

Жижкина Н.А., к.т.н., с.н.с.

Восточнoукраинский национальный университет имени Владимира Даля, г. Луганск, Украина, e-mail: litjo_snu@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РАБОЧЕГО СЛОЯ ЛИСТОПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ

Zhizhkina N.A.

PhD, senior research fellow, Volodymyr Dahl East-Ukrainian National University, Lugansk, Ukraine, e-mail: litjo_snu@mail.ru

THE RESEARCH OF MATERIALS FOR WORKING LAYER OF SHEET ROLLING ROLLS

В работе представлены результаты исследований материалов рабочего слоя прокатных валков. Показано, что для его образования применяют хромоникелевый чугун. Установлено, что дополнительное легирование такого чугуна марганцем, медью и молибденом способствует повышению эксплуатационных характеристик формующего инструмента. В результате легирования валкового расплава молибденом и ниобием структура рабочего слоя измельчается и повышается уровень его твердости. Такие отливки характеризуются более высоким уровнем напряжений. Введение ванадия в валковый чугун способствует образованию более равномерной и дисперсной структуры таких изделий и обеспечивает стабильность их эксплуатационных свойств.

Ключевые слова: валок, легирование, напряжение, рабочий слой, свойства, структура.

Введение

Ужесточение требований к качеству поверхности, шероховатости листового профиля и ресурсу работоспособности формующего инструмента обуславливает повышение эксплуатационных характеристик рабочего слоя валков путем разработки новых видов его материала.

В связи с этим приготовление валкового материала (его плавление и выпечная обработка), когда возможно одновременно воздействовать на размер первичных зерен, морфологию металлической основы, упрочняющих фаз и неметаллических включений, является одним из эффективнейших технологических факторов формирования необходимого уровня механических и специальных свойств прокатного инструмента [1-4]. Такое воздействие включает легирование и зависит от качества и состава базового расплава.

В результате изменения соотношения количества графитизирующих и карбидообразующих элементов в металле рабочего слоя валков (углерод, кремний, марганец, никель, хром, молибден и другие) и регулирования скоро-

сти охлаждения их отливок получают одновременное увеличение сопротивления износу, коррозии и высоким обжатиям путем повышения твердости и прочности формирующего инструмента [5].

Цель

Целью работы явилась исследование влияние химического состава чугуна на структуру и уровень свойств рабочего слоя валка.

Для достижения поставленной в работе цели были решены следующие задачи:

- проанализированы существующие составы чугунов для литья валков;
- оценено влияние легирующих компонентов (ниобий, ванадий) на структуру и уровень свойств материала рабочего слоя формирующего инструмента.

Методика исследований

Для определения качества и свойств исследуемых валков применили комплекс методов: структурных, физических, определение механических свойств и напряжений.

Микроструктуры исследуемых материалов выявляли путем протравливания шлифов раствором азотной кислоты в этиловом спирте, приготовленным согласно методике [6]. Продолжительность травления выбирали в зависимости от состава сплава, его структуры.

Величину первичного зерна в структуре исследуемых образцов определяли методом измерения среднего условного диаметра зерна по микрофотографии согласно [7].

Для установления доли объема сплава, занимаемой частицами определенной фазы или определенной структурной составляющей, использован метод случайных секущих [8].

Контроль твердости исследуемых материалов проводили на каждой заготовке согласно действующим стандартам с помощью прибора Шора (типа «Д»). Напряженное состояние заготовок оценивали с помощью магнитной диагностики. В качестве экспресс-метода применили измерение коэрцитивной силы с помощью автоматизированного прибора КРМ-Ц согласно разработанной методике [9], что позволило оценить распределение остаточных напряжений вдоль всего изделия, а также установить их взаимосвязь со структурными изменениями, протекающими в отливке.

Результаты исследований

Высокими показателями твердости и стойкости к износу характеризуются валки с рабочим слоем из чугуна типа «нихард» (4,5 % Ni), характеризующегося мелкодисперсной мартенситной структурой. Вместе с тем в структуре такого чугуна наблюдается значительная доля графита, включения которого в процессе эксплуатации могут быть концентраторами механических и термических напряжений, а также вызвать процесс окисления рабочей поверхности. В связи с этим в чугун вводят хром, связывающий

углерод в карбиды. Установлено, что хром, характеризуясь большой диффундирующей способностью, при смешивании переходит из металла рабочего слоя в сердцевину, тем самым способствуя снижению ее прочностных характеристик. Поэтому содержание такого компонента в составе хромоникелевого чугуна ограничивают 1,5 %.

Изменению структуры способствуют другие химические компоненты: марганец, медь, молибден. Последний способствует одновременному повышению прочности, износо- и термостойкости рабочего слоя прокатных валков. Увеличению уровня твердости, а, следовательно, износостойкости способствуют ванадий и ниобий за счет формирования карбонитридов в структуре.

Вместе с тем образец, обработанный ниобием, характеризовался неравномерностью структуры вдоль образца. Наблюдались участки, где преобладали металлическая матрица или игольчато-розеточные колонии карбидно-мартенситной эвтектики. В результате отливки с рабочим слоем, легированным ниобием, характеризовались более высоким уровнем напряжений по сравнению с изделиями, для изготовления которых использован хром-никель-молибденовый чугун (рис. 1).

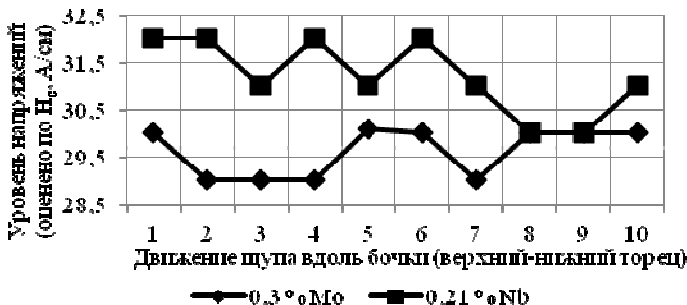


Рис. 1. Распределение внутренних напряжений в рабочем слое валков фиксированного размера и исполнения, рабочий слой которых дополнительно легированный молибденом, ниобием

Более действенным методом в сохранении структуры и уровня свойств рабочего слоя валков в процессе их эксплуатации при повышенных температурах является легирование чугуна ванадием. Исследованиями установлено, что ванадий дробит структуру по всему сечению, а графит под его влиянием завихряется и измельчается (рис. 2), что способствует формированию более высокого и равномерного уровня механических свойств материала по сравнению с рассматриваемыми выше расплавами.

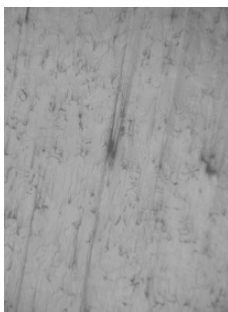


Рис. 2. Распределение графитовых и неметаллических включений в образце рабочего слоя вала, легированного ванадием (2 %)

На основе всего вышеизложенного для получения качественного рабочего слоя представлялись важными исследования совместного влияния молибдена и ванадия на уровень твердости HSD и напряжений белого чугуна. Последние оценили методом измерения коэрцитивной силы Hc. Исследования проводили на группе валков одного типоразмера. Фиксированными величинами являлись теплотехнические условия заливки, в том числе и параметры подготовки формы (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Влияние легирующих компонентов на уровень свойств рабочего слоя исследуемых валков

№ плавки	Степень эвтектичности расплава Сэвт.	Содержание легирующих компонентов в чугуне, %		Уровень свойств		Дисперсия показаний s^2	
		Mo	V	твердости, HSD	коэрцитивной силы, Hc, А/см	твердости	коэрцитивной силы
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,78	0,3	-	74	21,0	4,16	10,83
2	0,76	0,32	-	76	26,1		
1	2	3	4	5	6	7	8
3	0,81	0,36	-	79	29,4	4,16	10,83
4	0,81	0,29	-	76	27,2		
5	0,81	0,29	-	74	28,4		
6	0,81	0,32	-	78	30,1		
7	0,85	0,29	0,1	73	27,9	2,8	1,0
8	0,81	0,31	0,11	75	30,1		
9	0,81	0,31	0,11	77	30,4		
10	0,81	0,28	0,1	76	29,9		
11	0,78	0,3	0,1	77	29,4		

Из табл. 1 следует, что при введении молибдена в количестве до 0,4% уровень твердости и напряжений в среднем составил 76 НСД и 27 А/см. При незначительном увеличении содержания молибдена на 0,07% уровень этих характеристик увеличился на 3 НСД и 2,1 А/см соответственно.

При введении 0,1% ванадия средний по анализируемой группе уровень твердости практически не изменялся, а коэрцитивной силы снизился на 2,5 А/см. Вместе с тем сравнение образцов анализируемых подгрупп, характеризующихся равной степенью эвтектичности, показало, что введение 0,1 % V способствовало повышению твердости в среднем на 2 НСД. При этом установлено, что дисперсия показаний измеренных свойств внутри группы Мо-V меньше, чем в группе с Мо (табл. 1).

Следовательно, в результате исследований получен более высокий и равномерный по сравнению с нелегированными ванадием валками уровень твердости, как по глубине рабочего слоя, так и по длине бочки. При этом уровень напряжений, оцененный по коэрцитивной силе, несколько ниже значений, измеренных на валках, нелегированных ванадием.

Выводы

Анализ работы валков в станах горячей прокатки показал, что высокий уровень твердости и стойкости износа характерен для формующего инструмента с рабочим слоем из хромоникелевого чугуна. Вместе с тем выявлено, что такой чугун характеризуется значительной долей графита в структуре, что снижает эксплуатационные показатели рабочего слоя.

Экспериментальные исследования влияния различных химических компонентов на структуру и уровень свойств валкового чугуна показали, что в качестве добавок, улучшающих эксплуатационные характеристики формующего инструмента, целесообразно применять марганец, медь. При этом установлено, что дополнительное легирование хромоникелевого хромоникелевого чугуна молибденом способствовало повышению прочности, износо- и термостойкости рабочего слоя за счет уменьшения зерна структуры и увеличения количества карбидов в ней.

При легировании валкового расплава молибденом совместно с ниобием получено повышение уровня твердости рабочего слоя за счет измельчения структурных составляющих и формирования шаровидной формы графита. Вместе с тем такие отливки характеризовались неравномерной микроструктурой и, как следствие, более высоким уровнем напряжений по сравнению с изделиями, дополнительно легированными только молибденом.

Установлено, что введение в валковый чугун ванадия способствовало образованию в структуре твердых и прочных карбидов ванадия, что повысило уровень твердости при незначительном снижении напряжений. Более равномерная и дисперсная структура таких изделий обеспечила стабильность свойств от отливки к отливке, что важно при изготовлении массивных валков, работающих в условиях больших перегревов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жижкина Н.А. Центробежное литье как метод очистки металла валков / Н.А. Жижкина // Збірник наукових праць «Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні». – Луганськ: СХУ ім. В. Даля, 2009. – с. 262–267.
2. Андреев В.В. Роль повышения активных элементов в повышении эффективности графитизирующих модификаторов / В.В. Андреев, Л.С. Капустина // Литейное производство. – 2006. – № 4. – С. 18–20.
3. Повышение свойств жароизносостойкого чугуна рафинированием и модифицированием / [В.М. Колокольцев, О.А. Миронов, Е.В. Петроченко и др.] // Литейное производство. – 2007. – № 3. – С. 5–8.
4. Жижкина Н.А. Особенности заполнения массивных форм расплавом в поле действия центробежных сил / Н.А. Жижкина // Збірник наукових праць «Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні». – Луганськ: СХУ ім. В. Даля, 2012. – с. 272–278.
5. Bevan J.E. Effects of Molybdenum on Transformation Characteristics and Properties of High-Strength Irons / J.E. Bevan, W.G. Scholz // Mod. Casting. – 1977. – Т. 67, № 11. – P. 102–103.
6. Коваленко В.С. Металлографические реактивы: справочник / В.С. Коваленко. – М.: Металлургия, 1981. – 120 с.
7. Богомолова Н.А. Практическая металлография / Н.А. Богомолова. – М.: Высшая школа, 1978. – 272 с.
8. Салтыков С. А. Стереометрическая металлография / С. А. Салтыков. – М.: Металлургия, 1970. – 376 с.
9. Жижкина Н. А. Производство центробежнолитых валков с высоколегированным рабочим слоем: монография / Н. А. Жижкина. – Луганск: «Ноулидж», 2011. – 167 с.

REFERENCES

1. Zhizhkina, N.A., 2009. Centrobezhnoe lit'e kak metod ochistki metalla valkov, Resource Saving Technologies for Production and Pressure Shaping of Materials in Machine-Building, Book of scientific papers, Lugansk, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Issue 1(10), pp. 262-267.
2. Andreev, V.V., Kapustina, L.S., 2006. Rol' povysheniya aktivnykh elementov v povyshenii effektivnosti grafitizirujush himmodifikatorov, Litejnoe proizvodstvo, No 4, pp. 18-20.
3. Kolokol'cev, V.M., Mironov, O.A., Petrochenko, E.V., et al, 2007. Povyshenie svojstv zharoiznosostojkogo chuguna rafinirovaniem i modifizirovaniem, Litejnoe proizvodstvo, No 3, pp. 5-8.
4. Zhizhkina, N.A., 2012. The peculiarities of massive forms' filling with melts at field of centrifugal forces' action, Resource-Saving Technologies for Production and Pressure Shaping of Materials in Machine-Building, Book of scientific papers, Lugansk, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Issue 1(13), pp. 272-278.
5. Bevan, J.E., Scholz, W.G., 1977. Effects of Molybdenum on Transformation Characteristics and Properties of High-Strength Irons, Mod. Casting, Vol. 67, No 11, pp. 102-103.

6. Kovalenko, V.S., 1981. Metallograficheskie reaktivy: handbook, Moscow, Metallurgija, 120 p.
7. Bogomolova, N.A., 1978. Prakticheskaja metallografija, Moscow, Vysshaja shkola, 272 p.
8. Saltykov, S.A., 1970. Stereometricheskaja metallografija, Moscow, Metallurgija, 376 p.
9. Zhizhkina, N.A., 2011. Proizvodstvo centrobezhnolityh valkov s vysokolegirovannym rabochim sloem: monografija, Lugansk: «Noulidzh», 167 p.

Жижкіна Н.О. Розроблення матеріалів для робочого шару листопрокатних валків.

В роботі наведені результати досліджень матеріалів робочого шару прокатних валків. Показано, що для його утворення застосовують хромонікелевий чавун. Встановлено, що додаткове легування такого чавуну марганцем, міддю та молібденом сприяє підвищенню експлуатаційних характеристик формуючого інструменту. В результаті легування валкового розплаву молібденом та ніобієм структура робочого шару подрібнюється та підвищується рівень його твердості. Такі виливки характеризуються більш високим рівнем напружень. Введення ванадію в валковий чавун сприяє утворенню більш рівномірної та дисперсної структури таких виробів та забезпечує сталість їх експлуатаційних властивостей.

Ключові слова: валок, легування, напруження, робочий шар, властивості, структура.

Zhizhkina N. A. The research of materials for working layer of sheet rolling rolls.

This paper is aimed in research of the influence of chemical composition on structure and properties of working layer of rolls.

The following problems have been solved for reaching of this purpose: existing compositions of cast irons for casting of rolls have been analyzed, the influence of alloying components (niobium, vanadium) on structure and properties of working layers of forming instrument material has estimated.

The object of this paper is a quality of working metal layers of massive rolls. The investigation is based on studying of structure and properties of such castings. The complex of methods (structural, physical, determination of mechanical properties and stresses) has used for quality control of researched rolls.

The structure of working layer is homogeneous, as a result of alloying melt of rolls by molybdenum and niobium, that promotes increasing of its hardness level, but such castings are demonstrated higher level of stresses. The introduction of vanadium in rolls cast iron leads to formation of more uniform and dispersed structure of such ingots and support stability of its exploitations properties.

The influence of niobium and vanadium on structure, properties and stresses of cast irons working layer of massive rolls has been studied for the first time and the quality of rolls was improved by implementing the results of research work.

Keywords: roll, alloying, stress, working layer, properties, structure.