

УДК.621.742

<https://doi.org/10.34185/tpm.6.2021.07>

Селівьорстов В.Ю., Доценко Ю.В., Хричіков В.Є.

Визначення впливу дисперсності залізовмісної складової на технологічні властивості формувальних та стрижневих сумішей

Selivorstov V.Yu., Dotsenko Yu.V., Khrychikov V.E.

Determination of the influence of dispersion of iron-containing component on technological properties of molding and rod mixtures.

Представлені результати досліджень вибору раціонального способу отримання залізовмісної складової різної дисперсності в кульових млинах для формувальних та стрижневих залізофосфатних ХТС, а також вплив дисперсності окалини на міцність суміші даного типу. Встановлено, що для отримання високодисперсної залізовмісної складової фосфатної ХТС в умовах діючого виробництва найбільш раціональним є застосування механічного способу – тобто подрібнення в кульових млинах, оскільки він є ефективним як з технологічної, так і з економічної точки зору, зважаючи, в тому числі, на розповсюдженість даного виду обладнання. Кожен із зразків окалини завантажувався в кульовий млин згідно з інструкцією і подрібнювався протягом 40 хвилин. Кожні 5 хвилин млин зупиняли і відбирали пробу масою 100 грамів, після чого визначався гранулометричний склад окалини в даному зразку. Згідно з літературними джерелами загальноприйнятої класифікації за даними гранулометричного складу не існує [7]. Це пов'язано з різноманітністю цілей, задля яких визначають гранулометричний склад того чи іншого матеріалу. Гранулометричний склад різноманітних матеріалів встановлюється стандартами і технічними умовами, які розробляються для кожного окремо взятого споживача даної сировини. Нормативний документ по визначенню гранулометричного складу окалини металургійних комбінатів на сьогодні невідомий. Визначений гранулометричний склад прокатної окалини після подрібнення її в кульовому млині. Питома поверхня окалини на рівні 2300-2500 м²/г досягається вже через 20 хвилин подрібнення в кульових млинах, що підтверджує технологічну доцільність їх використання для подрібнення металевих складових залізофосфатних ХТС. Отримані дані щодо достатньо високої міцності на стиснення зразків залізофосфатної суміші, що досягає 3,5 – 4 МПа, і є цілком прийнятною для використання суміші для виготовлення об'ємних піщаних форм та стрижнів, показали перспективність проведення подальших досліджень у цьому напрямку.

Ключові слова: залізофосфатна холодно-твердіюча суміш, залізовмісна складова, гранулометричний склад, прокатна окалина, зразки, об'ємні піщані форми, стрижні

The presented results of researches of choice of rational method of receipt of ferruginous constituent of different dispersion are in bullet mills for formings and cored Iron-phosphatic a mixture of KHTS, and also influence of dispersion of dross on durability at the clench of mixture of this type. It was found that to obtain a highly dispersed iron-containing component of phosphate KHTS in the current production is the most rational use of mechanical method - ie grinding in ball mills, as it is effective both technologically and economically, given including the prevalence of this type of equipment. Each of the scale samples was loaded into a ball mill according to the instructions and ground for 40 minutes. Every 5 minutes, the mill was stopped and a sample weighing 100 grams was taken, after which the particle size distribution of the scale in this sample was determined. According to the literature, there is no generally accepted classification according to the particle size distribution [7]. This is due to the variety of purposes for which the particle size distribution of a material is determined. The particle size distribution of various materials is set by standards and technical conditions, which are developed for each individual consumer of this raw material. The normative document for determining the particle size distribution of metallurgical plants is currently unknown. The granulometric composition of rolled scale after grinding it in a ball mill was determined. The specific surface area of scale at the level of 2300-2500 m² / g is achieved after 20 minutes of grinding in ball mills, which confirms the technological feasibility of their use for grinding the metal component of iron-phosphate HTS. The obtained data on a sufficiently high compressive strength of samples of iron-phosphate mixture, reaching 3.5 - 4 MPa, and is quite acceptable for use in the mixture for the production of bulk sand molds and rods, showed the prospects for further research in this direction.

Key words: iron-phosphate cold-hardening mixture, iron-containing component, granulometric composition, rolled scale, samples, three-dimensional sand molds, rods

Вступ. У ливарному виробництві поширюється застосування залізофосфатних пов'язуючих композицій та на їх основі холоднотвердіючих формувальних та стрижневих сумішей (ХТС) і футерувальних мас.

В якості вихідних компонентів залізофосфатних ХТС можливе використання залізовмісних відходів ливарного та металургійного виробництва (шлами, пил, окалину) непостійного хімічного і фазового складу, які забруднені домішками. Оскільки залі-

зовмісного матеріалу в суміші 1–5%, великі розбіжності інгредієнтів призводять до нестабільності технологічних властивостей форм і стрижнів. Відповідно, застосування таких відходів для виробництва ХТС можливе лише за попередньої підготовки цих матеріалів.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. До сумішей з екологічно сприятливим типом пов'язника, зазвичай, відносять рідке скло або металофосфатні композиції з використанням,

Селівьорстов В.Ю.,	
Доценко Ю.В.,	
Хричіков В.Є.	

в тому числі, залізної окалини. При тому, важливою складовою загальної ефективності як технології приготування, так і безпосереднього використання таких холоднотвердіючих сумішей є процеси підготовки вихідних зернистих матеріалів та приготування сумішей за для набуття необхідних параметрів і досягнення покращених значущих властивостей кінцевої продукції [1...3]

Дослідження [4] показали, що матеріали для ХТС після обробки повинні містити: шкідливих домішок, що легко видаляються, < 0,1%; металевого

заліза < 0,1%; закису заліза 10... 30%; усього заліза 50...75% .

З усіх металофосфатних пов'язувальних композицій частіше за все застосовуються алюмофосфатні та залізофосфатні [5]. Для залізофосфатних композицій можуть застосовуватися різноманітні матеріали, що містять оксиди заліза (табл.1). В якості залізовмісного компоненту в цих ХТС запропоновані різноманітні матеріали (ковальська і прокатна окалина, залізорудні концентрати, і т. п.) та відходи багатьох виробництв.

Таблиця 1

Матеріали, які використовуються для отримання залізофосфатних ХТС

Матеріал	Вміст, %	
	FeO	Fe ₂ O ₃
порошок магнітний чорний	<8	92-100
крокус	10-20	80-90
трифолін	10-25	75-90
залізорудний концентрат	24-28	57-68
залізооксидний шлам (віт ЕДП, вагранок)	10-25	75-90
пил після зачистки виливків	6-10	70-90
окалина залізна	6-10	47-76

Найбільше застосування отримали залізовмісні матеріали з максимальною кількістю оксидів заліза: порошок магнітний чорний, крокус, трифолін, залізорудний концентрат, а також залізооксидний шлам [4]. Такі відходи як плавильний пил, пил після зачистки виливків і інші, через нестабільну якість застосовуються менше. Однак, вторинні матеріали техногенного походження все частіше використовують як компонент формувальних та стрижневих сумішей [5...10].

Як відомо, за зниженням швидкості затвердіння за звичайних температур при взаємодії з H_3PO_4 оксиди заліза розміщуються наступним чином: гематит (найбільша), магнетит і вюстит FeO . Гематит не має властивості холодного твердіння при додаванні H_3PO_4 . Сучасні теоретичні уявлення про формування структури холоднотвердіючих сумішей розробляються з урахуванням фізико-хімії міжфазової поверхні [11].

Процеси, що супроводжують твердіння металофосфатної ХТС, можна представити у вигляді міжчастинкових (утворення коагуляційної структури і кристалізаційно-конденсованих контактів), дифузійних явищ (транспортування рідини з розчиненими іонами через прошарок гідратних новоутворень) і міжфазової взаємодії (розчинення, кристалізація) [12].

Більшість вказаних вище явищ мають електричну природу (дисоціативна адсорбція і протонізація рідини поверхнею високодисперсних часточок, виникнення подвійного електричного шару – ПЕШ, виникнення дифузійного потенціалу та ін.). У міжчастинній взаємодії поряд з молекулярними силами Ван-дер-Ваальса - Лондона основна роль належить електромагнітній взаємодії (сили взаємодії дисперсних магнітних часточок, електричні поверхневі сили тяжіння і відштовхування та ін.) елект-

ромагнітні взаємодії між частинками багато в чому визначають властивості дисперсних систем [13]. Отримання дисперсних систем в сучасних умовах виробництва можливе багатьма способами, але за для подрібнення металевої складової залізофосфатної ХТС найбільш доцільним як з точки зору отримання якісного продукту, так і з економічної точки зору підходить механічний спосіб (подрібнення в млинах).

Подрібнення в кульових млинах, що обертаються, може бути самостійним способом перетворення матеріалу в порошок або додатковою операцією при інших способах отримання порошків. У кульовому млині матеріал стирається між внутрішньою поверхнею барабана і зовнішньою - кульового сегменту, між кулями і дробиться ударами. Подрібнення в кульових вібраційних млинах забезпечує швидке і тонке подрібнення. Подрібнення у вихрових млинах застосовується для пластичних металів. Воно відбувається за рахунок ударних і зусиль, що стирають, які виникають при зіткненні безпосередньо подрібнюваних частинок. Струменеві млини відрізняються тим, що енергоносієм в них є газ або перегріта пара, що поступає з сопел з надзвуковою швидкістю. Млини забезпечують тонке подрібнення частинок до розмірів 1-5 мкм. Але в даному випадку їх використання недоцільне, оскільки це може викликати додаткове окиснення металевої складової залізофосфатних ХТС. Подрібнення в планетарних млинах забезпечує тонке подрібнення важко подрібнюваних матеріалів ефективніше, ніж в млинах інших типів. У гіроскопічних млинах барабан обертається одночасно навколо горизонтальної і вертикальної осей, рух куль здійснюється аналогічно. Наведені вище дані свідчать про те, що актуальною задачею є проведення досліджень, спрямованих на визна-

чення оптимального способу подрібнення окалини різного походження за для отримання якісного залізовмісного компоненту і, відповідно, якісних формувальних та стрижневих ХТС.

Метою роботи є визначення впливу ступеня дисперсності прокатної окалини на міцнісні властивості залізофосфатної суміші без урахування впливу інгібіторів твердіння.

Завдання дослідження. Визначити раціональний спосіб отримання високодисперсної залізовмі-

сної складової фосфатної ХТС, відповідний гранулометричний склад окалини після подрібнення, а також міцнісні властивості сумішей з використанням отриманої залізовмісної складової.

Матеріали та методи дослідження. При проведенні експериментів використовували кульовий лабораторний млин ЛМШ-2/30. Було проаналізовано три проби окалини, взятої на території ОАО «АрселорМіттал Кривий Ріг», хімічний склад якої наведено в табл. 2.

Таблиця 2

№ п/п	Місце відбору проби	Хімічний склад окалини			
		Хімічний склад, % (мас.)			
		Fe _{загальне}	Fe ₂ O ₃	FeO	Fe ₃ O ₄
1	Після нагрівальної печі	72,9	33,86	63,47	28,36
2	З дорнів	73,2	40,00	58,31	23,40
3	З кліті №5	73,4	39,00	58,47	28,82

Аналіз гранулометричного складу окалини після розмелення проводили згідно ГОСТ 2138-91 Формувальні кварцові піски; ГОСТ 8735-2000 Піски. Методи випробувань; ГОСТ 310.2-91 Цементи. Визначення тонкості помолу.

Розсіювання окалини виконували за допомогою ситового аналізатора СА-10 з наступними характеристиками:

- амплітуда коливань – 1,5 мм;
- частота коливань – 1500 Гц;
- кількість сит – 8 шт.

Для розсіювання використовувалися сита типу КСІ діаметром 200 мм і висотою 38 мм (ГОСТ 9758-86 і ГОСТ 8735-88) з розмірами ячеек 0,16; 0,315; 0,63; 1,25; (2,5; 5; 10) мм і сито діаметром 200 мм висотою 38 мм (ТУ 36.6-2210200135-001-2003 і ТУ 36.6-2210200134-01-2003) з розмірами ячеек 0,05; 0,063; 0,1; 0,2; 0,4 мм.

Набір сит з піддоном встановлювали на піддоні аналізатора. Проба подрібненої окалини масою 100 г засипалася у верхнє сито, закривалася кришкою, а комплект сит закріплювався на площадці аналізатора. Після закінчення процесу розсіву окалини, яка залишилася на кожному із сит, зважувалася і визначався залишок на ситі.

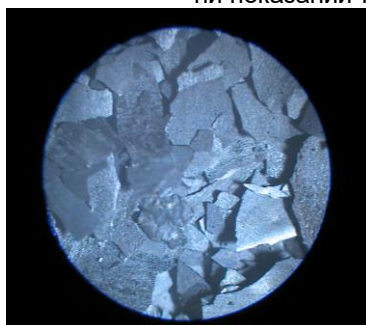
Для високодисперсних проб окалини за допомогою приладу Товарова Т-3 і приладу ПСХ згідно з інструкцією і у відповідності до ГОСТ 310.2-91 визначили питому поверхню.

Результати досліджень. Кожен із зразків окалини завантажували в кульовий млин згідно з інструкцією і подрібнювали протягом 40 хвилин. Кожні 5 хвилин млин зупиняли і відбирали пробу масою 100 грамів, після чого визначався гранулометричний склад окалини в даному зразку.

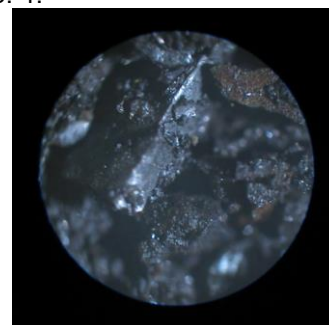
Загальний вигляд зразків неподрібненої окалини показаний на рис. 1.



а)



б)



в)

Рисунок 1. Загальний вигляд зразків неподрібненої окалини:
а – після нагрівальної печі; б – з дорнів; в – з кліті №5

Згідно з літературними джерелами загальноприйнятої класифікації за даними гранулометричного складу не існує [7]. Це пов'язано з різноманітністю цілей, задля яких визначають гранулометричний склад того чи іншого матеріалу.

Гранулометричний склад різноманітних матеріалів встановлюється стандартами і технічними

умовами, які розробляються для кожного окремо взятого споживача даної сировини. Нормативний документ по визначенню гранулометричного складу окалини металургійних комбінатів на сьогодні невідомий.

Гранулометричний склад окалини кожної проби наведено в табл. 3 та на рис. 2.

Таблиця 3

№ проби	Гранулометричний склад окалини								
	Розмір осередків сита, мм								
	2,5	1,25	0,9	0,63	0,315	0,16	0,08	0,071	піддон
Зразок № 1									
1	2,5	4,1	7,7	17,5	49,5	12,3	4,2	1,1	0,6
2	1,1	3,3	6,1	15,2	47,5	17,1	7,6	1,4	0,4
3	0	2,7	5,6	13,1	44,9	22,5	8,9	1,5	0,6
4	0	1,1	5,3	14,4	37,7	27,4	11,2	1,7	0,7
5	0	0	3,4	14,1	33,1	29,1	7,1	2,1	0,8
6	0	0	2,1	12,3	26,9	36,4	18,5	2,3	1,1
Зразок № 2									
7	4,7	6,7	8,5	18,4	38,9	16,6	4,5	1,2	0,1
8	2,3	3,7	5,9	15,4	41,8	20,3	7,8	1,3	0,7
9	1,1	2,1	5,1	14,8	38,8	23,8	11,7	1,7	0,5
10	0	1,1	4,6	15,8	35,8	25,6	13,7	1,9	0,9
11	0	0	2	16,1	37,1	26,8	15	2	0,7
12	0	0	1,5	12,9	30,7	30,2	20,1	2,7	1,1
Зразок № 3									
13	0	0	10,1	25,4	35	21,2	5,8	1,4	0,7
14	0	0	8,4	20,6	31,7	28,7	7,4	1,7	0,8
15	0	0	4,9	15,1	25,7	38,7	12,5	1,8	0,9
16	0	0	1,7	10,3	20,4	47,5	16,5	2,1	1,1
17	0	0	0	4,9	15,7	55,2	19,7	2,5	1,3
18	0	0	0	2,1	10,8	60,8	21,3	2,8	1,5

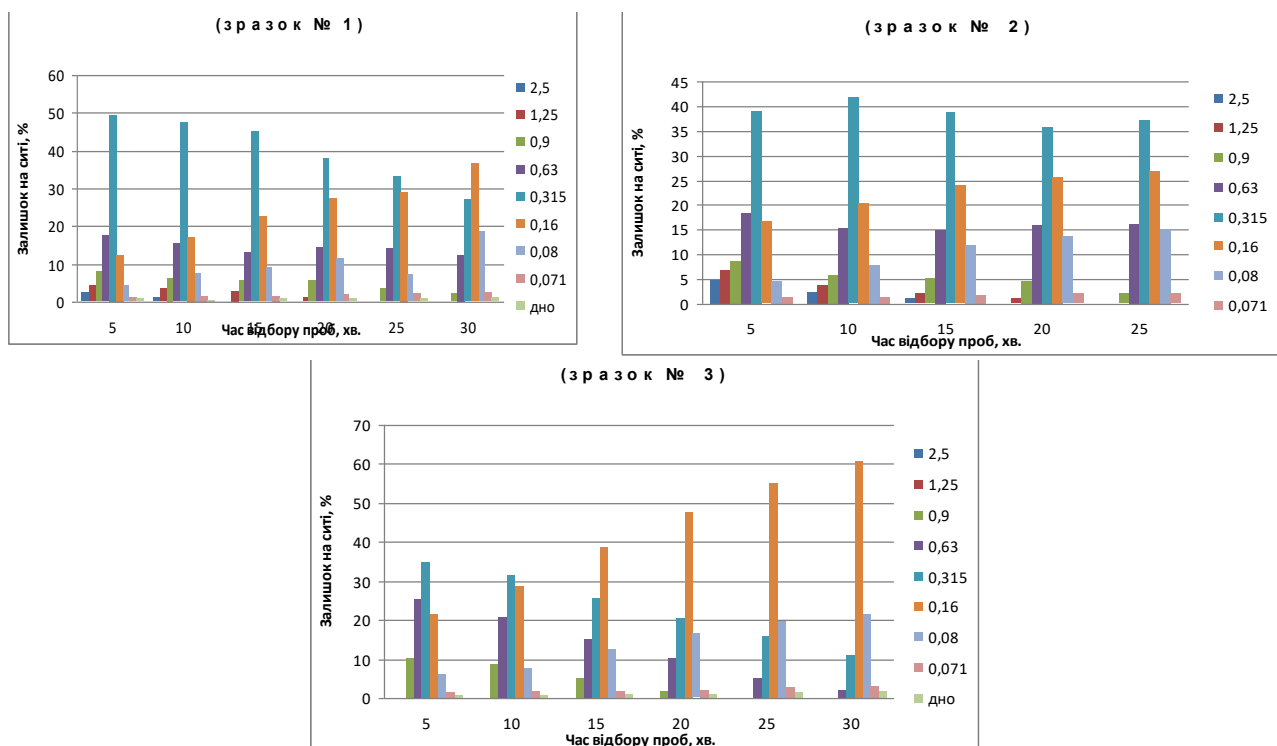


Рисунок 2. Аналіз гранулометричного складу окалини

Були проведені дослідження впливу дисперсності окалини на міцність залізо-фосфатної суміші. Для цього виготовляли зразки однакового складу, де в якості залізовмісного матеріалу використовувалася окалина з дорнів, розмелена за допомогою

кульового лабораторного млина ЛМШ-2/30 до різного ступеня дисперсності.

Результати досліджень наведені в табл. 4 та на рис.3

Таблиця 4

№ зразка (ряду на рис. 3)	Міцність суміші Міцність на стиск, МПа, через:					
	30 хв.	1 год.	4 год.	12 год.	24 год.	48 год.
1	0,08	0,16	0,6	1,0	1,15	1,25
2	0,10	0,20	1,0	1,9	2,0	2,45
3	0,12	0,25	1,5	2,4	2,7	2,9
4	0,14	0,30	1,8	2,7	3,2	3,3
5	0,18	0,38	2,3	3,5	3,7	3,9
6	0,18	0,39	2,3	3,6	3,7	4,0

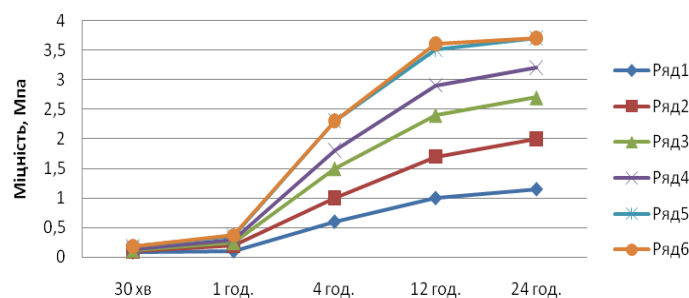


Рисунок 3. Залежність міцності суміші на стиск від дисперсності використаної окалини

Обговорення результатів. Рекомендована дисперсність металевої складової залізофосфатних холоднотвердіючих формувальних сумішей повинна складати близько 2200...2700 м²/г. Як видно з отриманих результатів, дисперсність окалини на рівні 2300...2500 м²/г досягається вже через 20 хвилин подрібнення в кульових млинах, що підтверджує доцільність їх використання для подрібнення металевої складової залізофосфатних ХТС. Окрім того, міцність на стиснення зразків досягає 3,5...4 МПа, що є цілком прийнятними показниками для використання суміші для виготовлення об'ємних піщаних форм та стрижнів.

Висновки:

Встановлено, що для отримання високодисперсної залізовмісної складової фосфатної ХТС в умовах діючого виробництва найбільш раціональним є застосування механічного способу – тобто

подрібнення в кульових млинах, оскільки він є ефективним як з технологічної, так і з економічної точки зору, зважаючи, в тому числі, на розповсюдженість даного виду обладнання.

Визначений гранулометричний склад прокатної окалини після подрібнення її в кульовому млині. Питова поверхня окалини на рівні 2300...2500 м²/г досягається вже через 20 хвилин подрібнення в кульових млинах, що підтверджує технологічну доцільність їх використання для подрібнення металевої складової залізофосфатних ХТС.

Отримані дані щодо достатньо високої міцності на стиснення зразків залізофосфатної суміші, що досягає 3,5... 4 МПа, і є цілком прийнятною для використання суміші для виготовлення об'ємних піщаних форм та стрижнів, показали перспективність проведення подальших досліджень у цьому напрямку.

Бібліографічний опис

- Solonenko L.I., Usenko R.V., Dziubina A.V., Uzlov K.I., Repiakh S. I. (2020). Sodium silicate solute foaming in a flat slot-type capillary under microwave radiation influence. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. № 6. P. 34-40. (Фахове видання, Scopus, ISSN 2071-2227, ISSN 2223-2362 electronic). <https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-6/034>
- Repiakh S. I., Solonenko L.I., Bilyi O.P., Kimstach T.V., Uzlov K.I. (2020). Heating rate of granular inorganic materials by microwave radiation. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. – № 2. – P. 37-41. (Фахове видання, Scopus, ISSN 2071-2227, ISSN 2223-2362 electronic). <https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-2/037>
- Solonenko L.I., Uzlov K.I., Mamuzich I., Kimstach T.V., Bilyi O.P., Repiakh S. I. (2021). Kinetics of quartz sand and its mixtures drying by microwave radiation. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. № 1. P. 68-77. (Фахове видання, Scopus, ISSN 2071-2227, ISSN 2223-2362 electronic). <https://doi.org/10.33271/nvngu/2021-1/068>
- Минченков А.В., Мороз А.А. Ресурсоэнергосберегающие металлофосфатные связующие материалы // *Литейное производство*, 1995. -№4. – 39-40 с.

17. Гамов Е. С., Серебряков В.В., Малык Н. М. Высокоогнеупорные холоднотвердеющие связующие смеси // Литейное производство, 1981. - №12. –18-20 с.
18. Дорошенко С.П., Авдокушин В.П., Русин К.Н. Формовочные материалы и смеси. - К.: Выща шк., 1990.- 415с.
19. Хричиков В.Е., Осипенко І.О., Овчарук О.М., Селиверстов В.Ю., Кисельгоф О.Л. Исследование технологических свойств фосфатных холодно-твердеющих смесей с добавками пыли аспирационной установки дробления боксита и агломерационной пыли мультициклона // Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost'. Dnepropetrovsk, 2001, №5, с. 37-39.
20. Хрычиков В.Е., Селиверстов В.Ю., Мазорчук В.Ф., Доценко Ю.В. Формовочные смеси для прибылей массивных отливок // Теория и практика металлургии. – 2004. - №6. - С.77-81.
21. Селиверстов В.Ю., Доценко Ю.В., Топучканова А.А. Використання золівідходів Придніпровської ТЕС в якості компоненту складів-аналогів гіпсових формувальних сумішей // Теорія і практика металургії. – 2004. - №5. - С.11-13.
22. Хрычиков В.Е., Селиверстов В.Ю., Мазорчук В.Ф., Доценко Ю.В. Формовочные смеси из вторичных материалов для прибылей отливок // Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost'. – 2005. - №4. - С. 34-36.
23. Хрычиков В.Е., Селиверстов В.Ю., Усенко Р.В., Мазорчук В.Ф. Использование вторичных материалов в новых составах железофосфатных холоднотвердеющих смесей // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 2006. – № 3. - С. 40-42.
24. Хрычиков В.Е., Селиверстов В.Ю., Мазорчук В.Ф., Доценко Ю.В., Усенко Р.В. Исследование основных технологических свойств железофосфатных холоднотвердеющих смесей при использовании в качестве компонента золы-уноса Приднепровской ТЭС // Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost'. – 2006. - №6. - С. 27 – 28.
25. Жуковский С.С., Лясс А.М. Формы и стержни из холоднотвердеющих смесей. – М.: Машгиз, 1978. –224 с.

Reference

1. Solonenko L.I., Usenko R.V., Dziubina A.V., Uzlov K.I., Repiakh S. I. (2020). Sodium silicate solute foaming in a flat slot-type capillary under microwave radiation influence. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. № 6. – P. 34-40. (Фахове видання, Scopus, ISSN 2071-2227, ISSN 2223-2362 electronic). <https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-6/034>
2. Repiakh S. I., Solonenko L.I., Bilyi O.P., Kimstach T.V., Uzlov K.I. (2020). Heating rate of granular inorganic materials by microwave radiation. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. – № 2. – P. 37-41. (Фахове видання, Scopus, ISSN 2071-2227, ISSN 2223-2362 electronic). <https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-2/037>
3. Solonenko L.I., Uzlov K.I., Mamuzich I., Kimstach T.V., Bilyi O.P., Repiakh S. I. (2021). Kinetics of quartz sand and its mixtures drying by microwave radiation. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. № 1. – P. 68-77. (Фахове видання, Scopus, ISSN 2071-2227, ISSN 2223-2362 electronic). <https://doi.org/10.33271/nvngu/2021-1/068>
4. Mynchenkov A.V., Moroz A.A. Resursoenerhosberehaiushchye metallofos-fatnye svyazuiushchye materyali // Liteinoe proyzvodstvo, 1995. -№4. – 39-40 s..
5. Hamov E. S., Serebriakov V.V., Malik N. M. Vysookoogneupornie kholod-notverdeiushchye svyazuiushchye smesy // Liteinoe proyzvodstvo, 1981. -№12.–18-20 s.
6. Doroshenko S.P., Avdokushyn V.P., Rusyn K.N. Formovochne materyali y smesy. - K.: Vishcha shk., 1990.- 415s.
7. Khrychikov V.E., Osypenko I.O., Ovcharuk O.M., Selyverstov V.Yu., Kysel-hof O.L. Yssledovanye tekhnolohycheskykh svoistv fosfatnykh kholodno-tverdeiushchykh smesei s dobavkamypily aspyratsyonnoi ustanovky droble-nyia boksytay ahlomeratsyonnoi pily multytsyklona // Metallurhyche-skaia y hornorudnaia promi-shlennost. Dnepropetrovsk, 2001, №5, s. 37-39.
8. Khrychikov V.E., Selyverstov V.Yu., Mazorchuk V.F., Dotsenko Yu.V. For-movochnye smesy dlia prybilei massymnykh otlivok // Teoryia y praktyka metallurhyi. – 2004. - №6. - S.77-81.
9. Selivorstov V.Yu., Dotsenko Yu.V., Topuchkanova A.A. Vykorystannia zo-lovidkhodiv Prydniprovskoi TleS v yakosti komponentu skladiv-analohivhipsovykh formuvalnykh sumishei // Teoriia i praktyka metalurhii. – 2004. - №5. - S.11-13.
10. Khrychikov V.E., Seliverstov V.Ju., Mazorchuk V.F., Docenko Ju.V. Formovochnye smesi iz vtorichnykh materialov dlia prybilei otlivok // Metallurgicheskaja i gornorudnaja promyshlennost'. – 2005. - №4. - S. 34-36.
11. Khrychikov V.E., Selyverstov V.Yu., Usenko R.V., Mazorchuk V.F. Yspol-zovanye vtorychnykh materyalov v novykh sostavakh zhelezofosfatnykh kholodnotverdeiushchykh smesei // Vostochno-Europeiskyi zhurnalпередовых технологий. - 2006. – № 3. - S. 40-42.
12. Khrychikov V.E., Seliverstov V.Ju., Mazorchuk V.F., Docenko Ju.V., Usenko R.V. Issledovanie osnovnykh tekhnologicheskikh svoistv zhelezofosfatnykh holodnotverdeiushchiykh smesei pri ispol'zovanii v kachestve komponenta zoly-unosa Pridneprovskoj TJeS // Metallurgicheskaja i gornorudnaja promyshlennost'. – 2006. - №6. - S. 27– 28.
13. Zhukovskiy S.S., Liass A.M. Formi y sterzhny yz kholodnotvedeiushchykh smesei. – М.: Mashhyz, 1978. –224 s.