

# **ПОВЫШЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ И АНТИКОРРОЗИОННЫХ СВОЙСТВ БЕЗНИКЕЛЕВОЙ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ ОПТИМИЗАЦИЕЙ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА**

## ***INCREASE THE MECHANICAL AND ANTICORROSIVE PROPERTIES OF NICKEL-FREE STAINLESS STEEL BY OPTIMIZING THE CHEMICAL COMPOSITION***

***Пройдак С.***

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В.Лазаряна, кафедра "Прикладная механика и материаловедение"

### ***Abstract***

Influence of complex change of the maintenance of elements C, Si and Mn on mechanical and anticorrosive properties of steel Cr13 has been studied. Recommendations for its application instead of steels type 18-10, 18-9 Cr – Ni are given.

### **1. Постановка проблемы**

Нержавеющие стали на протяжении десятилетий остаются материалом, который широко используется в различных отраслях промышленности. Но сегодня вопросы экономного, рационального, эффективного использования природных ресурсов стоят особенно остро и заставляют искать пути максимального снижения затрат на производство таких сталей. Безникелевая сталь типа X13, оптимально легированная кремнием и марганцем, может успешно применяться взамен более дорогостоящих аустенитных нержавеющей сталей с высоким содержанием Ni. Такая сталь мартенсито-ферритного класса превосходит аустенитные хромоникелевые стали типа 18-9, 18-10 по ряду механических свойств (высокая пластичность и ударная вязкость при одновременно высоких значениях прочности), обеспечивает стабильность структуры и свойств при длительных выдержках, имеет хорошие литейные свойства. При этом сохраняется одно из наиболее важных свойств высокохромистых нержавеющей сталей - их стойкость против коррозии, ведь содержание Cr выше 12% обеспечивает высокое сопротивление окислению, а также высокую жаростойкость и жаропрочность [1]. Кроме того, особенность стали X13 состоит в том, что при варьировании содержания углерода в небольших пределах (0,08÷0,25%) изменяется соотношение в ней структурных составляющих, в частности, количество  $\delta$ -феррита. При комнатной температуре такая сталь может иметь ферритную, мартенситную

и мартенсито-ферритную структуру [2], что, безусловно, влияет на качественные характеристики, изменяет свойства.

## **2. Материал и методика исследований**

В работе изучали влияние С (в количестве до 0,1% и 0,16÷0,20%), Si и Mn (в количестве до 0,5% и 1,5÷1,8% каждого) на формирование структуры и свойства стали типа X13 в литом состоянии и после горячей пластической деформации ковкой (со степенью деформации до 500% при температуре около 1160°C). Сталь восьми различных составов выплавляли в промышленной высокочастотной индукционной печи, разливали в изложницы и охлаждали. Затем нагревали слитки до соответствующей температуры и ковали на трехтонном молоте свободного падения, охлаждали на воздухе.

Микроструктуру, количественный фазовый анализ, тонкую структуру, микрорентгеноспектральный анализ проводили по стандартным методикам на соответствующем высокоточном оборудовании. Механические и антикоррозионные свойства определяли на соответствующих образцах стандартными методами, жаростойкость при температуре 1200°C, в лабораторных условиях на установке для высокотемпературного гравиметрического анализа.

## **3. Результаты и их обсуждение**

Исследования образцов восьми различных по составу плавок показали, что микроструктура литой безникелевой стали типа X13 в значительной степени зависит от варьирования химического состава даже в небольших пределах – соотношение мартенсита и феррита в структуре стали весьма различно (рис. 1), что, безусловно, влияет на твердость, прочность и пластичность. При комнатной (20°C) и высоких (900÷1200°C) температурах литая сталь характеризуется как высокопрочная, твердая, но мало пластичная. Сталь с 0,08% С, 1,5% Mn, 0,38% Si, 13,30% Cr отличается высокой твердостью и прочностью при одновременно большей пластичности и ударной вязкости как в литом состоянии, так и после горячей деформации. Si в количестве более 1,5% снижает ударную вязкость стали при комнатной температуре и ее прочность. Увеличение количества феррита от 3÷5% до 50% в структуре литой стали X13 при изменении ее химсостава снижает прочность при комнатной температуре и при 900°C [3].

Горячая деформация ковкой (со степенью деформации около 500%) позволяет в 3÷5 раз повысить пластичность и 1,2÷1,6 раза – прочность литой стали X13 без применения предварительной термообработки [4].

Установлено, что литая сталь всех предложенных составов является стойкой во влажной и искусственной промышленной атмосферах и в соляном тумане, а сталь с повышенным содержанием С и низкими концентрациями Si и Mn – совершенно стойкой во всех трех атмосферах, что позволяет заменить ею в аналогичных условиях хромоникелевые стали

типа 18-10,18-9. Значительного влияния легирующих элементов в рассматриваемом их количестве на это свойство не обнаружено. Однако показано явное влияние химического состава на склонность стали к межкристаллитной коррозии (МКК): С и Si повышают, а Mn снижает склонность к межкристаллитной коррозии [5].

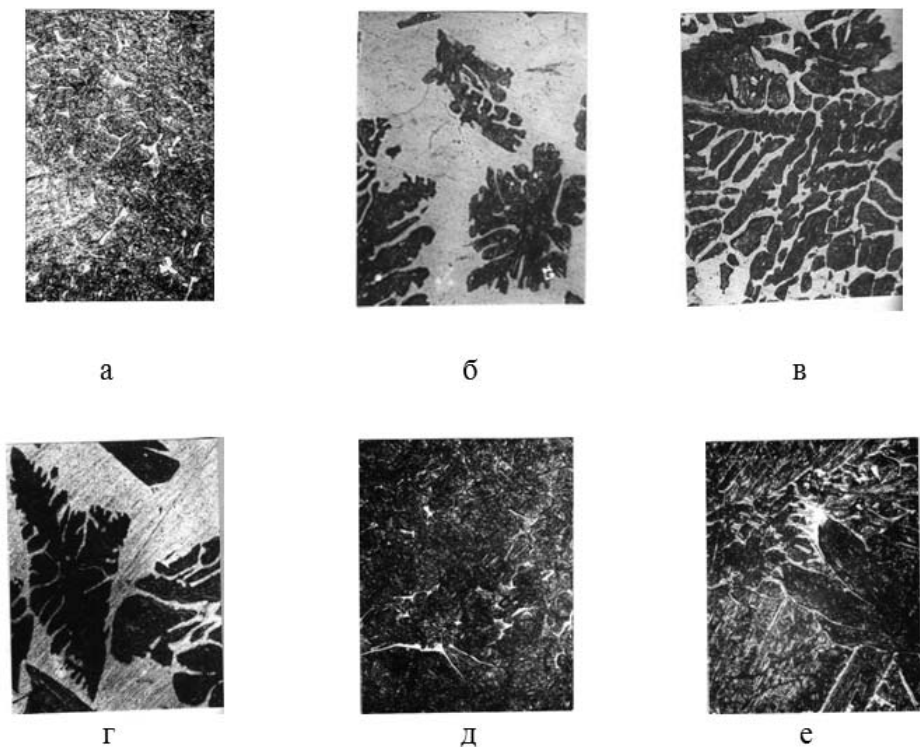


Рис. 1. Микроструктура литой безникелевой стали типа X13 различного химсостава ( $\times 100$ ):

а – 0,17% С, 1,46% Мн, 1,63% Si, 12,70%Cr; б, в – 0,17% С, 0,33% Мн, 1,58% Si, 12,60%Cr; г – 0,08% С, 0,29% Мн, 1,50% Si, 12,50%Cr; д – 0,08% С, 1,50% Мн, 0,38% Si, 13,30%Cr; е – 0,07% С, 0,24% Мн, 0,37% Si, 12,05%Cr

Повышение жаростойкости стали наблюдается при наиболее высоких концентрациях в ней С, Si и Mn. Сталь с содержанием 0,17% С, 1,46% Мн и 1,63% Si, обладающую максимальной жаростойкостью при 1200°C, предложено использовать взамен хромоникелевых сталей типа 18-10,18-9 при температурах до 800°C, а также при температурах до 1200°C, но кратковременных сроках службы.

## Выводы

Оптимизация химического состава стали типа X13 по углероду, кремнию и марганцу обеспечивает повышение и стабильность ее механических и антикоррозионных свойств (общую коррозионную стойкость, стойкость против межкристаллитной коррозии и жаростойкость). Сталь X13 исследуемых составов по коррозионной стойкости близка к аустенитным сталям, а в отдельных случаях даже превосходит ее, поэтому может успешно применяться взамен аустенитных хромоникелевых сталей типа 18-10, 18-9 при температурах до 800°C, а также при температурах до 1200°C, но кратковременных сроках службы.

Горячая деформация ковкой при температуре 1160°C, со степенью деформации около 500%, позволяет, в зависимости от химсостава, в 3÷5 раз повысить пластичность и в 1,2÷1,6 раза – прочность стали X13 без применения предварительной термообработки.

## Литература

1. Туфанов Д.Г.: Коррозионная стойкость нержавеющих сталей, сплавов и чистых металлов. Справочник. Металлургия, 1982.
2. Куцова В.З., Ковзель М.А., Носко О.А.: Леговані сталі та сплави з особливими властивостями: Підручник. Дніпропетровськ, НМетАУ, 2008.
3. Жак К.М., Пройдак С.В., Кирвалидзе В.Н., Шаповалов В.И.: Влияние химического состава на структуру литой стали типа X13. Известия вузов, Черная металлургия, 1984, № 10, с.88÷91.
4. Пройдак С.В.: Исследование влияния горячей пластической деформации на структуру и механические свойства литой нержавеющей стали типа X13. XIII International Scientific Conference: New technologies and achievements in metallurgy and materials engineering, Czestochowa 2012, chap. 1, series: Monografie nr 24, p.460÷463.
5. Пройдак С.В.: Особенности влияния химического состава и структуры на антикоррозионные свойства безникелевой нержавеющей стали. XIV International Scientific Conference: New technologies and achievements in metallurgy, material engineering and production engineering, Czestochowa 2013, Vol. 2, series: Monografie nr 31, p.135÷137.