

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВЫСОКОХРОМИСТЫХ СПЛАВОВ РАБОЧЕГО СЛОЯ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ НА ТВЕРДОСТЬ И КОЭРЦИТИВНУЮ СИЛУ

Г.С. Скобло, д.т.н., А.Д. Мартыненко, к.т.н., В.М. Власовец, к.т.н.,
К.В. Качалов, аспирант

(Харьковский государственный технический университет сельского хозяйства)

Встановлені залежності твердості робочого шару прокатних валків з високохромистих сплавів та рівня коерцитивної сили від ступеня евтектичності та співвідношення С/Сr. Досліджено вплив числа циклів термічної обробки валків на рівень остаточних напружень

Вступлення. Центробежнолитые валки по сравнению с отлитыми в обычную стационарную форму имеют высокую износостойкость, термостойкость и высокую стойкость против поломок. Это обусловлено стабильной плотной мелкозернистой структурой рабочего слоя и возможностью варьирования материала сердцевины. Среди материалов рабочего слоя все большее применение находит высокохромистый чугун, обладающий необходимым уровнем служебных свойств – высокой износостойкостью, твердостью, прочностью и коррозионной стойкостью [1].

Анализ публикаций. Анализ информационных материалов [2-5] показал, что в настоящее время ведущие вальцелитейные фирмы Hitachi Kinzoku Ltd (Япония); АТН, Krupp (Германия); Sollac (Франция); Inland Steel (США) изготавливают высокохромистые валки с содержанием хрома 12-20% и углерода 2,4-3,4%. Чаще всего концентрация кремния находится в пределах 0,4-0,6%, а марганца 0,8-1,2%. В ряде случаев в такой чугун вводят никель в количестве 0,8-3,0%, а также для снижения склонности к трещинообразованию высокохромистых валков при производстве осуществляют комплексное легирование молибденом, марганцем и ванадием.

Большая часть публикаций посвящена вопросам повышения стойкости высокохромистых валков путем оптимизации легирования. Однако практически отсутствуют сведения об экспресс методах неразрушающего контроля качества валков из высокохромистых сплавов при производстве и эксплуатации, а также браковочные нормы, основанные на их применении.

Цель и задачи исследований. В связи с вышесказанным целью работ является разработка методики экспресс оценки качества валков с рабочим слоем из высокохромистого чугуна на основе неразрушающего контроля качества, определение браковочных норм.

Сформулированы следующие задачи исследований:

- установить возможность применения в качестве экспресс метода оценки качества высокохромистых сплавов определение его измерением коэрцитивной силы;
- установить связь между химическим составом, количеством циклов термической обработки и уровнем коэрцитивной силы;
- разработать браковочные нормы контроля качества валков с рабочим слоем из высокохромистого чугуна.

Методика исследований. Исследования проводили на образцах, отобранных от верхних и нижних колец бочек центробежнолитых валков с рабочим слоем из высокохромистого чугуна. Химический состав высокохромистого сплава рабочего слоя изменялся в довольно узких пределах (табл.1).

Таблица 1.

Химический состав рабочего слоя валков

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni*	Mo	V	Ti	Mg
2,60-	0,74-	0,66-	0,054-	0,018-	15,7-	0,99-	0,84-	0,05-	0,01-	0,03-
2,92	1,18	1,13	0,13	0,04	16,8	1,29	1,32	0,53	0,014	0,04

Примечание. * - В валке № 949 содержание никеля составило 3,98%. Валки отливались на ЛГНПВК.

При металлографическом исследовании структуры высокохромистых сплавов использовали методику количественной оценки фазового состава, разработанной в ХГТУСХ [5].

В качестве травящего вещества применяли раствор пикриновой кислоты в этиловом спирте. Образцы погружали в травящий реактив, причем соотношения объемов реактива и образца при его погружении выбирали в пределах 1,5-2,5. поверхность образцов перед травлением активировали кратковременной полировкой и промыванием спиртом. Продолжительность травления установленная опытным путем составила 1,5-2 секунды. Выявление структуры контролировали с помощью микроскопа МИМ-7 и приставки с цифровой фотокамерой НР 720. Обработку снимков выполняли с использованием программных средств цифровой обработки данных растровых изображений.

Определение остаточных напряжений и их распределение при производстве и в процессе эксплуатации проводили с помощью коэрцитиметра КРМ-Ц (глубина намагничивания 15-25мм), а также его модификации с уменьшенным размером приставного электромагнита и увеличенной чувствительностью (глубина намагничивания 10-15 мм).

Исследования влияния циклов термической обработки на уровень остаточных напряжений проводили температур до 500°C.

Коэрцитивную силу и твердость (HS и HRC) измеряли как на образцах, так и на поверхности бочек валков на ЛГНПВК по длине и периметру бочки.

Решение задач. Незначительные изменения концентрации основных, легирующих и модифицирующих компонентов исследованных сплавов не позволили установить какие-либо достоверные корреляционные взаимосвязи между структурой, фазовым, химическим составами сплавов и твердостью. Поэтому переменные факторы (структура, фазовый и химический состав) выразили через степень эвтектичности сплава, оцененную как:

$$S_3 = C / (4,25 - 0,3(Si + P) - 0,04Ni - 0,07Cr)$$

Одновременно степень эвтектичности оценивали и по соотношению $S_3 = C + 1/4Si$. При сопоставлении оценок, выполненных двумя методами, различия оказались незначительными, однако первая оценка обладает несколько большей чувствительностью и поэтому была принята как основная.

Степень эвтектичности исследованных сплавов изменялась в пределах 0,83-0,99.

Установлено, что наиболее тесная корреляционная взаимосвязь степени эвтектичности с твердостью измеренной по Роквеллу соответствует значениям до 0,97. В этом случае колебания изменения уровня твердости минимальны (рис. 1, линия 2).



Рис. 1. Зависимость HRC от степени эвтектичности

Зависимость степень эвтектичности – уровень твердости по Роквеллу, определенная по результатам линейного регрессионного анализа представлена прямой линией 1.

Уравнение линии наименьших квадратов имеет вид: $y_{HRC} = 56,73 + 1,74S_{\Sigma}$

В этом случае оценку твердости производили на шлифах и использовали усредненные значения трех измерений.

Аналогично исследована зависимость степень эвтектичности сплава – твердость по Шору (глубина 20 мм) до и после термической обработки валков (рис. 2 и 3).

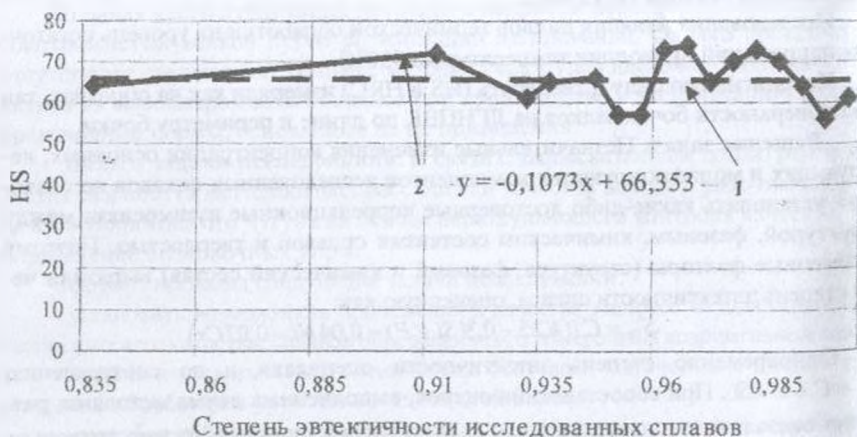
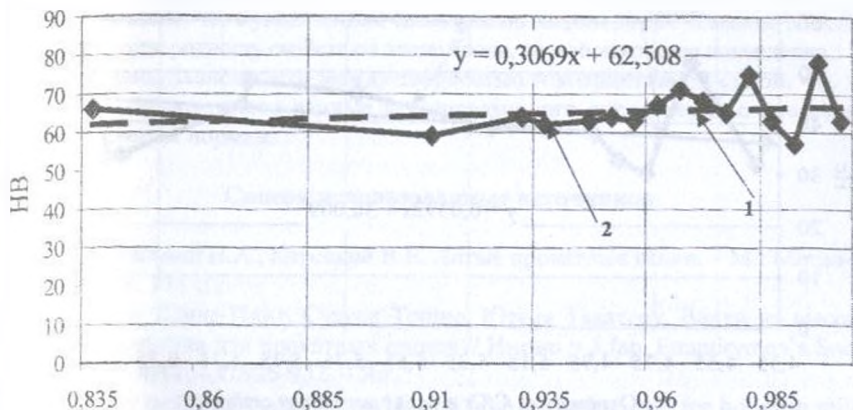


Рис. 2. Зависимость твердости от степени эвтектичности до ТО



Степень эвтектичности исследованных сплавов

Рис.3. Зависимость твердости от степени эвтектичности после ТО

Сопоставляя полученные графические зависимости и уравнения линий наименьших квадратов

$$y_{HV} = 66,35 - 0,11S_y \text{ (для не термообработанных валков)}$$

$$y_{HS} = 62,5 + 0,31S_y \text{ (для термообработанных валков)}$$

наблюдается некоторая тенденция снижения твердости HS с увеличением степени эвтектичности для не термообработанных валков и увеличения для прошедших термическую обработку. Во втором случае колебания значений твердости практически отсутствуют до $0,96S_y$, её уровень в среднем снижается на $\sim 4HS$. С повышением степени эвтектичности сплава твердость изменяется в более широких пределах от 55 до 78 HS, что примерно соответствует изменениям, характерным для не термообработанных валков.

С увеличением числа циклов термообработки (до 3-4 при $t=500^\circ C$) твердость валков выравнивается по всей длине и периметру бочки независимо от химического состава сплава. При этом уровень твердости, как правило, повышается.

Построена зависимость отношение C/Cr – значение твердости, HS. Поскольку изменения C и Cr незначительны, то и корреляционная зависимость довольно слабая (коэффициент парной корреляции $r = 0,36$). Просматривается лишь тенденция увеличения твердости (от 58-75 до 62-80HS). Аналогичная тенденция ($r=0,41$) характерна и для связи отношение C/Cr – коэрцитивная сила. При изменении соотношения C/Cr от 4,4 до 6,0 коэрцитивная сила изменяется от 30 до 51 А/см. С увеличением соотношения C/Cr до 6,4-6,6 коэрцитивная сила изменяется от 33 до 57 А/см.

Полученная информация подтверждает, что в довольно узком концентрационном интервале химических компонентов (4,95-6,05C/Cr) изменение коэрцитивной силы незначительно (рис.4).

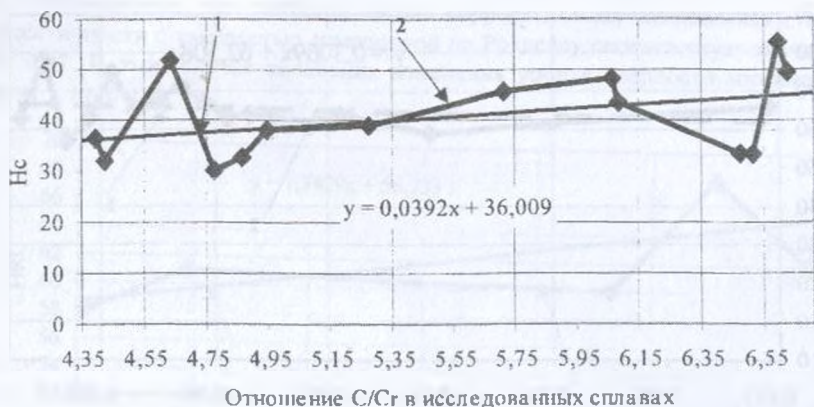


Рис. 4. Зависимость H_c от отношения C/Cr

Исследования связи твердость (H_S) – коэрцитивная сила для валков различного диаметра ($\varnothing 705, 815, 900, 910$ мм) до термической обработки позволили получить зависимость, приведенную на рис.5.

При этом

$$y_{HS} = 0,0676H_c + 62,808$$

Коэффициент корреляции такой зависимости довольно высокий ($r = 0,78$).

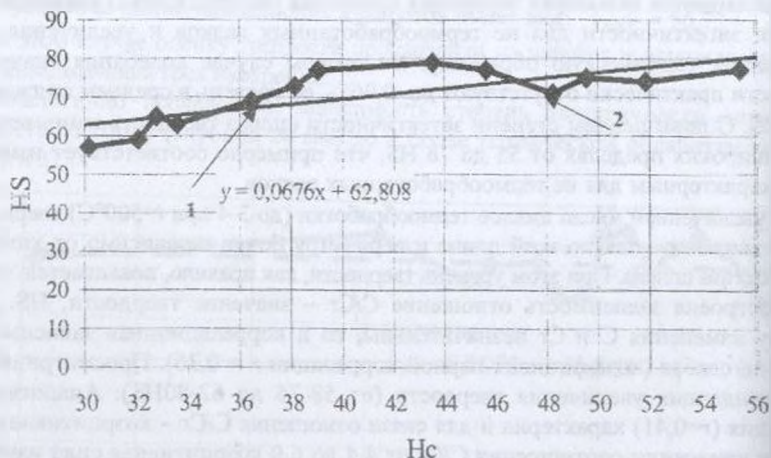


Рис.5. Зависимость H_c от H_S

Выводы. Полученная линейная зависимость может быть использована как при оперативной оценке твердости (даже до механической обработки), так и для однородности по периметру и длине бочки. Такая информация необходима для назначения режима и параметров термообработки, а также числа циклов нагрева.

Установлено, что с увеличением числа циклов нагрева до 500°C можно не только обеспечить однородность свойств по длине бочки, но и её некоторое повышение.

Получены зависимости между твердостью и коэрцитивной силой, что позволяет использовать эти данные для оперативного определения соответствия их браковочным нормам.

Список использованных источников

1. Будагьянц Н.А., Карский В.Е. Литые прокатные валки. – М.: Металлургия, 1983, 175 с.
2. Лонг Шинг Пинг, Сузуки Тошио, Югеда Такатеру. Валки из высокохромистого чугуна для прокатных станов // Имоно = J.Jap. Foundrymen's Soc. – 1990 – Т.62, №11. – С.925-932. – Яп.
3. New technical comment on Hitachi high chromium roll for hot strip mill // проспект фирмы "Хитачи киндзоку" Нисимен, Япония. Hitachi Kinzoku Ltd.
4. Скобло Т.С., Попова Е.Г. Методика оценки структуры рабочего слоя прокатных валков из высокохромистого чугуна // Вісник інженерної академії України. – Київ. – 2001. - №3. – С.67-71.
5. Скобло Т.С., Воронцов Н.М., Рудюк С.И., Будагьянц Н.А., Воронина В.А. Прокатные валки из высокоуглеродистых сплавов. – М.: Металлургия, 1994 – 336 с.

Аннотация

Влияние химического состава высокохромистых сплавов рабочего слоя прокатных валков на твердость и коэрцитивную силу.

Установлены зависимости твердости рабочего слоя валков из высокохромистого чугуна и уровня коэрцитивной силы от степени эвтектичности и соотношения C/Cr. Исследовано влияние числа циклов термической обработки валков на уровень остаточных напряжений.

Abstract

Affecting of chemical composition of high chromic alloys of working layer of rental rollers hardness and coercive force.

Dependences of hardness of working a layer of rollers from the high chromic cast-iron and level of coercive are set forces from degree of eutectic and the C/Cr correlation. Affecting of number of cycles of heat treatment of rollers a level of remaining tensions is explored.