

УДК. 621.771.07:669.24/29

**А. К. АВТУХОВ**, канд. техн. наук, доц., ХНТУСГ ім. П. Василенка, Харків

## **ПОДБОР В КОМПЛЕКТ ДВУХСЛОЙНЫХ ХРОМОНИКЕЛЕВЫХ ВАЛКОВ ИСПОЛНЕНИЯ ЛПХНМД**

В статье представлены основные методы, используемые при комплектовании двухслойных хромоникелевых валков перед установкой в клеть листовых станов. Приведены результаты по изучению возможности прогнозирования наработки валков. Показано, что магнитный контроль по коэрцитивной силе рабочего слоя прокатных валков при комплектовании позволяет подобрать валки с одинаковым ресурсом и повысить эффективность их использования.

**Ключевые слова:** прокатные валки, комплектование валков, рабочий слой, ресурс, магнитный контроль, коэрцитивная сила.

**Введение.** Основной задачей металлургической промышленности является повышение эффективности и улучшения качества выпускаемой продукции. В прокатном производстве это связано с расширением сортамента металлопроката, сокращением затрат на его производство, увеличением межремонтного периода эксплуатации прокатного оборудования.

Себестоимость производства металлопроката в значительной степени зависит от расхода прокатных валков.

**Анализ состояния вопроса.** Одним из признанных путей сокращения расхода валков и продления их стойкости является разработка новых подходов к комплектации их в пары перед установкой в клеть [1].

При подборе валков учитывают химический состав, твердость, продолжительность естественного старения (в случае, если они не термообработаны), геометрические размеры [2].

В последние годы для подбора валков в комплект стали использовать неразрушающие методы контроля: ультразвуковой, вихретоковый и магнитный.

**Анализ основных достижений и литературы.** Практика использования ультразвукового и вихретокового методов показала, что они не позволяют корректировать и оптимизировать технологию подготовки валков к эксплуатации поскольку направлены на определение наличия трещин или

раковин. Это, как правило, требует выбраковки или капитального ремонта валка.

Магнитный метод, основанный на измерении коэрцитивной силы, более информативный. Это объясняется тем, что коэрцитивная сила является одной из наиболее структурно-чувствительных характеристик ферромагнитных материалов, так как характеризует напряженность внешнего магнитного поля, при которой намагниченность в материале, предварительно намагниченном до насыщения, становится равной нулю.

Она определяется средней величиной сил, задерживающих необратимое смещение границ между доменами при перемагничивании. Задерживать смещение границ между доменами могут неферромагнитные включения разной формы и дисперсности, напряжения, обусловленные дислокациями и другими причинами, и градиенты напряжений, границы фаз, зерен и субзерен, а также прочие неоднородности и дефекты кристаллического строения [3,4].

Магнитный метод дает возможность регистрировать неоднородности рабочего слоя, как являющихся следствием технологических проблем при изготовлении, так и возникающие вследствие накопления напряжений. Коэрциметрия позволяет также выявлять при входном контроле ряд технологических дефектов изделия [5, 6]. Анализ неоднородности рабочего слоя в процессе подготовки валков к эксплуатации, дает возможность прогнозировать их наработку.

**Целью работы** являлось изучение возможности повышения наработки валков за счет подбора их в комплект с одинаковыми характеристиками рабочего слоя.

В настоящее время подбор валков в комплект осуществляют исходя из двух показателей: близкого диаметра после переточки и по уровню твердости [2].

**Результаты исследований.** Во время проведения исследований были проанализированы хромоникелевые валки исполнений ЛПХНМд-71 размером 675×1760 листовых станов 1700 и 800×2000 – стана 2000. Химический состав исследованных валков соответствует техническим условиям на их изготовление (ТУ У27.1-26524137-1291-2007) [7].

Показатели эксплуатационной стойкости валков представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Показатели эксплуатационной стойкости валков

№ п/п	Начальный диаметр, мм	Конечный диаметр, мм	Разница диаметров валков, использованных в одном комплекте при списании, мм	Количество валков, шт.	Среднее число установок, шт.	Средняя наработка за установку, т	Средний ресурс, т	Средний съем за установку, мм
1	2	3		4	5	6	7	8
1	800–805	765,63–770,58	1,73–4,95	31	33	4731	152018	0,98
2	676–677	635–640,3	1,5–2,5	15	27	2705	73029	1,225

Анализ эксплуатационной стойкости валков показывает, что средний объем проката на 1мм съема рабочего слоя валков стана 1700 составляет  $\approx 1850$ т, а стана 2000  $\approx 4694$  т [8].

Конечный диаметр при списании валков, используемых в одном комплекте стана 1700 отличается на 1,5–2,5 мм, а стана 2000 – 1,73–3,98. Это свидетельствует о том, что некоторые комплекты валков списываются при наличии не использованного рабочего слоя одного из них. При этом диаметр валка или уровень его твердости не является определяющими.

Учитывая, это можно заключить: остаточный ресурс отдельных валков после списания искусственно снижен: стан 1700 на 4255–4902,5 т, стан 2000 – 8120,62–18682,12 т. Что составляет для валков соответствующих станов 5–6% и 5,34–12,39% общей наработки.

Из проведенного анализа видно, что для увеличения ресурса валков целесообразно клетки комплектовать валками с одинаковой наработкой рабочего слоя. Это позволит обеспечить максимальное использование рабочего слоя.

Были проведены дополнительные исследования по изучению возможности прогнозирования наработки валков. При подборе валков в комплект учитывали диаметр бочки, твердость и показатели коэрцитивной силы рабочего слоя валков. Результаты исследований представлены в табл. 2.

Во всех комплектах диаметры валков были близкими по геометрическим размерам. Первый и четвертый комплекты были подобраны с одинаковыми показателями твердости и различным уровнем коэрцитивной силы, а второй, третий, пятый и шестой – с одинаковым уровнем коэрцитивной силы [10] и рваными или отличающимися характеристиками твердости.

Значения показаний твердости и коэрцитивной силы определяли перед термообработкой, после термообработки, перед перешлифовкой и после перешлифовки рабочего слоя валков.

Анализ эксплуатационной стойкости (табл. 2) показывает, что валки подобранные в комплекты с близкими начальными диаметрами, твердостью, но различной величиной коэрцитивной силы (комплекты 1 и 4) были списаны с существенно отличающимися конечными диаметрами. У валков стана 1700 разница между списанными валками составляла 4,1 мм, у валков стана 2000 – 3,92 мм.

Таблица 2 – Эксплуатационная стойкость рабочих валков исполнения ЛПХНМд-71

Условный № комплекта	Условный № валка	Общая наработка, т	Количество установок, шт	Твердость, HS	Коэрцит. сила, Нс, А/см	Диаметр валка, мм	
						Начальный	Конечный
1	2	3	4	6	7	9	9
Эксплуатационная стойкость рабочих валков стана 1700							
1	1	72311	39	75	32,4	677	636,6
	2	72311	39	75	21,8	676,4	640,3
2	3	70463	38	73	25,9	676,6	636
	4	70463	38	74	25,0	676	636
3	5	74159	40	78	22,6	676,4	637
	6	74159	40	74	24,8	676,6	637
Эксплуатационная стойкость рабочих валков стана 2000							
4	7	151764	31	74	22,1	804,4	766,61
	8	151764	31	74	32,6	805,7	770,53
5	9	154378	37	72	24,8	806,5	767,03
	10	154378	37	73	25,0	807,5	767,51
6	11	153753	35	76	22,5	805,4	766,43
	12	153753	35	72	25,3	806,7	767,11

Валки стана 1700, подобранные в комплекты с близкими начальными диаметрами, величиной коэрцитивной силы и твердостью (комплекты 2 и 5) после списания имели одинаковый диаметр – 636 мм. А у валков стана 2000, подобранных с аналогичными требованиями разница конечных диаметров составляла 0,48 мм.

Разница диаметров списанных валков стана 2000, подобранных в комплекты с близкими начальными диаметрами, величиной коэрцитивной силы и различной твердостью (комплекты 5) составляла 0,68 мм. Валки стана 1700 подобранные при списании имели одинаковый диаметр – 637 мм.

Дополнительные исследования результатов производственных испытаний хромоникелевых валков показали, что при подборе их в комплект с близкими геометрическими характеристиками и показателями твердости они имели не одинаковую выработку за закладку (закладку). Валки стана 2000 от 0,735 до 1,52 мм (средний показатель – 0,812), а стана 1700 – 0,812–1,37мм (средний показатель – 1,095).

При подборе комплекта валков по  $H_c$ , значения которых не отличались более, чем на 10–15%, их выработка за закладку на стане 2000 была близкой к максимальной и составляла 0,975–0,989 мм (средний показатель 0,982), а на стане 1700 – 0,96–1,068 (средний показатель 1,014).

Средние показатели наработки комплектов валков, подобранных по коэрцитивной силе, были на 17,3% (стан 2000) и 7,98% (стан 1700) выше, чем у комплектов, подобранных по твердости.

**Выводы.** В результате проведенных исследований было установлено, что магнитный контроль по коэрцитивной силе рабочего слоя прокатных валков при их комплектовании позволяет подобрать валки с одинаковым ресурсом и повысить эффективность их эксплуатации.

В результате подбора комплектов валков по коэрцитивной силе возможно увеличить число их переточек и наработку за закладку, в среднем на 17% и 7,5% для стана 2000 и стана 1700 соответственно.

Значения коэрцитивной силы при подборе комплекта колебания показаний по этой характеристике не должны превышать 10–15%.

**Список литературы:** 1. Приходько В. П. Проблемы эксплуатации валков прокатных станов / В.П. Приходько// Прокатное производство. – 1985. – №8. – С.45-47. 2. Производство и применение прокатных валков: Справочник / Т. С. Скобло, А. И. Сидашенко, Н. М. Александрова и др., под ред. Т.С.Скобло. – Х.: ЦД №1, 2013. – 572 с. (с.531). 3. Бидга В. Г. Коэрцитиметрия в неразрушающем контроле/ В. Г. Бидга, А. П. Ничипурук//Дефектоскопия. – 2000. – №10. – С.3–27. 4. Матюк В. Ф. Контроль структуры, механических свойств и напряженного состояния ферромагнитных изделий методом коэрциметрии / В. Ф. Матюк, В. Н. Кулагин // Наука. Серия. Неразрушающий контроль и диагностика. 2010. – №3. – С.4-14. 5. Безлюдько Г.Я. Оценка текущего состояния и остаточного ресурса прокатных валков на основе магнитного (по коэрцитивной силе) метода неразрушающего контроля / Г.Я. Безлюдько, В.Ф. Мужижский, Л.А. Крутикова и др. // Дефектоскопия. – 2002. – №4. – С. 3–9. 6. <http://www.cta.ru>. Муриков С. Роботизированный комплекс магнитной диагностики прокатных валков / С. Муриков, И. Артемьев, В. Урцев, А. Кудрешов и др. // Современные технологии и автоматизации (контрольно измерительные системы). – 2010. – №3. – С.60–67. 7. Валки для металлопрокатных станов из чугуна литья. ТУ У 27.1-26524137-1291-2007. 8. Скобло Т. С. Анализ эксплуатационной стойкости двухслойных чугунных валков / Скобло Т.С., Атухов А.К., Соколов Р.Г. //Сталь – 2015. – №2. – С. 34–37. 9. Скобло Т. С. Опыт эксплуатации рабочих валков

стана 2000 / Скобло Т. С., Автухов А. К., Соколов Р. Г. // Материали за ІХ міжнародна научна практична конференція. Научний потенціал на світа 2013. Том 20. Технології. Софія «Бял ГРАД-БГ» ООД 2013. – С. 13–27. 10. Патент UA №101535 B21B31/00, B21B21/00. Спосіб комплектування прокатних валків / Скобло Т. С. Автухов А. К., Сідашенко О. І., та ін. Оуб.25.09.2015, Бюл. № 18.

**Bibliography (transliterated):** 1. Prikhod'ko V.P. Problemy ekspluatatsii valkov prokatnykh stanov / V.P. Prikhod'ko// Prokatnoye proizvodstvo. – 1985. – N 8. – P.45–47. 2. Proizvodstvo i primeneniye prokatnykh valkov: Spravochnik/ T. S. Skoblo, A. I. Sidashenko, N. M. Aleksandrova i dr., pod red. T. S. Skoblo. – Kharkov: TSD N1, 2013. – 572 p. (p. 531). 3. Bida V. G. Koertsimetriya v nerazrushayushchem kontrole / V. G. Bidga, A. P. Nichipuruk // Defektoskopiya. – 2000. – N10. – P. 3–27. 4. Matyuk V. F. Kontrol' struktury, mekhanicheskikh svoystv i napryazhennogo sostoyaniya ferromagnitnykh izdeliy metodom koertsimetrii / V. F. Matyuk, V. N. Kulagin// Nauka. Seriya. Nerazrushayushchiy kontrol' i diagnostika. 2010. – N3. – P. 4–14. 5. Bezlyud'ko G. YA. Otsenka tekushchego sostoyaniya i ostatochnogo resursa prokatnykh valkov na osnove magnitnogo (po koertsitivnoy sile) metoda nerazrushayushchego kontrolya/G. YA. Bezlyud'ko, V. F. Muzhitskiy, L. A. Krutikova i dr.//Defektoskopiya. – 2002. – N4. – P. 3–9. 6. <http://www.gta.ru>. Murikov S. Robotizirovanny kompleks magnitnoy diagnostiki prokatnykh valkov / S. Murikov, I. Artem'yev, V. Urtsev, A. Kudreshov i dr.//Sovremennyye tekhnologii i avtomatizatsii (kontrol'no izmeritel'nyye sistemy). – 2010. – N3. – P. 60–67. 7. Valki dlya metalloprokatnykh stanov iz chugunного lit'ya. TU U 27.1-26524137-1291-2007. 8. Skoblo T. S. Analiz ekspluatatsionnoy stoykosti dvukhsloynnykh chugunnykh valkov / Skoblo T. S., Atukhov A. K., Sokolov R. G.//Stal' – 2015. – N2. – P. 34–37. 9. Skoblo T. S. Opyt ekspluatatsii rabochikh valkov stana 2000 /Skoblo T. S., Avtuhov A. K., Sokolov R. G. // Materiali za IKH mezhdunarolna nauchna praktichna konferentsiya. Nauchniyat potetsial na sveta 2013. Vol. 20. Tekhnologii. Sofiya «Byal GRAD-BG» OOD 2013. – P. 13–27. 10. Patent UA №101535 V21V31/00, V21V21/00. Sposib komplektuvannya prokatnykh valkiv /Skoblo T. S. Avtuhov A. K., Sidashenko O. I., ta in. Opub.25.09.2015, Byul. N18.

*Поступила (received) 05.10.2015*

УДК 621.73.06–52

**И. С. АЛИЕВ**, докт. техн. наук. проф. ДГМА;

**Е. Я. ПЫЦ**, аспирант, ДГМА;

**Я. Е. ПЫЦ**, канд. техн. наук. доц., ДГМА, Краматорск

## **РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНЫХ И СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛОКАЛЬНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ТРУБЧАТОЙ ЗАГОТОВКИ ПРИ ФРИКЦИОННОМ НАГРЕВЕ И ВЛИЯНИЕ ИХ НА МИКРОСТРУКТУРУ ПОЛУЧЕННОГО ИЗДЕЛИЯ**

Деформирование трубчатой заготовки инструментом трения – процесс, для которого характерна локализация пластической деформации, величина зоны влияния которой значительно меньше величины деформируемой части заготовки. При таком процессе зона деформации постоянно перемещается вдоль поверхности трубы, симметричная форма поперечного сечения которой в процессе деформирования не сохраняется. Приведен анализ площади контакта инструмента с заготовкой, приведены факторы, влияющие на усилие обкатки, а также определены основные составляющие усилия обкатки. Проведен математический расчет основных составляющих усилия обкатки и определен характер распределения усилия обкатки по времени. Представлены графические зависимости усилия обкатки от времени при различных комбинациях факторов, влияющих на обкатку. Проведен анализ микроструктуры заготовок при фрикционном нагреве и сравнение полученных данных с результатом микроанализа заготовки, нагреваемой при помощи индукционного нагрева.

© И. С. Алиев, Е. Я. Пыц, Я. Е. Пыц, 2015