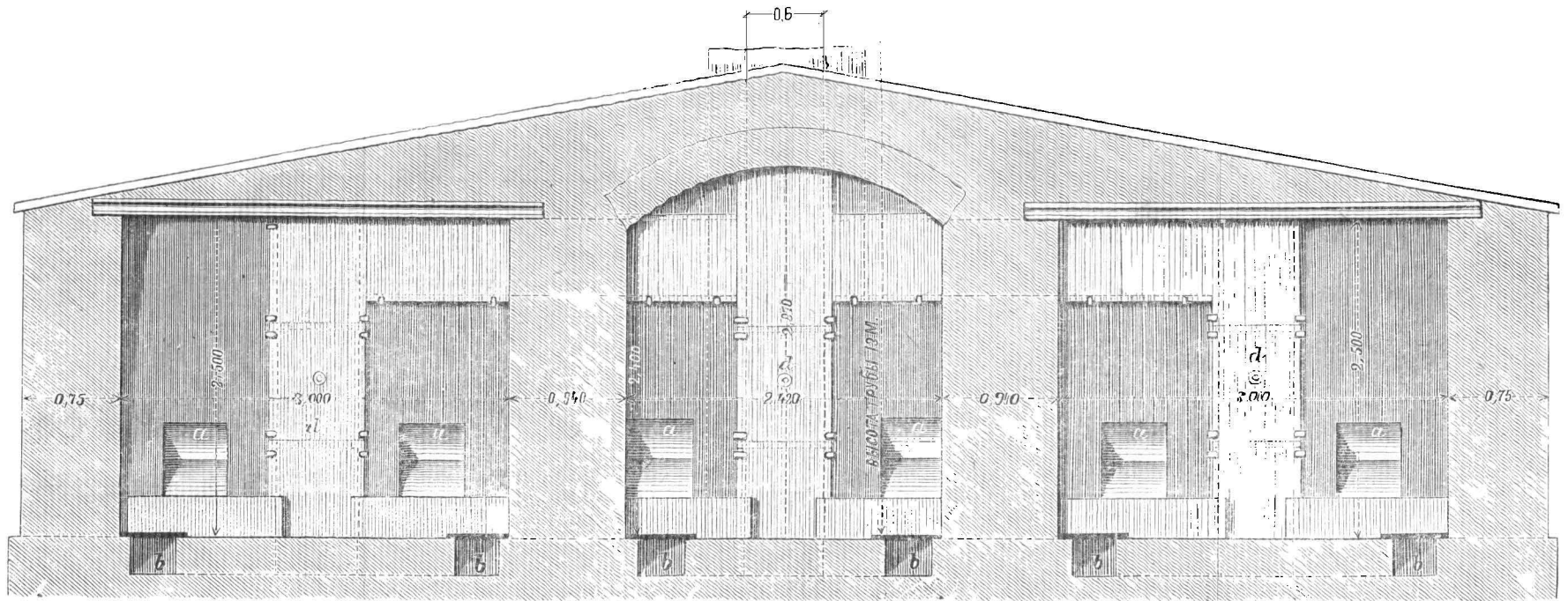


Фиг. 52

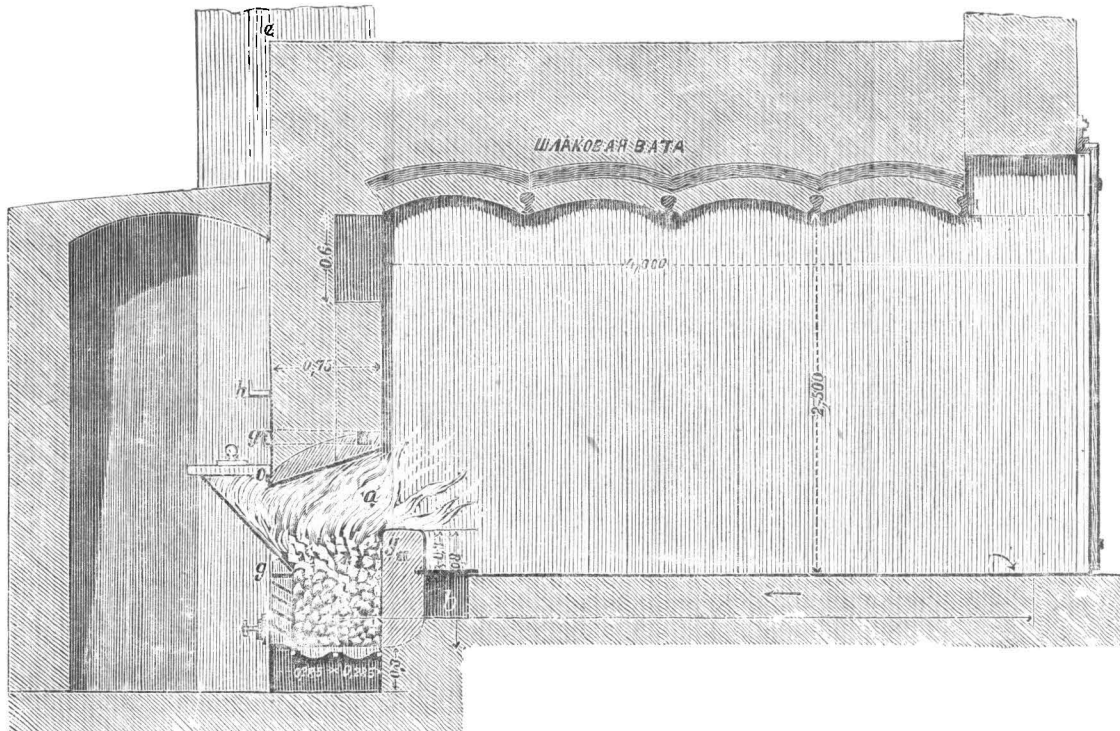
Фиг. 53

НБ
УДУНТ
ИПБТ

Фиг. 54.



Фиг. 55.



Устройство сушильъ

на заводѣ

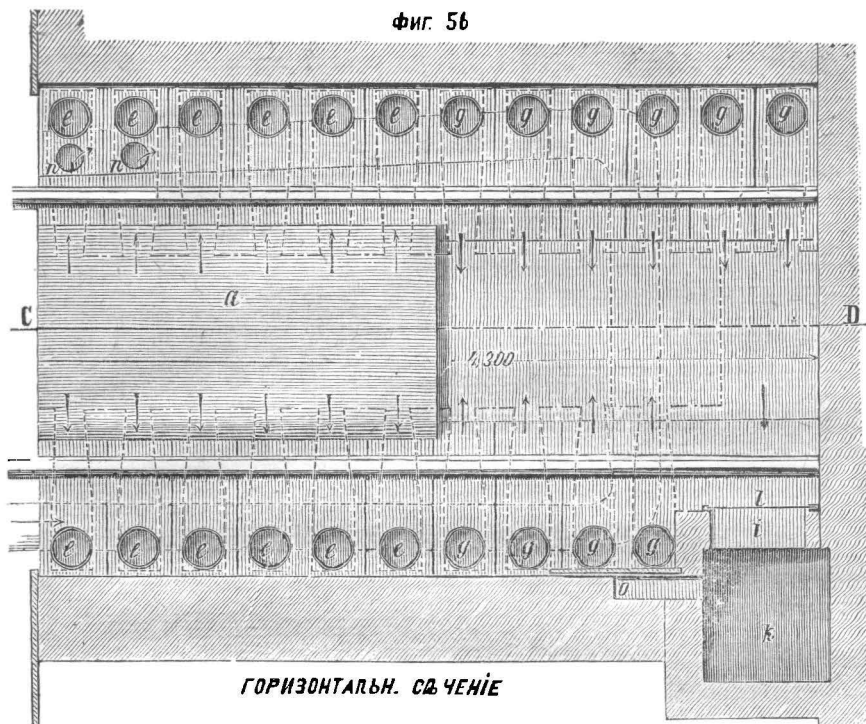
Königin Marienhütte

$\frac{1}{50}$ натур. вел.

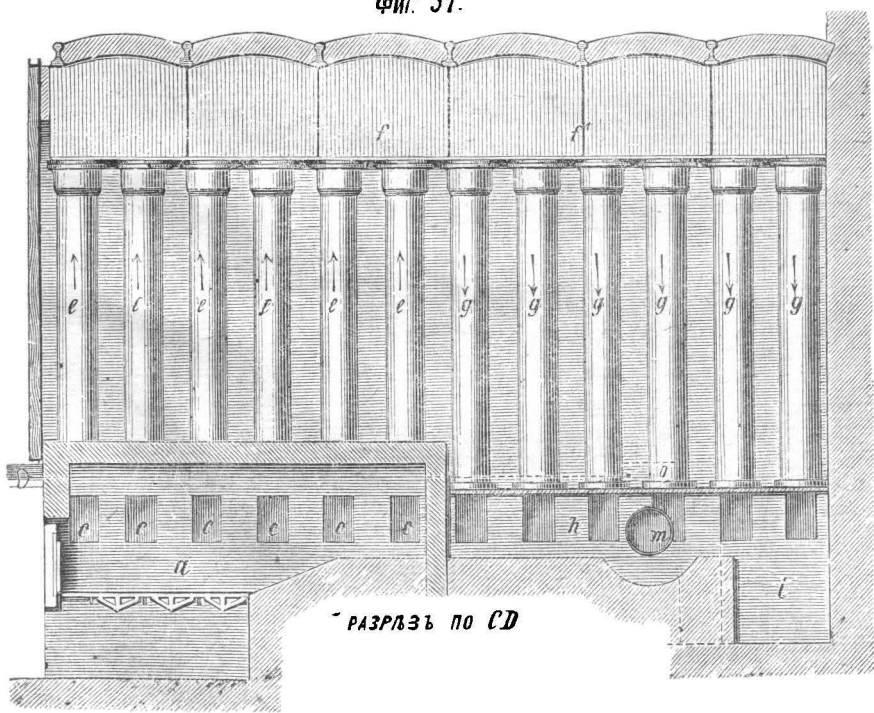
Сушила съ трубчатимъ нагрѣвомъ

$\frac{1}{40}$ натур. вел.

Фиг. 56



Фиг. 57.



НБ
УДУНТ
ИПБТ

наламъ *d* и *f*; эти каналы изнутри сушиль снабжены чугунными стѣнками.

Въ каналахъ *d* устроены поворотные клапаны *h*, управляемые снаружи; такимъ образомъ можно отдѣлить каждое изъ сушильных отдѣленій.

Наконецъ, при помощи *g* обозначены воздушные каналы, доставляющіе въ сушила снаружи сухой и нагрѣтый воздухъ послѣ того, какъ топка закрыта и перестала дѣйствовать; съ потокомъ этого воздуха удаляется изъ сушиль испарившаяся вода. Дверь въ сушилахъ двустѣнная; она сдѣлана изъ тонкаго листового желѣза и заполнена шлаковой ватой.

Въ качествѣ горючаго для нагрѣванія этихъ сушиль служитъ мелкій коксъ; горючее забрасывается только одинъ разъ, топка достаточно велика для поглощенія $3\frac{1}{2}$ гектолитровъ кокса; кочегару надлежитъ только наблюдать за крышками и клапанами. Ежедневно въ каждомъ отдѣленіи сушиль, при непрерывномъ ихъ дѣйствіи, расходуетъ 200 килогр. кокса. При закрытомъ поддувалѣ коксъ можетъ оставаться на рѣшеткѣ раскаленнымъ въ теченіе многихъ дней.

На фиг. 56 и 57 можно видѣть устройство сушиль съ трубчатымъ нагрѣвомъ (равнымъ образомъ построены А. Сгамер'омъ на заводѣ Königin-Marienhütte).

Буквой *a* обозначена топка, выложенная огнеупорной кладкой и перекрытая сверху сводомъ. Съ каждой стороны топки устроено по шести каналовъ *ee*; каждому каналу *e* соответствуетъ одна вертикальная чугунная труба *e*; по первымъ шести чугуннымъ трубамъ съ каждой стороны сушиль продукты горѣнія поднимаются вверхъ въ чугунные сборные ящики *ff*, идущіе по всей длинѣ сушиль. Изъ второй половины ящиковъ *f* газы равнымъ образомъ шестью чугунными трубами *gg* опускаются внизъ и собираются здѣсь подъ поломъ сушиль въ пространствѣ *H*, перекрытомъ чугунными плитами; отсюда уже при помощи канала *i* газы направляются къ вытяжной трубѣ *K*. При устьи канала *i* въ дымовую трубу находится заслонка *l*, приводимая въ движеніе съ передней стороны сушиль при помощи цѣпи, перекинутой черезъ блоки; заслонка служить для управленія тягой.

Въ каналахъ подъ поломъ заложена чугунная труба *m*, для снабженія сушиль свѣжимъ нагрѣтымъ воздухомъ; ея направленіе обозначено на фиг. 56 стрѣлками *n*; на фиг. 57 показанъ ея поперечный разрѣзъ. Черезъ отверстія *nn* (фиг. 56) нагрѣтый воздухъ попадаетъ уже въ сушила.

Воздухъ, насыщенный въ сушилахъ паромъ, уходитъ въ трубу черезъ отверстіе, закрываемое заслонкой *o*, управляемой снаружи (фиг. 56). Во время нагрѣванія сушиль заслонка *o* задвинута; воздухъ не можетъ свободно протекать черезъ сушила; въ то же самое время, заслонка въ дымо-

выхъ проходахъ должна быть открыта. Когда сушила достаточно нагрѣты и воздухъ насыщенъ въ нихъ водяными парами, тогда открываютъ въ сушилахъ воздушную заслонку для удаленія воздуха, насыщеннаго парами, и для введенія взамѣнъ него сухого свѣжаго; въ это время дымовой каналъ долженъ быть закрытъ. Ежедневно расходуется въ этихъ сушилахъ три гектолитра каменнаго угля.

Дверь такая же двойная, какъ при предыдущихъ сушилахъ.

Это устройство сушиль дало хорошіе результаты.

Тяга въ дымовую трубу должна быть достаточно сильной для того, чтобы продукты горѣнія могли преодолѣть немаловажныя сопротивленія во время движенія газовъ по трубамъ; въ противномъ случаѣ горѣніе можетъ идти слишкомъ медленно; сушила могутъ не успѣть достаточно сильно нагрѣться.

Гораздо проще представляется подобное устройство сушиль, если вертикальныхъ трубъ вовсе не имѣется, а нагрѣвъ ограниченъ однимъ только поломъ сушиль; въ этомъ случаѣ даже не требуется очень сильной тяги для достаточно сильнаго нагрѣва ¹⁾.

г) Принадлежности къ сушиламъ.

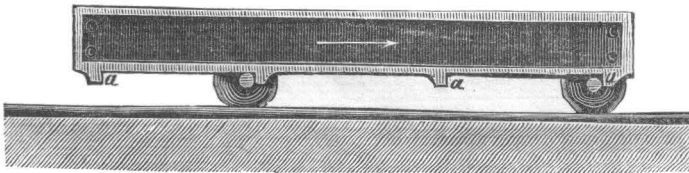
Какъ сушила, такъ и тепло, употребляемое для ихъ нагрѣванія, тѣмъ лучше используются, чѣмъ больше предметовъ можетъ быть помѣщено въ сушилахъ въ одинъ разъ; поэтому весьма часто прибѣгаютъ къ различнымъ средствамъ для возможно полнаго использованія вмѣстимости сушиль.

Для установки малыхъ формъ и шишекъ обыкновенно по длиннымъ стѣнамъ сушиль устраиваются другъ надъ другомъ и другъ возлѣ друга кронштейны; эти послѣдніе выступаютъ почти до середины сушиль и бываютъ покрыты рѣшеткой изъ желѣзныхъ полосъ. Такимъ образомъ получаютъ полки въ нѣсколько ярусовъ; между полками газы могутъ проходить безъ затрудненій; между обоими ярусами полокъ, по серединѣ сушиль, оставляется узкій проходъ, достаточный только для входа человека. Для большихъ и тяжелыхъ предметовъ такое устройство оказывается неудобнымъ. Въ такомъ случаѣ для помѣщенія высушиваемыхъ предметовъ пользуются желѣзными телѣжками; эти послѣднія вкатываются въ сушила по рельсамъ, будучи нагружены внѣ сушиль при помощи крана, если это требуется. Устройство этихъ телѣжекъ обыкновенно очень просто: чугунная или

¹⁾ Больше чертежей сушиль найдетъ читатель у A. Ledebur'a: Die Verarbeitung der Metalle auf mechanischem Wege, II Auflage. (Готовится переводъ этой механической технологии металловъ на русскій языкъ).

желѣзная рама четырехъ-угольной формы, въ случаѣ надобности съ переборками, помѣщается на двухъ осяхъ съ низкими колесами. Длина этихъ телѣжекъ приблизительно соотвѣтствуетъ длинѣ сушиль; если послѣдняя слишкомъ длинна, тогда пользуются двумя телѣжками, каждая длиною почти въ половину длины сушиль; ширина телѣжекъ должна быть значительно меньше ширины дверей; въ случаѣ надобности въ большей ширинѣ можно положить на телѣжку соотвѣтствующія желѣзныя поперечины. Колеса не должны выходить за верхній край телѣжечной рамы; иначе ихъ вращенію могли бы препятствовать предметы, положенные на телѣжку. Цапфы осей часто вращаются въ открытыхъ подушкахъ, привинченныхъ снизу къ телѣжечной рамѣ; однако, треніе въ этомъ случаѣ велико; смазка же цапфъ жирами невозможна, благодаря высокой температурѣ въ сушилахъ; вдобавокъ обыкновенно попадаетъ еще на оси нѣкоторое количество пыли и копоти.

Надо поэтому признать болѣе цѣлесообразнымъ устрой-



Черт. 58.

ство сушильной телѣжки, представленное на фиг. 58; здѣсь треніе скольженія въ цапфахъ замѣнено меньшимъ треніемъ катанія. Рама телѣжки катается здѣсь по осямъ; подъ нею имѣются прилитые выступы *aa*; этими выступами ограничивается ходъ катанія рамы по осямъ; въ то же самое время эти выступы предохраняютъ вагонную раму отъ спаданія съ осей, въ случаѣ слишкомъ длиннаго хода телѣжки; внутренніе же выступы предохраняютъ телѣжку отъ наклоненія, въ случаѣ передвиженія осей къ ея серединѣ.

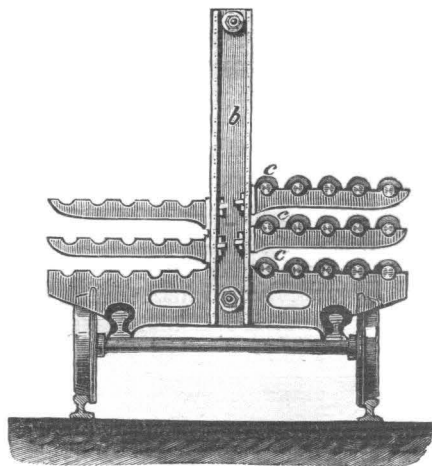
Разстояніе между каждой парой выступовъ можетъ быть вычислено по длинѣ нормальнаго пути, проходимаго телѣжкой и по діаметрамъ колесъ и цапфъ. Пусть *A* будетъ длина нормальнаго пути, проходимаго телѣжкой; *a* — искомое разстояніе между выступами; *D* — діаметръ колесъ; *d* — діаметръ цапфъ. Въ такомъ случаѣ:

$$a : A = d : D$$

$$a = \frac{Ad}{D}.$$

т. е. чѣмъ больше отношеніе между діаметромъ колесъ и діаметромъ цапфъ, тѣмъ меньше можетъ быть разстояніе между парой выступовъ, а слѣдовательно тѣмъ меньше будетъ опасность относительно наклоненія телѣжки. Весьма

понятно, что этимъ устройствомъ не исключена возможность передвиженія телѣжки на разстоянія, большія нормальныхъ; въ такомъ случаѣ только трѣніе катанія опять должно быть замѣнено трѣніемъ скольженія и перемѣщеніе телѣжки станетъ тяжелѣе. Если су-



Черт. 59.

шильная телѣжка должна быть постоянно примѣняема къ совершенно опредѣленнымъ предметамъ, тогда ея устройство можетъ быть приспособлено къ удобному помѣщенію болѣе значительнаго числа этихъ предметовъ.

Въ видѣ примѣра можно указать телѣжку, изображенную на фиг. 59; она предназначена для сушки сердечниковъ для трубъ. Въ этой телѣжкѣ длинныя бока рамы состоятъ только изъ рельсовъ; къ поперечнымъ же

бокамъ привинчены стойки *b*; по обѣимъ сторонамъ этихъ стоекъ укрѣплено по нѣскольку горизонтальныхъ поперечныхъ, служащихъ для помѣщенія шпшекъ.

Какъ можно видѣть изъ чертежа, эти поперечины могутъ быть укрѣпляемы на различномъ разстояніи другъ отъ друга, соответственно различнымъ діаметрамъ шпшекъ. Верхніе края поперечины снабжены полукруглыми выемками для того, чтобы положенные на нихъ сердечники не могли скатиться.

Буквами *с* обозначены сердечники; на одной телѣжкѣ можно помѣстить значительное ихъ количество.

В. Другія приспособленія для сушки.

Камерныя сушила представляются самымъ удобнымъ устройствомъ для большинства предметовъ формовочнаго производства; однако, есть случаи, когда такія сушила или вовсе непримѣнимы, или же менѣе удобны, чѣмъ другія приспособленія для сушки.

Иногда бываетъ, напр., невозможно вставить литейную форму въ имѣющіяся сушила по ея чрезмѣрно большимъ размѣрамъ, или взять имѣющимися подъемными и перевозочными средствами, по ея значительному вѣсу; равнымъ образомъ, можно опасаться порчи литейной формы при ея передвиженіи; въ такихъ случаяхъ литейную форму изго-

НБ
УДУНТ
ИПБТ

товляютъ и сушатъ на томъ же мѣстѣ, гдѣ позже должна происходить отливка. Также при массовомъ производствѣ нѣкоторыхъ сортовъ литья, требующихъ непродолжительной сушки формъ, бываетъ выгодно, ради сбереженія времени и удешевленія производства, сушить литейныя формы на мѣстѣ изготовленія и отливки; въ этомъ случаѣ пользуются специальными сушильными приспособленіями вмѣсто камерныхъ сушиль; такой, напр., случай можетъ часто встрѣтиться при производствѣ чугунныхъ трубъ.

Раньше упоминалось уже о разводкѣ огня на рѣшеткѣ вокругъ литейной формы или внутри ея, если форма полая: это весьма простое, но въ то же самое время весьма несовершенный способъ сушки; имъ пользуются тогда, когда подъ рукой не имѣется болѣе совершенныхъ средствъ.

Болѣе цѣлесообразнымъ надо признать цилиндрическія жаровни, склепанныя изъ желѣзныхъ полосъ; эти жаровни наполняются раскаленнымъ древеснымъ углемъ или коксомъ и подвѣшиваются вблизи высушиваемыхъ мѣстъ; этимъ путемъ легче вести сушку; въ то же самое время получится сбереженіе въ горючемъ, по сравненіи съ предыдущимъ способомъ.

При сушкѣ формъ для трубъ весьма удобно примѣнять передвижныя печки; эти послѣднія подставляются подъ форму; тогда продукты горѣнія поднимаются внутри литейной формы.

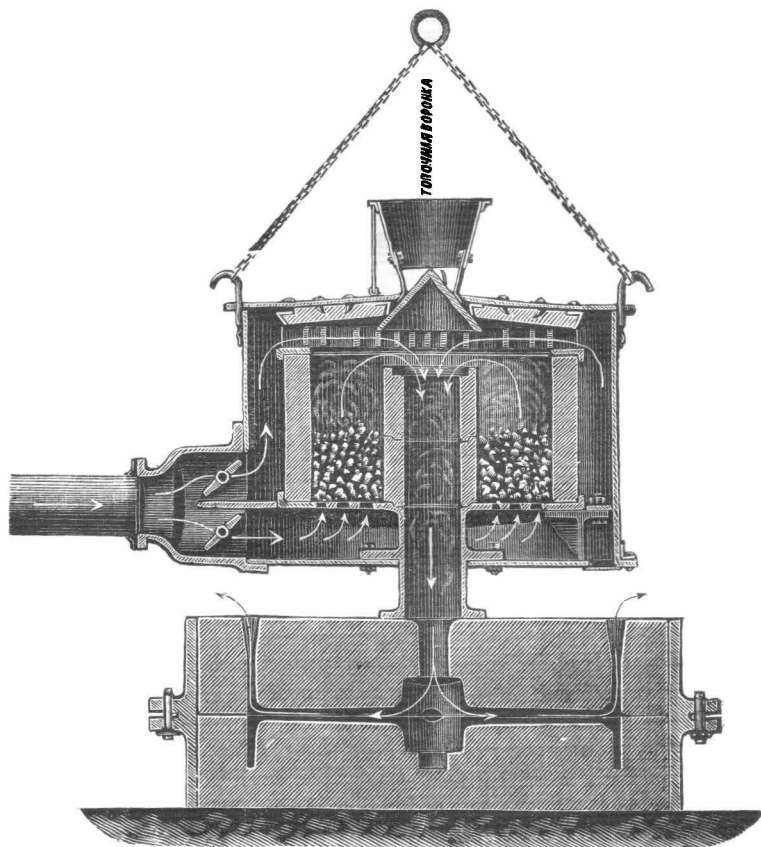
Въ послѣднее время для сушки большихъ литейныхъ формъ для чугунаго литья стали довольно часто примѣнять закрытыя переносныя топки, снабженныя дутьемъ; черезъ одну насадку, соединенную съ рукавомъ, въ топку идетъ дутье, а черезъ другую, прикрѣпленную обыкновенно ко дну топки, выходятъ горячіе продукты горѣнія и поступаютъ вовнутрь литейной формы. На фиг. 60 представлено подобное устройство, употребляемое заводомъ Wilhelmshütte въ Силезіи.

Дутье, поступающее въ топку слѣва, раздѣляется на двѣ части: одна часть направляется въ промежутокъ между внѣшнимъ кожухомъ прибора и стѣнками топки и здѣсь нѣсколько подогревается; другая же часть черезъ рѣшетку проникаетъ въ топку и служитъ здѣсь для сожиганія кокса.

Получающіеся продукты горѣнія вверху прибора смѣшиваются съ нагрѣтымъ воздухомъ и направляются въ литейную форму. Путемъ надлежащей установки обоихъ воздушныхъ клапановъ можно легко управлять температурой.

Такую сушильную печь обыкновенно помѣщаютъ непосредственно подъ собранной литейной формой; горячимъ газамъ даютъ возможность проникать въ форму въ опредѣленномъ мѣстѣ. Преимущество этого устройства не ограничивается только оставленіемъ на мѣстѣ высушиваемой ли-

тейной формы, если дутье подводится при помощи подвижного провода, въ то же самое время сокращается и продолжительность сушки. Этимъ способомъ вполнѣ высушивается только внутренность литейной формы; въ большинствѣ



Черт. 60.

случаевъ этого совершенно достаточно, если только отливка производится вскорѣ послѣ сушки; въ такомъ случаѣ влажность внѣшнихъ частей формы не успѣваетъ проникнуть вовнутрь ея. Въ случаѣ пользования для сушки литейныхъ формъ горючими газами, проводятъ ихъ трубами къ литейнымъ формамъ и заставляютъ горѣть при выходѣ изъ газопровода ¹⁾. Въ нѣкоторыхъ чугунолитейныхъ мастерскихъ сушка формъ при помощи газового пламени производится въ широкомъ масштабѣ, литейныя формы для трубъ постоянно занимаютъ опредѣленные мѣста; поэтому газопроводъ,

¹⁾ Чертежъ подобнаго устройства: Metallarbeiter 1885, S. 362.

можетъ быть устроенъ изъ неподвижныхъ трубъ; подъ каждой формой находится выпускная насадка для газа; она запирается какимъ-либо простымъ приспособленіемъ въ то время, когда газъ не нуженъ. Газовый генераторъ долженъ работать съ дутьемъ; въ этомъ случаѣ нельзя примѣнить дымовой трубы ¹⁾).

Вмѣсто ранѣ описанныхъ отдѣльныхъ печекъ, пользуются также при сушкѣ формъ труболитейного производства одной общей печью; въ этомъ случаѣ продукты горѣнія подводятся къ отдѣльнымъ формамъ при помощи подвижныхъ трубопроводовъ. Однако, устройство подвижныхъ трубопроводовъ для горячихъ газовъ не такъ просто, какъ для холоднаго дутья; въ то же самое время неизбежно теряется въ трубопроводахъ тепло.

Этотъ способъ поэтому менѣе хорошъ, чѣмъ система отдѣльныхъ печекъ.

Съ тѣми же самыми затрудненіями приходится встрѣчаться также при примѣненіи нагрѣтаго дутья для сушки формъ. Самъ по себѣ нагрѣтый сухой воздухъ представляется превосходнымъ средствомъ для сушки; однако, примѣненіе нагрѣтаго воздуха связано съ дорогими и легко портящимися устройствами для нагрѣва; въ то же самое время тепло теряется во время подвода къ формамъ. Поэтому и этотъ способъ примѣняется довольно рѣдко ²⁾.

4) Литейные чаны.

Литейнымъ чаномъ (Dammgrube;—foundry-pit;—fosse aux moules) называется цилиндрическое или призматическое углубленіе въ почвѣ литейной мастерской, защищенное отъ вліянія почвенной влажности. Въ литейные чаны помѣщаются или такія литейныя формы, кои по своей значительной высотѣ неудобны для отливки, если ихъ установить на полу, или же такія, кои формуются свободно въ пескѣ, но нуждаются въ предохраненіи отъ разрушенія вслѣдствіе давленія жидкаго металла на стѣнки литейной формы. Въ каждой болѣе или менѣе значительной чугунолитейной мастерской имѣется, по крайней мѣрѣ, одинъ литейный чанъ, чаще же нѣсколько литейныхъ чановъ различной величины.

Если литейный чанъ долженъ служить главнымъ образомъ для помѣщенія въ немъ свободныхъ литейныхъ формъ, то придаютъ ему, ради лучшаго противодѣйствія давленію почвы, цилиндрическую форму, при діаметрѣ обыкновенно отъ 3 до 4 метровъ и глубинѣ около 4 метровъ.

¹⁾ Чертежъ газовыхъ генераторовъ для сушки формъ для трубъ: A. Ledebur, Die Gasfeuerungen, Leipzig 1891, S. 49; Preuss. Zeitschr. für Berg- Hütten- und Salinenwesen, 1896, S. 111.

²⁾ Сравнительно простое устройство для сушки нагрѣтымъ воздухомъ изображено и описано въ Dinglers Polytechn. Journal, Bd. 195, S. 502.

Если литейный чанъ служить для помѣщенія въ немъ литейныхъ формъ, уже безъ этого достаточно прочныхъ, благодаря ихъ опокамъ, то литейному чану цѣлесообразно придавать четырехугольное горизонтальное сѣченіе; этотъ случай встрѣчается главнымъ образомъ въ литейныхъ, готовящихъ спеціальныя сорта литья, напр., трубы, цилиндры для паровозовъ и проч. Размѣры литейныхъ чановъ, въ послѣднемъ случаѣ, должны соответствовать размѣрамъ литейныхъ формъ, помѣщаемыхъ въ нихъ.

Стѣнки литейнаго чана должны не только выдерживать давленіе окружающей почвы, но также не должны пропускать почвенной влажности въ цилиндрическіе чаны; онѣ сооружаются обыкновенно изъ листового желѣза или каменной кладки; для призматическихъ же часто употребляются чугуныя плиты.

Желѣзныя стѣнки цилиндрическихъ чановъ, толщиною въ 10 до 15 мм. оказываются самыми дешевыми, однако, при мокрой и рыхлой почвѣ, онѣ сильно подвержены ржавленію, особенно же, когда вода обладаетъ кислой реакціей. Поэтому никоимъ образомъ нельзя забывать относительно тщательнаго покрытія желѣзнаго цилиндра асфальтовой смолой, какъ внутри, такъ и снаружи еще до опусканія его въ почву.

Желѣзный цилиндръ для литейнаго чана склепывается изъ желѣзныхъ листовъ, подобно тому, какъ это дѣлается при производствѣ паровыхъ котловъ; дну цилиндра полезно придавать вогнутую форму.

Литейные чаны, возведенные изъ каменной кладки, дороже желѣзныхъ; однако же, при тщательной кладкѣ на цементѣ, они оказываются неизносимыми. Дно такихъ чановъ можетъ быть сдѣлано изъ бетоннаго слоя, покрытаго чугуными плитами; на чугунныхъ плитахъ возводятся уже каменные стѣнки; для лучшаго уплотненія между дномъ и стѣнками каменнаго чана по чугуннымъ плитамъ наводится еще слой цемента.

При употребленіи чугунныхъ плитъ для призматическихъ чановъ, отдѣльныя плиты свинчиваются при помощи закраинъ, обращенныхъ вовнутрь чана; швы между плитами уплотняются какимъ-либо подходящимъ матеріаломъ. Просмоленный канатъ, залитый свинцомъ, или деревянные клинушки оказываются весьма удобными матеріалами для уплотненія швовъ; при пользованіи свинцовой заливкой можно долотомъ поджимать ее такъ же, какъ при водопроводныхъ трубахъ.

Полная непроницаемость литейнаго чана для влажности особенно нужна при закапываніи литейныхъ формъ въ песокъ внутри чана. Если въ подобномъ случаѣ чанъ пропускаетъ влажность, то не только песокъ въ чанѣ, но и сама литейная форма можетъ отсырѣть; нерѣдко приходится формѣ оставаться въ чанѣ болѣе 12 часовъ передъ наступленіемъ отливки; изъ влажной формы долженъ былъ бы

при отливкѣ сильно выдѣляться парь; въ результатѣ получилось бы, или неудачное литье, или даже взрывъ ¹⁾).

Вовсе нелегкой работой оказывается установка желѣзнаго чана на его мѣсто въ углубленіи; трудность этой работы растетъ вмѣстѣ съ глубиной чана и притокомъ почвенной воды. Прежде всего, конечно, надо выкопать углубленіе, достаточно широкое для того, чтобы чанъ могъ въ него войти. Во время этой работы часто встрѣчается такой притокъ почвенной воды, что стѣнки углубленія обваливаются; этимъ обстоятельствомъ работа сильно затрудняется, или даже дѣлается невозможной; въ такомъ случаѣ приходится обнести углубленіе для чана шпунтовой стѣнкой; глубина этой послѣдней должна быть достаточной для предохраненія стѣнъ углубленія отъ обвала послѣ доведенія выемки до конца. Вода, собирающаяся внутри шпунтовой ограды, должна быть непрерывно удаляема при помощи насоса.

Когда такимъ образомъ приготовлено углубленіе, тогда приступаютъ къ опусканію чана.

Желѣзные чаны не слишкомъ большихъ размѣровъ обыкновенно опускаются въ углубленіе во вполне собранномъ состояніи при помощи крана или специальныхъ приспособленій. Очень большіе чаны опускаются въ углубленіе отдѣльными кольцами. Эти послѣдніе уже въ углубленіи между собой свинчиваются или склепываются.

Равнымъ образомъ въ углубленіи удобнѣе всего составлять чугунные стѣнки изъ отдѣльныхъ плитъ; онѣ свинчиваются и уплотняются здѣсь на мѣстѣ, отчасти ради значительнаго вѣса готоваго такого чана, а отчасти ради возможности ослабленія швовъ при опусканіи въ яму собранныхъ чановъ. Каменные чаны лучше всего, конечно, цѣликомъ возводить на мѣстѣ въ ямѣ. Опустивъ чанъ въ углубленіе, надо, передъ выкачиваніемъ почвенной воды, рассчитать, достаточенъ ли вѣсъ чана для необходимаго вытѣсненія почвенной воды; иначе чанъ былъ бы поднятъ и плавать бы; много тяжелой и дорогой работы пропало бы бесполезно.

На каждый сантиметръ разницы въ горизонтахъ стоянія почвенной воды и дна литейнаго чана количество вытѣсняемой воды, соотвѣтственно одному квадратному метру площади дна чана, составляетъ 10 клг. Если, напр., имѣется литейный чанъ діаметромъ въ 3 метра, слѣдовательно, площадью основанія въ 7 кв. м., и почвенная вода стоитъ на два метра выше желаемаго горизонта, тогда давленіе воды выразится

$$7 \times 200 \times 10 = 14000 \text{ килограммовъ.}$$

¹⁾ Подобные взрывы должны быть особенно опасны при отливкѣ стали для крупнаго стального литья.

Если вѣсъ чана выражается 4000 клг., то чанъ можетъ быть приподнятъ въ углубленіи значительной силой, въ 14000—4000=10000 клг. Въ подобномъ случаѣ, необходимо нагрузить чанъ кусками чугуна, или чѣмъ-либо подобнымъ прежде, чѣмъ будетъ прекращена работа насосовъ. Послѣ утрамбовки земли вокругъ чана часть давленія снизу уравновѣшивается ея треніемъ; однако, при сильномъ давленіи снизу, слѣдуетъ предпринять особыя мѣры для удержанія чана въ своемъ положеніи. Въ этомъ случаѣ чанъ закрѣпляется къ сваямъ или же снабжается внизу кольцомъ соотвѣтственной ширины; тяжестью земли, нагруженной на это кольцо, чанъ удерживается на мѣстѣ.

5. Машины для подготовки формовыхъ матеріаловъ.

Песокъ, формовая масса, глина, каменный и древесный уголь и прочіе матеріалы, необходимые для изготовленія литейныхъ формъ и шишекъ, во многихъ случаяхъ должны быть подвергнуты предварительной подготовкѣ передъ употребленіемъ ихъ въ дѣло: такая подготовка обыкновенно состоитъ въ размельченіи, перемѣшиваніи и т. д. Употребленіе для этой цѣли ручной работы было бы чрезмерно дорого въ случаѣ, еслибы потребовалось болѣе значительное количество формовыхъ матеріаловъ. Поэтому большинство чугунолитейныхъ мастерскихъ для этой надобности пользуется машинами. Устройство этихъ машинъ бываетъ довольно разнообразно, а иногда соразмѣряется съ мѣстными условіями; о наиболѣе употребительныхъ машинахъ этого рода будетъ сообщено въ нижеслѣдующемъ изложеніи.

А. Машины для грубаго измельченія.

Большая часть формовыхъ матеріаловъ находится уже въ природѣ въ довольно мелкомъ состояніи; однако, случается, что болѣе крупные куски твердыхъ тѣлъ нуждаются, передъ размоломъ, въ предварительномъ грубомъ измельченіи. Нѣкоторыя разновидности песчанника, напр., размолотыя въ порошокъ, доставляютъ превосходный формовый матеріалъ; этотъ песчанникъ добывается въ крупныхъ кускахъ, а потому долженъ быть подвергнутъ предварительному грубому измельченію; куски старыхъ тиглей и шамотовыхъ кирпичей, бывшихъ въ употребленіи, прибавляются къ свѣжей массѣ, особенно при изготовленіи литейныхъ формъ для стали; эти матеріалы равнымъ образомъ передъ размоломъ должны быть предварительно измельчены и т. д. Машины, употребляемыя для этой цѣли, вообще довольно общенз-

вѣстны; онѣ часто примѣняются также для подготовки другихъ матеріаловъ, особенно же рудъ.

Чаще всего для предварительнаго измельченія формовыхъ матеріаловъ примѣняется *толчея* (Rochwerk—rounding-machine, poolwork;—bocard) съ тремя или пятью легкими деревянными пестами. Башмаки пестовъ приготавливаются изъ закаленного чугуна или стали; они работаютъ въ деревянномъ ящикѣ, снабженномъ чугуннымъ дномъ; въ такихъ ящикахъ измельчаемые матеріалы не разбрасываются; передняя стѣна ящика вынимается, подобно заслонкѣ; этимъ путемъ легко наполнять и опоражнивать ящики.

Дробилки (Steinbrecher, Brechmaschine; — crushing-machine;—machine à broyer) отличаются отъ толчеи большей производительностью; но въ то же самое время онѣ доставляютъ хуже измельченный матеріалъ; въ литейномъ производствѣ дробилки тогда только умѣстны, когда приходится ежедневно измельчать весьма значительныя количества сырыхъ формовыхъ матеріаловъ; такой случай, впрочемъ, не часто представляется.

Если, однако, на заводѣ имѣется дробилка для другихъ надобностей (напр., для измельченія руды на желѣзныхъ заводахъ), то ею можно весьма удобно, между прочимъ, пользоваться и для грубого измельченія формовыхъ матеріаловъ.

Б. Машины для размола, а также для размола и перемѣшиванія.

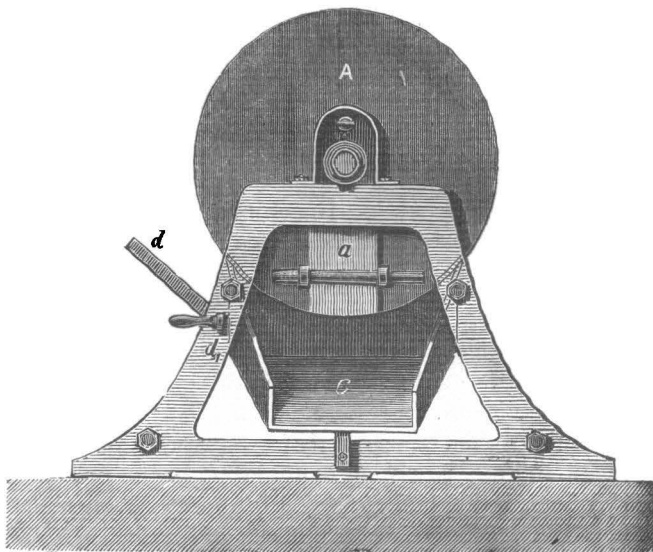
Для превращенія въ пыль мелютъ песокъ, каменный и древесный уголь; затѣмъ мелютъ и глину, заключающую въ себѣ болѣе крупныя зерна; въ этомъ послѣднемъ случаѣ нерѣдко соединяютъ размолъ съ механическимъ смѣшиваніемъ глины съ другими матеріалами, доставляющими ей свойства, необходимыя для формоваго матеріала (главнымъ образомъ конскій навозъ).

Бараны. Эти простыя машины, называемыя также песчаными или угольными мельницами, употребляются для размола песка, каменнаго и древеснаго угля. Подобные бараны обыкновенно состоятъ изъ чугуннаго цилиндрическаго сосуда, вращающагося на горизонтальной оси; въ барабанѣ свободно лежитъ одно или нѣсколько чугунныхъ тѣлъ, служащихъ для размола матеріаловъ во время вращенія барабана. На фиг. 61 и 62 изображена подобная мельница ¹⁾. А—обозначаетъ цилиндрическій барабанъ съ привинченными къ нему крышками. Къ каждой изъ крышекъ прилита, или инымъ образомъ, укрѣплена цапфа; обѣ цапфы вращаются въ подушкахъ, прикрѣпленныхъ къ стойкамъ, поддержива-

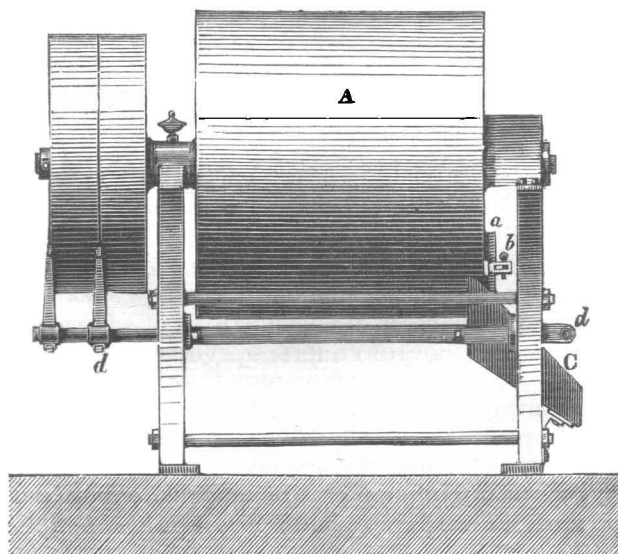
¹⁾ Построена она на заводѣ Chemnitzer Werkzeugmaschinenfabrik.

ющимъ все устройство. Къ лѣвой цапфѣ на соотвѣтствующей оси укрѣплены два ремневые шкива (рабочій и хо-

Черт. 61.



Черт. 62.



лостой); во время вращенія барабана передаточный ремень долженъ находиться на рабочемъ шкивѣ; во время же оста-

новки барабана передаточный ремень переводится на холостой шкивъ. Для нагрузки и опоражнивания барабана служить отверстіе въ его правой крышкѣ; во время работы машины оно закрыто чугунной крышкой *a*; эта крышка укрѣпляется самымъ простымъ образомъ при помощи хомута *bb*; между этимъ хомутомъ и крышкой загоняются деревянные клинья. Для нагрузки барабанъ устанавливается такимъ образомъ, что отверстіе находится наверху; въ этомъ положеніи забрасываютъ черезъ отверстіе вовнутрь барабана материалы, предназначенные къ размолу; цапфа барабана въ это время защищена особой крышкой отъ ударовъ тѣлъ, случайно не попадающихъ въ барабанъ. Для опоражнивания барабанъ устанавливается отверстіемъ книзу; послѣ снятія крышки *a* размолотые материалы вываливаются изъ барабана наружу и по наклонному желобу с сваливаются въ подставленный сосудъ. Операция размолы производится при помощи двухъ чугунныхъ вальцевъ, занимающихъ внутри барабана почти всю ихъ длину; эти вальцы совершенно свободно перемѣщаются во время вращенія барабана. При помощи *d* на чертежѣ обозначена ремневая пилка, передвигаемая при помощи рукоятки *d₁* при пускѣ въ ходъ и остановкѣ машины.

Барабанъ обыкновенно получаетъ въ длину 1,0 до 1,3 метра, при діаметрѣ въ 0,6 до 1,0 метра. Полные вальцы, находящиеся внутри барабана, имѣютъ въ діаметрѣ 60 до 100 мм. Самой подходящей скоростью на окружности барабана надо считать 100 до 120 метровъ въ минуту; слѣдовательно, при діаметрѣ въ 0,6 до 1,0 метра барабанъ получаетъ 40 до 60 оборотовъ въ минуту. При слишкомъ быстромъ вращеніи барабана вальцы подпрыгиваютъ, вмѣсто того, чтобы спокойно перекачиваться; въ этомъ случаѣ размоль не можетъ совершаться правильно.

Мельница представленнаго образца требуетъ для своей работы задолженія $\frac{3}{4}$ паровой лошади; въ теченіе 12 часовъ она въ состояніи измельчить количество материаловъ, достаточное для литейной мастерской, производительностью въ 4000 до 5000 клг. литья въ день. Точныхъ цифръ въ этомъ отношеніи сообщить невозможно; здѣсь большую роль играютъ, конечно, свойства самихъ размалываемыхъ предметовъ.

Бѣгуны. Бѣгуны являются довольно распространенной машиной; они состоятъ изъ одной пары чугунныхъ или стальныхъ вальцевъ, большого діаметра (1,5 до 2 м.), но малой длины, вращающихся по горизонтальной оси; вмѣстѣ съ этой послѣдней они вращаются вокругъ вертикальнаго вала; вальцы укрѣплены на различныхъ разстояніяхъ отъ вертикальнаго вала для болѣе полнаго захватыванія размалываемыхъ материаловъ. На фиг. 63 и 64 изображены подобные бѣгуны. *A* и *A₁*—оба вальца, вращающіеся вокругъ

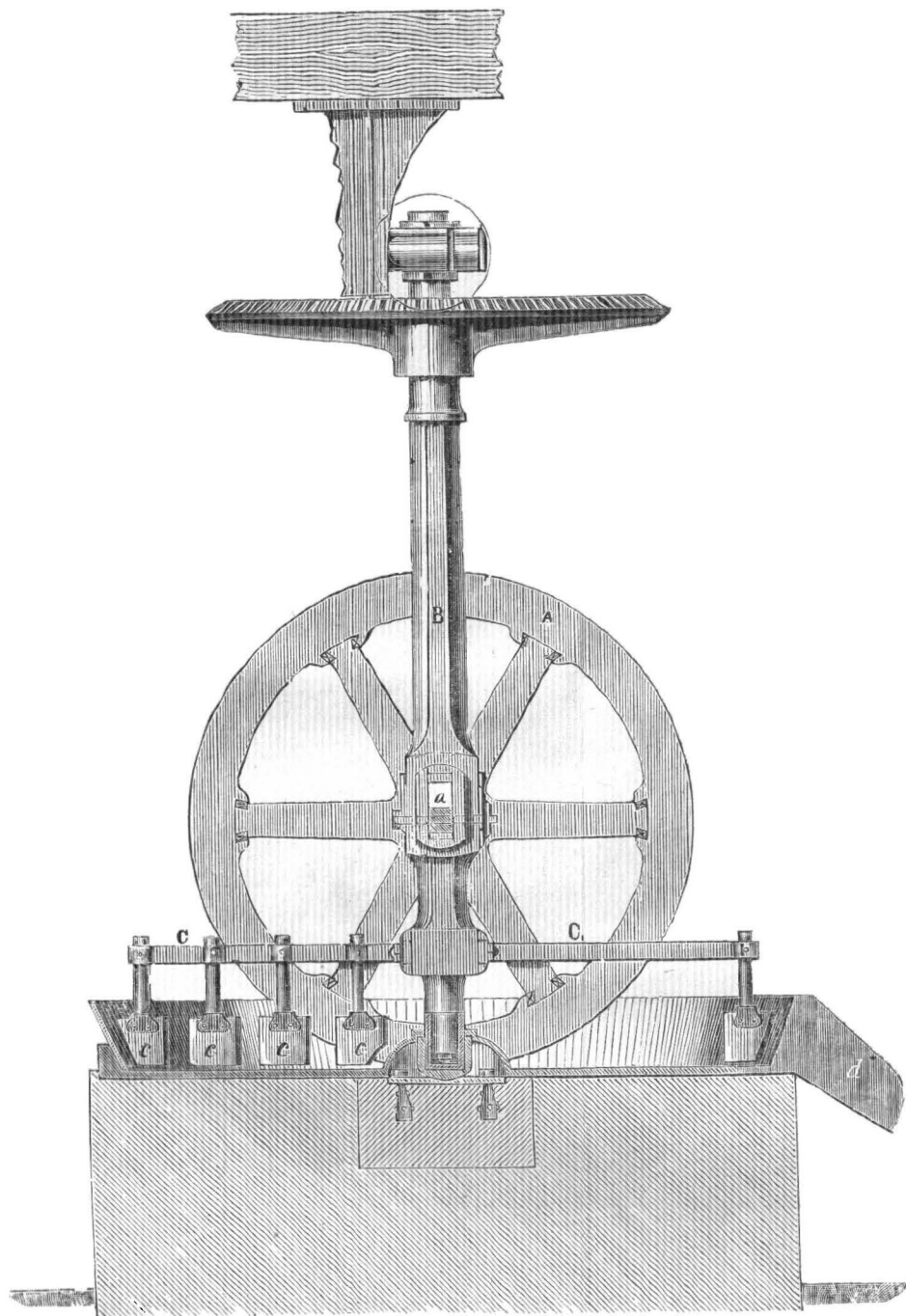
желѣзной оси *a*, имѣющей въ свою очередь вращеніе вокругъ вертикальнаго чугуннаго вала *B*. Изъ фиг. 64 можно видѣть, что разстояніе вальцевъ отъ вертикальнаго вала *B*—различно; такимъ образомъ вальцы во время вращенія ходятъ по различнымъ путямъ. Оба вальца ходятъ внутри сосуда, снабженнаго толстымъ чугуннымъ дномъ и желѣзными или чугунными закраинами; этотъ сосудъ устанавливается на нѣкоторой высотѣ надъ заводскимъ поломъ.

Въ подходящемъ мѣстѣ сосуда устроено приспособленіе *d* для опоражниванія сосуда; во время работы бѣгуновъ прорѣзъ въ закраинѣ заставляеть кускомъ желѣзнаго листа. Во избѣжаніе препятствій при движеніи вальцевъ со стороны болѣе крупныхъ кусковъ, попадающихъ въ формовомъ матеріалѣ, или даже поломки бѣгуновъ, ось вальцевъ можетъ немного перемѣщаться по высотѣ вертикальнаго вала; для сего, какъ видно изъ фиг. 63, въ валѣ *B* имѣется довольно высокая щель; если попадетъ подъ валецъ болѣе крупный кусокъ, валецъ можетъ пройти по немъ, приподнявъ немного свою ось и раздавливая крупный кусокъ вполнѣ или отчасти. Для болѣе удобнаго сцѣпленія оси *a* съ валомъ *B* имѣются на послѣднемъ утолщенія *bb* (фиг. 64) въ томъ мѣстѣ, гдѣ проходитъ щель. Внизу валъ *B* оканчивается отточенной пятой, входящей въ стаканъ, прикрѣпленный къ чугунной донной доскѣ.

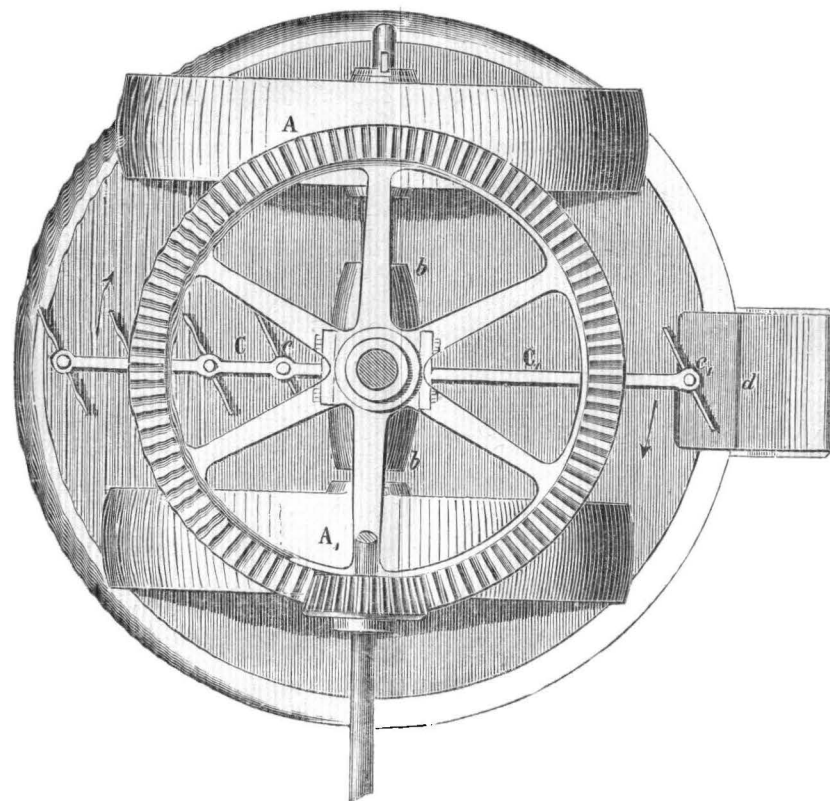
Движеніе передается бѣгунамъ сверху отъ передаточнаго вала при помощи коническаго зацѣпленія. Весьма понятно, что и для этой машины должно существовать на ведущемъ валѣ приспособленіе для пуска въ ходъ и остановки бѣгуновъ.

Въ направленіи, перпендикулярномъ къ оси вальцевъ, нѣсколько ниже ея, къ вертикальному валу *B* прикрѣплены два плеча *CC*₁; къ нимъ, въ свою очередь, придѣланы лопаты *cc...c*₁; эти послѣднія снабжены рукоятями, проходящими сквозь соотвѣтствующія втулки въ плечахъ *CC*₁; втулки снабжены нажимными винтами; такимъ образомъ можно устанавливать лопаты *cc...c*₁ на произвольной высотѣ и подъ произвольнымъ угломъ къ плечамъ *CC*₁. Эти лопаты служатъ отчасти для переваливанія и перемѣшиванія обрабатываемыхъ тѣлъ (напр., при подготовкѣ глины, главнымъ же образомъ для пододвиганія подъ вальцы кусковъ, отодвинутыхъ ими въ сторону. При вращеніи вальцевъ въ направленіи, указанномъ на фиг. 64 стрѣлкой, лопаты, установленныя такъ, какъ на чертежѣ, должны подхватывать куски матеріаловъ съ краю тарелки и пододвигать ихъ къ серединѣ подъ бѣгуны; для опоражниванія тарелки сообщаютъ только лопатамъ соотвѣтствующее наклоненіе къ плечамъ *CC*₁; при вращеніи бѣгуновъ все содержимое тарелки тотчасъ отгѣсняется къ краю и выталкивается черезъ прорѣзъ наружу, если только послѣдній открытъ. Нетрудно снабдить всѣ ло-

Фиг. 63.



Фиг. 64.



Бѣгуны

для

размола песку и глины

$\frac{1}{20}$ натур. вел.

паты приспособленіемъ, заставляющимъ ихъ одновременно передвигаться на ходу бѣгуновъ.

Вѣсъ каждаго изъ обоихъ вальцевъ въ бѣгунахъ обыкновенно составляетъ 500 до 1000 килограммовъ; надо имѣть въ виду, что при слишкомъ тяжелыхъ вальцахъ легко можно получить, особенно же при размолѣ песка, слишкомъ мелкій порошокъ, неспособный удовлетворительно пропускать газы и водяные пары. Бѣгунамъ обыкновенно придаютъ въ 1 минуту 10 до 20 оборотовъ вокругъ вертикальнаго вала. На движеніе бѣгуновъ затрачивается довольно значительная сила; обыкновенно требуется 4 до 5 паровыхъ лошадей. Не взирая на этотъ недостатокъ, бѣгуны примѣняются довольно часто, особенно въ болѣе крупныхъ мастерскихъ;— они могутъ, во-первыхъ, размалывать въ данный промежутокъ времени значительное количество формовыхъ материаловъ, а, во-вторыхъ, бѣгуны имѣютъ довольно многостороннее примѣненіе. Бѣгуны съ такимъ же успѣхомъ размалываютъ песокъ, уголь, глину, какъ и смѣшиваютъ послѣднюю съ конскимъ навозомъ и другими тѣлами. Очень часто единственная пара бѣгуновъ оказывается достаточной для снабженія размолотымъ формовымъ матеріаломъ довольно большой литейной мастерской; размалывая только песокъ и уголь, подобные бѣгуны могутъ поставлять количество матеріала, достаточное для ежедневнаго производства 15000 кгг. литья.

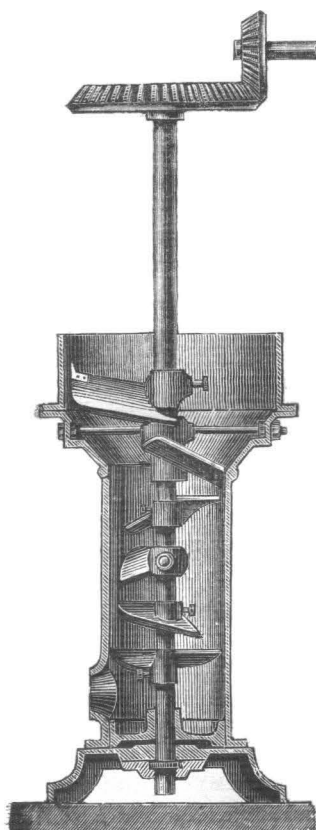
В. Мѣшалки.

Глиномѣсилки. Глиномѣсилки фирмы С. Schlickeisen въ Берлинѣ, употребляемая въ кирпичномъ дѣлѣ, могутъ весьма успѣшно примѣняться въ чугунолитейномъ производствѣ для смѣшиванія глины съ конскимъ навозомъ или иными тѣлами; глина для сего должна быть уже достаточно измельчена. На фиг. 65 въ разрѣзѣ въ $\frac{1}{20}$ натуральной величины представлено устройство подобной глиномѣсилки. Въ серединѣ чугуннаго цилиндрическаго или слабо коническаго сосуда вращается вертикальный валъ; къ нему прикрѣплено довольно значительное число винтообразныхъ ножей. Глина вмѣстѣ съ потребными примѣсями забрасывается въ глиномѣсилку сверху; здѣсь она перерабатывается ножами и затѣмъ выдавливается изъ машины наружу безъ перерыва черезъ нижнее отверстіе. Если глина послѣ одного прохода оказывается недостаточно вымѣшанной, тогда ее пропускаютъ черезъ машину еще разъ. При 60 оборотахъ въ минуту и задолженіи 3 до 4 паровыхъ лошадей одна глиномѣсилка величиной въ показанную на чертежѣ, въ десятичасовую смѣну доставляетъ 15 до 20 куб. метр. вымѣшанной глины.

НБ
УДУНТ
ИПБТ

Смѣшиватели для формоваго песка (дезинтеграторы). Смѣшиватель, изобрѣтенный Сагг'омъ ¹⁾ былъ впервые примѣненъ фирмой Sebalд & Neff въ Durlach для разбиванія песка, а также для смѣшиванія различныхъ сортовъ формоваго песка между собою и каменнымъ углемъ. Въ подобныхъ машинахъ песокъ принужденъ проходить между стальными кулаками, укрѣпленными концентрически на быстро вращающемся желѣзномъ кругѣ. Стальные кулаки перемѣшиваютъ

Черт. 65.



песокъ; крупныя сцементированныя крохи ими легко разбиваются, а также тѣсно смѣшиваются между собой различныя составныя части.

Старѣйшія машины этого рода состояли изъ двухъ вертикальныхъ круговъ на горизонтальныхъ осяхъ; оба круга были снабжены по концентрическимъ кругамъ стальными кулаками и со значительною скоростью вращались во взаимно противоположныхъ направленьяхъ; въ новѣйшихъ машинахъ часто довольствуются только однимъ горизонтальнымъ кругомъ, вращающимся, слѣдовательно, на вертикальной оси; въ этомъ случаѣ песокъ сбрасывается съ круга центробѣжной силой.

Машина послѣдняго рода, изображенная на фиг. 66 и 67 въ $\frac{1}{10}$ натуральной величины, вошла уже въ употребленіе во многихъ чугунолитейныхъ мастерскихъ

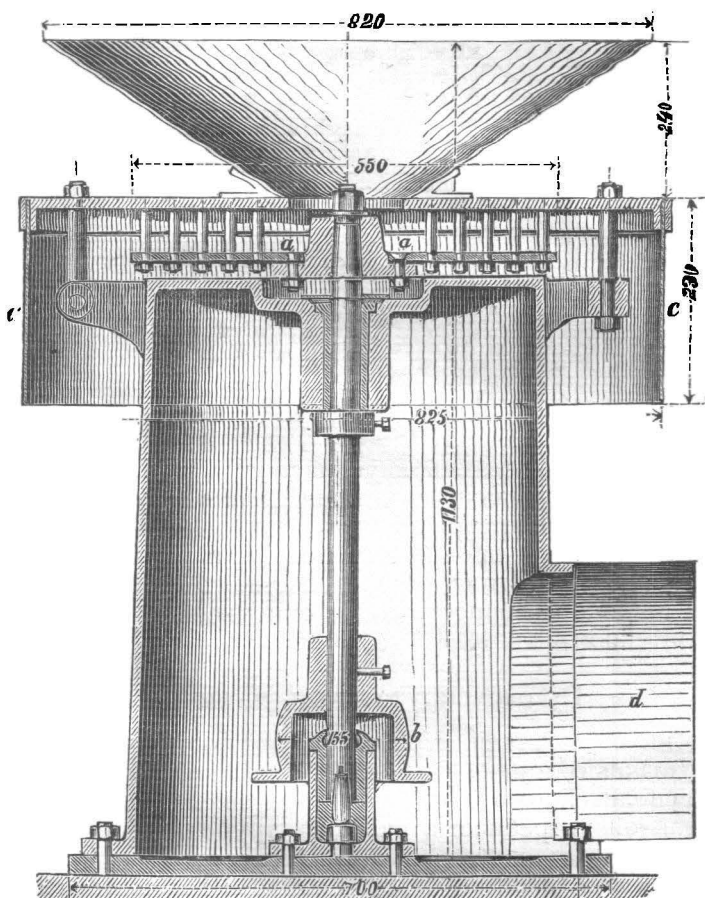
Желѣзный кругъ *a* дѣлаетъ въ минуту 1000 до 2000 оборотовъ; на этомъ кругѣ укрѣплены вышеупомянутые стальные кулаки; ихъ взаимное расположеніе можно видѣть на фиг. 67. Число кулаковъ равно 162; ихъ длина — 57 мм. и діаметръ — 13 мм. Описанный желѣзный кругъ насаженъ на кон-

цѣ вертикальнаго вала, приводимаго во вращеніе при помощи ремневаго шкива *b*. Песокъ насыпается на кругъ сверху черезъ воронку; съ круга онъ сбрасывается центробѣжной силой, ударяется о каучуковый кожухъ *c* и собирается у основанія машины въ видѣ кольцеобразной кучи. Ремневая передача предохранена отъ вреднаго дѣйствія песка

¹⁾ Rittinger, Aufbereitungskunde, 2 Nachtrag, Berlin 1873, S. 10.

при помощи кожуха *d*. Между стальными кулаками могут застревать камни, куски желѣза и проч., попадающіеся въ песокъ; для удобнаго удаленія ихъ изъ машины верхняя крышка машины вмѣстѣ съ каучуковымъ кожухомъ и засыпной воронкой можетъ открываться; на рисункѣ слѣва видѣнъ шарниръ; отвинтивъ гайку праваго болта, можно повернуть крышку вокругъ упомянутаго шарнира.

Черт. 65.

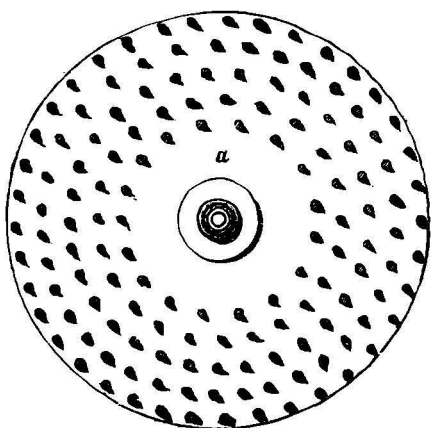


Въ эту машину долженъ поступать влажный песокъ. Различные матеріалы, предназначенные для перемѣшиванія, сваливаются по близости этой машины другъ на друга; затѣмъ во время работы они безпрестанно забрасываются въ засыпную воронку двумя рабочими. Надо наблюдать, чтобы засыпная воронка никогда не была совершенно наполнена;

въ такомъ случаѣ увлекается машиной воздухъ; онъ между прочимъ сообщаетъ песку нѣкоторую пушистость. Представленная машина въ одинъ часъ можетъ доставить 12 тоннъ формоваго песку.

Главное преимущество центробѣжнаго смѣшиванія состоитъ въ необычайно полномъ и равномерномъ смѣшиваніи различныхъ составныхъ частей вбрасываемаго матеріала:—свѣжаго формоваго песку съ бывшимъ уже въ употребленіи,

Черт. 67.



жирнаго песку съ тошимвъ, каменнаго угля съ пескомъ. Чѣмъ полнѣе смѣшаны различныя составныя части формоваго песку, тѣмъ лучше удовлетворяетъ онъ своему назначенію, тѣмъ легче черезъ него проникаютъ газы и пары и тѣмъ чище получается литье. Этимъ обстоятельствомъ достаточно объясняется широкое распространеніе описываемыхъ машинъ въ чугунолитейномъ дѣлѣ.

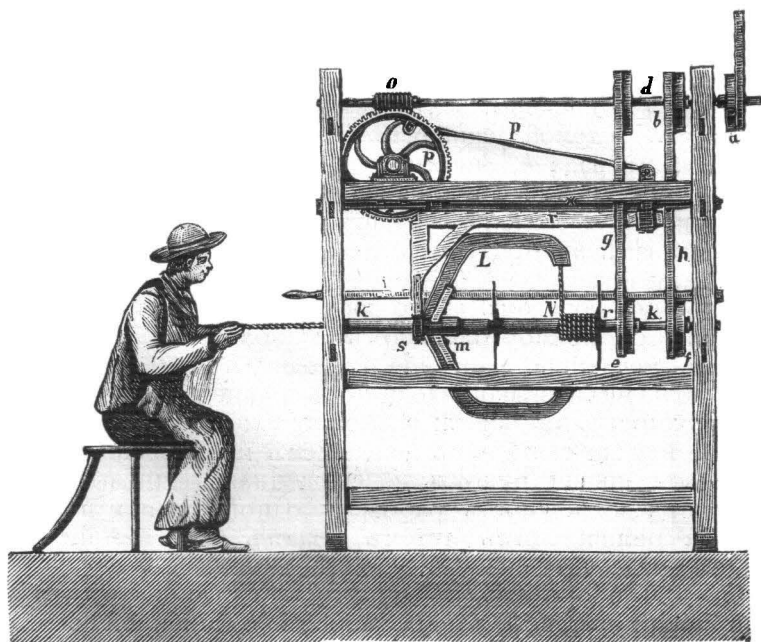
Г. Соломокрутильныя машины.

Солома не является, строго говоря, формовымъ матеріаломъ; однако, соломенные веревки ежедневно употребляются въ чугунолитейномъ дѣлѣ при изготовленіи шишекъ; при значительной потребности, напр., въ труболитейномъ производствѣ, часто приходится изготовлять соломенные веревки массами. Такія веревки могутъ быть изготовляемы весьма простымъ орудіемъ, такъ называемымъ ключемъ; къ одному концу этого ключа прикрѣпляется начало соломенной веревки; одинъ рабочий, медленно отступая, вертитъ въ рукахъ ключомъ, другой же къ свободному концу веревки подбавляетъ все болѣе и болѣе соломы, стоя на одномъ мѣстѣ. Въ случаѣ большой потребности въ веревкахъ, слѣдуетъ имѣть машину для скручиванія соломенныхъ веревокъ; одинъ

рабочій на подобной машинѣ можетъ весьма быстро готовить необходимыя веревки; для веревокъ должна употребляться высокостебельчатая и гибкая солома.

На фиг. 68 въ $\frac{1}{30}$ натуральной величины изображена удовлетворительно дѣйствующая соломокрутильная машина, построенная для надобностей чугунолитейнаго дѣла заводомъ Königin—Marienhütte. На верхнемъ валу *d* насажены рабочій и холостой шкивы *a*; шкивы получаютъ движеніе, или отъ общей передачи, или же отъ ручного привода, если не имѣется машинной силы. Съ вала *d*, при помощи двухъ ремневыхъ шкивовъ *b* и *c*, передается движеніе двумъ парамъ

Черт. 68.



шкивовъ *f* и *e*; въ каждой парѣ этихъ шкивовъ имѣется одинъ холостой и другой рабочій шкивъ. При посредствѣ шкива *f* получаетъ вращеніе длинный валъ *k*; лѣвый конецъ его состоитъ изъ щелистой трубки, служащей для приѣмки скручиваемой соломы, какъ это изображено на рисункѣ; на эту трубку надѣта равнымъ образомъ щелистая втулка *m*, такимъ образомъ, что обѣ щели находятся другъ надъ другомъ; черезъ нихъ солома можетъ попадать въ плечо *s* съ жолобчатой выемкой. Втулка *m* можетъ перемѣщаться по валу *k*; въ зависимости отъ этого измѣняется величина щели; однако, вращеніе вала *k* можетъ передаваться втулкѣ *m* во

всякомъ ея положеніи на этомъ валѣ. Вмѣстѣ съ m вращается вышеупомянутое плечо L ; соломенная веревка, проходящая черезъ это плечо, должна такимъ образомъ на плечѣ L дѣлать обороты вмѣстѣ съ валомъ k . Вѣсъ плеча L уравновѣшенъ другимъ такимъ же плечомъ, соединеннымъ съ первымъ. На валѣ k вращается затѣмъ катушка N , предназначенная для наматыванія веревки; эта катушка при помощи полаго вала Y соединена съ ремневымъ шкивомъ e .

Еслибы катушка N имѣла столько же оборотовъ, сколько k и L , то веревка, очевидно, не могла бы навиваться; здѣсь вовсе не было бы опереженія.

Навивка веревки можетъ идти только при условіи нѣсколько болѣе быстрого вращенія катушки N ; разница въ скоростяхъ вращенія катушки N и вала k соответствуетъ скорости наматыванія соломенной веревки на катушку N . Какъ видно изъ чертежа, ремневый шкивъ e нѣсколько больше въ діаметрѣ, чѣмъ шкивъ b ; въ то же самое время шкивы e и f одинаковы; вслѣдствіе этого и число оборотовъ катушки N , ведомой шкивомъ e , должно быть нѣсколько больше, чѣмъ вала k . Завитки веревки на катушкѣ должны лежать другъ возлѣ друга, а не другъ на другѣ; слѣдовательно, плечо L вмѣстѣ со втулкой m должно передвигаться на валѣ въ предѣлахъ, не меньшихъ длины катушки N . На валу d насаженъ безконечный винтъ o ; онъ сцѣпленъ съ винтовымъ колесомъ p ; это послѣднее при помощи рычага q связано съ прямоугольникомъ r , получающимъ такимъ образомъ медленное движеніе въ одну и другую сторону. Прямоугольникъ r вилкой входитъ въ кольцеобразную выемку на поверхности втулки m ; слѣдовательно, такимъ образомъ движеніе втулки связано съ движеніемъ прямоугольника.

Горизонтальная рукоятъ i , снабженная ремневыми вилками, даетъ возможность рабочему одновременно передвигать оба ремня; этимъ путемъ можетъ быть остановлена машина, когда катушка уже вполнѣ намотана.

При 130 оборотахъ въ минуту эта машина въ то же самое время даетъ 9 до 10 метровъ соломенной веревки толщиною въ 15 мм. Для приведенія этой машины въ движеніе достаточно силы одного чернорабочаго.

Сканувала Бровкіна С.В.

НБ
УДІНТ
ІТБТ