

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НА СВОЙСТВА ВЫСОКОХРОМИСТЫХ СПЛАВОВ

Скобло Т.С., д.т.н., проф., Попова Е.Г.

(Харьковский государственный технический университет сельского хозяйства)

Исследовано влияние химического состава на свойства высокохромистого сплава. Получены экспериментальные зависимости и математические модели, характеризующие взаимосвязь между соотношением структурных составляющих в структуре и уровнем свойств сплава.

Наиболее эффективной технологией изготовления двухслойных прокатных валков является метод центробежного литья. Для формирования рабочего слоя таких валков применяют высокохромистые сплавы [1].

Высокохромистые чугуны являются сложными многокомпонентными сплавами. Поэтому необходимо учитывать целый ряд особенностей влияния легирующих элементов на природу образующихся в таких сплавах фаз, а также процессы, протекающие как при кристаллизации, так и при охлаждении отливки в твердом состоянии [2].

Свойства высокохромистых сплавов самым тесным образом связаны с типом формируемых фаз и их соотношением. Уровень твердости и прочности высокохромистых сплавов, в основном, определяется типом, размером, распределением карбидной фазы, а также структурой металлической матрицы. Соотношение фаз матрицы можно регулировать соответствующим легированием и последующей термообработкой. Количество, форма, размер и расположение первичных и эвтектических карбидов предопределены процессом кристаллизации [3,4].

В связи с этим изучали влияние, оказываемое долей карбидов и структурой матрицы на уровень свойств сплава. Металлографические исследования структуры рабочего слоя проводили на образцах в литом

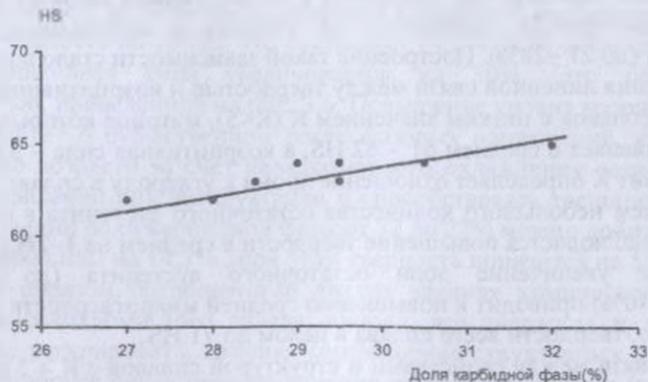


Рис. 1. Влияние доли карбидной фазы на изменение твердости сплава

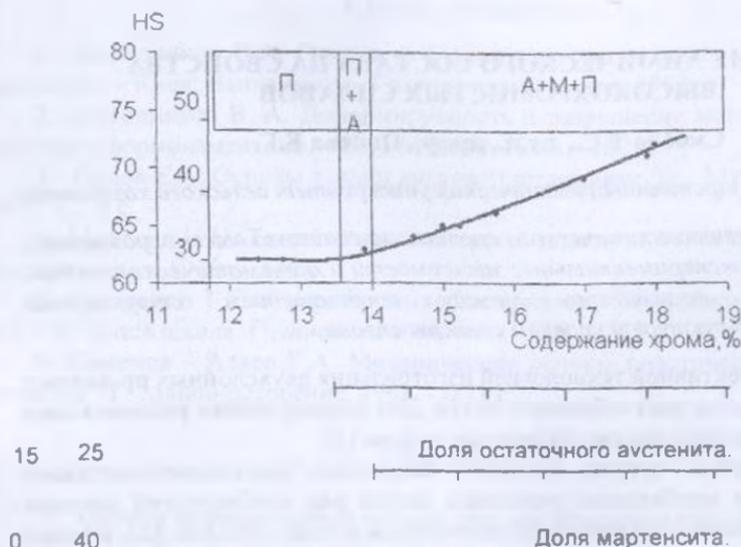


Рис. 2. Зависимость твердости и коэрцитивной силы от соотношения фаз матрицы

состоянии, отобранных от нижних колец бочек валков, содержащих 2,56-3,14% С и 12,2-18,8%Cr, на глубине 25 – 30мм, где влияние толщины слоя теплоизоляционного покрытия формы становится несущественным.

Для того чтобы выявить вклад доли карбидной фазы в изменение уровня твердости, исследовали сплавы с минимальным количеством мартенсита и остаточного аустенита. Их суммарная доля не превышала 10%. Увеличение количества карбидной фазы от 27 до 32% позволяет повысить уровень твердости от 61 – 62HS до 65HS (рис.1).

Исследование зависимости, твердости и коэрцитивной силы от фазового состава матрицы (рис.2), проводили на сплавах с минимальной долей карбидной фазы (до 27 – 28%). Построение такой зависимости стало возможным после установления линейной связи между твердостью и коэрцитивной силой.

Твердость сплавов с низким значением К ($K < 5$), матрица которых состоит из перлита, составляет в среднем 61 – 62 HS, а коэрцитивная сила – 30 ед. При этом коэффициент К определяет отношение хрома к углероду в сплаве.

С появлением небольшого количества остаточного аустенита в структуре сплава (до 7%) наблюдается повышение твердости в среднем на 1–2HS.

Дальнейшее увеличение доли остаточного аустенита (до 25%) и мартенсита (до 40%) приводит к повышению средней микротвердости матрицы и, следовательно, твердости всего сплава в целом до 71 HS.

Изучение связи между свойствами и структурой сплавов с $K > 5$ связано с определенными трудностями, так как с увеличением содержания хрома

изменяется соотношение фаз матрицы, которые требуют использования специального метода выявления.

Для изучения влияния структурных составляющих на уровень твердости и коэрцитивной силы, построена математическая модель в виде линейных уравнений регрессии. В опытах варьировали соотношение фаз: долю остаточного аустенита и мартенсита (\tilde{x}_1) и количество карбидной составляющей (\tilde{x}_2). Значение X_1 учитывает долю остаточного аустенита и мартенсита, так как эти факторы взаимосвязаны. Уровни варьирования указанных факторов приведены в табл.1.

Получены следующие уравнения регрессии:

$$HS=70,5+5,0X_1+2,5X_2$$

Дисперсия воспроизводимости модели $S_{(y)}=1,42$. Модель проверена на адекватность. Доверительный интервал $\Delta b_j=\pm 1,97$. Все коэффициенты регрессии значимы.

$$H_c=42,0+6,5X_1+3,0X_2$$

$S_{(y)}=1,28$. Модель адекватна. Доверительный интервал $\Delta b_j=\pm 1,58$. Все коэффициенты регрессии значимы.

Таблица 1. План эксперимента 2²

Условия планирования	\tilde{x}_1		\tilde{x}_2 (доля карбидной фазы, %)
	доля остаточного аустенита, %	доля мартенсита, %	
Основной уровень	15	20	30,5
Интервал варьирования	10	20	3,5
Верхний уровень	25	40	34
Нижний уровень	5	0	27

Полученные уравнения регрессии характеризуют направление и силу влияния доли структурных составляющих на уровень твердости и коэрцитивной силы. За счет увеличения доли остаточного аустенита от 5 до 25%, а мартенсита до 40% при постоянном количестве карбидной фазы можно повысить твердость на 10 HS, что составляет 14,2% от ее среднего уровня, при этом коэрцитивная сила увеличивается на 30%. Это подтверждается зависимостью, приведенной на рис. 3.6. Повышение уровня коэрцитивной силы свидетельствует о существенном росте фазовых напряжений, которые могут существенно возрасти за счет неравномерного охлаждения валков и больших удельных давлений при эксплуатации и способствовать трещинообразованию. При уменьшении доли карбидной фазы от 32 до 27% можно добиться снижения коэрцитивной силы на 14,3%, при этом твердость понизится на 5HS.

Таким образом, выполненный анализ влияния химического состава на свойства высокохромистого сплава показал, что твердость и коэрцитивную силу можно регулировать, изменяя соотношение структурных составляющих. При этом наиболее существенное влияние на свойства сплава (в исследуемом интервале изменения доли фаз) оказывает количество остаточного аустенита и

мартенсита в структуре сплава.

Построена математическая модель, характеризующая взаимосвязь доли карбидной фазы, остаточного аустенита и мартенсита в структуре сплава с уровнем твердости и коэрцитивной силы. За счет увеличения доли остаточного аустенита от 5 до 25%, а мартенсита до 40% при постоянном количестве карбидной фазы можно повысить твердость на 10 HS, что составляет 14,2% от ее среднего уровня, при этом коэрцитивная сила увеличивается на 30%. Повышение уровня коэрцитивной силы свидетельствует о существенном росте фазовых напряжений, которые при эксплуатации могут существенно возрасти и способствовать трещинообразованию. При уменьшении доли карбидной фазы можно добиться снижения коэрцитивной силы на 14,3% , при этом твердость понизится на 5HS.

Список литературы:

1. Накагава Йосихиро. Использование высокохромистых валков нового типа в штрипсовых станах горячей прокатки // Тэцу то хаганэ. – 1984. – Т. 70, № 13. – С. 1214.
2. Хаттори Т., Сано Е, Хага К. Влияние, оказываемое углеродом, хромом и молибденом на структуру после кристаллизации валков из литейного чугуна с высоким содержанием хрома // Тэцу то хаганэ. – 1986. – Т.72, №13. – С.272.
3. Цыпин И.И. Белые износостойкие чугуны. Структура и свойства. – М.: Металлургия, 1983. – 176с.
4. Скоблю Т.С., Воронцов Н.М., Рудюк С.И., Будагьянц Н.А., Воронина В.А. Прокатные валки из высокоуглеродистых сплавов. – М.: Металлургия, 1994. – 336с.

Анотація

Вплив хімічного складу на властивості високо хімічних сплавів.

Дослідження на вплив хімічного складу на властивості високо хромистого сплаву. Одержання експериментальної залежності і математичної моделі характеризуючи взаємозв'язок співвідношеннями структурних складових в структурі і рівнем властивостей сплавів.

Abstract

Article influencing of chemical composition on a phase structure and properties of high-chromium alloys

In the article influencing of chemical composition on a phase structure and properties of high-chromium alloys is considered.