

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И СКОРОСТИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ НА УРОВЕНЬ СВОЙСТВ ЦЕНТРОБЕЖНОЛИТЫХ ВАЛКОВ

Жижкина Н.А., Скобло Т.С., Будагьянц Н.А.

Работа посвящена валкам с рабочим слоем из хромоникелевого чугуна. Установлено, что наибольшее влияние на уровень свойств рабочего слоя оказывает химический состав и скорость кристаллизации валков. Получены математические модели, описывающие влияние этих факторов на уровень твердости и напряжений отливок.

Эффективность работы прокатного стана в значительной степени зависит от эксплуатационной стойкости основного формующего инструмента – валков. Многолетний опыт производства валков показал, что правильный выбор типа и материала прокатного инструмента согласно условиям эксплуатации обеспечивает повышение эффективности работы стана в целом и снижение себестоимости выпускаемой металлопродукции. При этом установлено, что на каждом этапе производства необходимы валки разных типов [1, 2]. Так, в черновой группе клетей наилучшие эксплуатационные показатели имеют литые валки из стали или высокопрочного чугуна твердостью до 63 HS. В предчистовых клетях наиболее эффективны центробежнолитые валки с износостойким рабочим слоем из легированного чугуна или специального материала твердостью 63-73 HS, а в чистовых – центробежнолитые с рабочим слоем из высоколегированного чугуна высокой твердости (свыше 76 HS).

Возросшие объемы производства тонколистового металлопроката и требования к его качеству обусловили увеличение эксплуатационных нагрузок на валки, особенно в последних (чистовых) клетях. Результаты исследований [2] показали, что износостойкость рабочего слоя таких валков зависит от их химического состава и структуры чугуна, степени ее гетерогенности, а формируемый уровень твердости определяет качество металлопродукции. Применение в качестве рабочего слоя хромоникелевого чугуна с твердостью до 85 HS позволило увеличить эксплуатационную стойкость валков и улучшить качество проката [3].

Обеспечить прочность сердцевины таких валков при традиционном (стационарном) методе литья затруднительно. Для этого необходимо большое количество промывочного металла, что значительно повышает стоимость валка. Применение технологии центробежного литья позволило устранить эти недостатки и получить валки необходимого качества [4]. При этом уровень твердости регулируют с помощью различных теплотехнических параметров литья, изменяя скорость кристаллизации рабочего слоя. Но такое регулирование оказывает влияние на напряженное состояние валка, от которого зависит не только работоспособность, но и целостность прокатного инструмента [5, 6]. Поэтому зна-

чительный интерес для производства валков представляет изучение совместного влияния химического состава чугуна и скорости кристаллизации рабочего слоя на формирование уровня твердости и напряжений. Этому и посвящена настоящая работа.

Работа выполнена в соответствии с комплексной программой научно-исследовательской работы "Повышение качества центробежнолитых валков на основе внедрения неразрушающего контроля и статистического метода оценки структуры", проведенной ЛГНПВК совместно с Харьковским государственным университетом сельского хозяйства.

Известно, что химический состав, определяя положение кривых на диаграмме состояния относительно эвтектического состава, оказывает влияние на скорость кристаллизации материала [7]. На скорость кристаллизации интенсивно влияние оказывает также тепловое сопротивление формы, определяемое величиной нанесенного на ее внутреннюю поверхность покрытия. Экспериментально установлено, что при одном и том же химическом составе рабочего слоя изменение величины слоя покрытия от 7 до 2 мм способствует повышению твердости от 58 HS до 78 HS за счет измельчения структуры, увеличения доли карбидов и уменьшения количества графита [5, 6]. С другой стороны, различное соотношение графита и карбидов в структуре, а, следовательно, уровень свойств, регулируют содержанием графито- и карбидообразующих компонентов в чугуне. Результаты металлографических исследований рабочего слоя валков из высоколегированного чугуна убедительно показывают, что химический состав и скорость кристаллизации существенное влияние оказывает и на состав металлической матрицы, количественное соотношение ее фаз. Поэтому, даже внутри группы валков одного типоразмера уровни свойств отличаются [1].

В связи с этим оценивали совместное влияние теплоизоляционного покрытия, его величины и химического состава чугуна на уровень твердости и напряжений рабочего слоя валков. Исследования проводили на группе валков одного типоразмера ($D_{\text{отл}}=695$ мм, $l_{\text{отл}}=2070$ мм). Постоянными величинами являлись температура заливки металла рабочего слоя, его масса и время выдержки между ним и сердцевинной. Регулирование уровня свойств осуществляли величиной теплоизоляционного покрытия ($\delta_{\text{покр}}=3,3-3,6$ мм) и содержанием химических компонентов. Их совместное влияние выразили через степень эвтектичности, поскольку незначительные изменения концентраций большого количества элементов в исследуемом чугуне не позволяют использовать многофакторный эксперимент для получения корреляционных зависимостей уровня свойств от каждого компонента в отдельности.

Степень эвтектичности для исследуемых сплавов рассчитывали согласно (1.1)

$$s_s = \frac{C}{C_c + \sum k_i C_i} [7], \quad (1.1)$$

где C – содержание углерода в сплаве; C_c – содержание углерода в эвтектике ($C_c=4,26\%$); C_i – содержание других элементов в сплаве; k_i – коэффициенты интенсивности их влияния на концентрацию углерода (смещение критических точек диаграммы $Fe-C$).

С учетом табличных значений k_i [7] получили

$$S_s = \frac{C}{4,26 - 0,3Si + 0,03Mn - 0,33P - 0,4S - 0,07Cr - 0,05Ni - 0,07(Mo + Nb + W)} \quad (1.2)$$

Степень эвтектичности S_s для исследуемых сплавов изменялась в пределах 0,77–0,86.

На основе результатов экспериментов, после вычисления коэффициентов моделей и проверки их на значимость, были получены следующие уравнения регрессии:

- влияния скорости кристаллизации (величины слоя теплоизоляционного покрытия) и химического состава (степени эвтектичности) на уровень твердости:

$$HS = 73,83 - 2,5\delta_{покр} \quad (1.3)$$

- влияния скорости кристаллизации (величины слоя теплоизоляционного покрытия) и химического состава (степени эвтектичности) на уровень коэрцитивной силы:

$$H_c = 19,46 - 2,71\delta_{покр} \quad (1.4)$$

Из полученного уравнения (1.3) следует, что на поверхности рабочего слоя исследуемых валков влияние химического состава на уровень твердости не значимо ($b_2 = 0,17$), поскольку подавляется скоростью кристаллизации, зависящей от теплоотводящей способности формы. Величина слоя теплоизоляционного покрытия действует отрицательно: с увеличением слоя уровень твердости снижается. При достижении этого фактора верхнего уровня (+1) или $\delta_{покр} = 3,45$ мм это снижение составит 2,5 HS. Уровень твердости повышается на 2,5 HS, если величина слоя теплоизоляционного покрытия составляет 3,35 мм (фактор находится на нижнем уровне (-1)). Парное взаимодействие величины слоя теплоизоляционного покрытия и степени эвтектичности не значимо ($b_{1,2} = -0,83$). То есть, в выбранном интервале варьирования эффект теплоизоляционного покрытия не зависит от химического состава. Среднее значение твердости для валков в исследуемом интервале факторов составило 73,83 HS.

Аналогичное воздействие величина слоя теплоизоляционного покрытия оказывает и на уровень коэрцитивной силы (1.4): при максимальном слое $\delta_{покр} = 3,45$ мм (+1) уровень напряжений снижается на 2,71 А/см, при минимальном – 3,35 мм (-1) – повышется на эту же величину. Влияние химического состава и парного взаимодействия исследуемых факторов также не значимы ($b_2 = -0,04$; $b_{1,2} = 0,79$). Среднее значение коэрцитивной силы составило 19,46 А/см.

Проверку моделей провели с помощью критерия Фишера, из которой следует, что все полученные уравнения адекватны и прогнозируют результаты эксперимента в выбранной области факторов с требуемой точностью.

Вывод. Результаты экспериментальных исследований показали, что на поверхности рабочего слоя исследуемых валков на уровень твердости и напряжений существенное влияние оказывает скорость кристаллизации, определяемая величиной слоя теплоизоляционного покрытия. При этом эффект теплоизоляционного покрытия в выбранном интервале варьирования факторов не зависит от химического состава. То есть действие последнего на уровень свойств

незначительное по сравнению с влиянием скорости кристаллизации. При этом интерес представляют исследования совместного влияния этих факторов на структуру и уровень свойств по глубине рабочего слоя. Возможны ли изменения в их действии при введении дополнительно специальных модификаторов или лигатур. Этим вопросам будут посвящены дальнейшие работы.

Литература

1. Будагьянц Н.А., Жижкина Н.А. Особенности формирования структуры и свойств рабочего слоя прокатных валков // Литейное производство. – 2004. - № 9. - с. 9-11.
2. Будагьянц Н.А., Жижкина Н.А., Кондратенко В.И., Дяченко Ю.В., Балаклея И.А. Производство и эксплуатация листопркатных валков с рабочим слоем из высоколегированных материалов // Доклад на VI конгрессе прокатчиков. – г. Липецк, 2005 г.
3. Будагьянц Н.А., Карсский В.Е. Лите прокатные валки. – М.: Металлургия, 1983. – 173 с.
4. Будагьянц Н.А., Жижкина Н.А., Кондратенко В.И. Производство листопркатных валков центробежным методом // Тезисы докладов международного научно-технического конгресса «Литейное производство: высококачественные отливки на основе эффективных технологий». – К.: ФТИМС, 2004 - С.81-84.
5. Будагьянц Н.А., Жижкина Н.А. Влияние технологических параметров на качество литых заготовок двухслойных высокохромистых валков // Тяжелое машиностроение. – 2001. - № 2. – С.28-31.
6. Жижкина Н.А., Будагьянц Н.А. Влияние химического состава и скорости кристаллизации на структуру и свойства рабочего слоя двухслойных валков // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні: Зб. наук. пр. – Луганськ: СНУ, 2001. – С. 222 - 227.
7. Воздвиженский В.М., Грачев В.А., Спаский В.В. Литейные сплавы и технология их плавки в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1984. – 431 с.

Анотація

ОЦІНКА ВПЛИВУ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ТА ШВИДКОСТІ КРИСТАЛІЗАЦІЇ НА РІВЕНЬ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВІДЦЕНТРОВОЛИТИХ ВАЛКІВ

Робота присвячена валкам з робочим шаром із хромонікелевого чавуну. Встановлено, що найбільший вплив на рівень властивостей робочого шару мають хімічний склад і швидкість кристалізації валків. Отримано математичні моделі, що описують вплив цих факторів на рівень твердості та напруг шилівків.

Abstract

ESTIMATION OF INFLUENCE OF CHEMICAL COMPOSITION AND RATE OF CRYSTALLIZATION AT LEVEL OF PROPERTIES OF CENTRIFUGAL CASTING ROLLS

The paper has been devoted to rolls of working layer of chromium-nickel cast iron. It has been established that chemical composition and rate of roll's crystallization have greatest influence at level of working layers properties. Mathematical Models have been got that describe influence of this factors at level of hardness and stresses of casting.