



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-43-47>
УДК 621.771

Поступила 04.10.2019
Received 04.10.2019

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ИСПОЛНЕНИЯ ПРОКАТНЫХ КОЛЕЦ КЛЕТИ № 7 СТАНА 150 ОАО «БМЗ – УПРАВЛЯЮЩАЯ КОМПАНИЯ ХОЛДИНГА «БМК» ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ НАИЛУЧШИЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ

И. А. ГУЗОВА, И. А. КОВАЛЕВА, П. А. БАБКОВ, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь ул. Промышленная 37. E-mail: gtp.icm@bmz.gomel.by

Прокатные кольца как важный элемент прокатного стана относят к разряду сменного оборудования, качество исполнения которого влияет на ряд эксплуатационных характеристик, а также на качество производимого проката. Материал, из которого выполнено прокатное кольцо клетки № 7, должен обладать соответствующими свойствами, способными воспринимать высокие теплофизические нагрузки на протяжении длительного периода времени без разрушения, сколов и значительной выработки калибров. В связи с этим существует необходимость подбора оптимального варианта изготовления прокатных колец, способных выдерживать такие нагрузки достаточно продолжительный период времени. Проведены исследования причин разрушения прокатного кольца 450×242×100 мм из быстрорежущей стали, применяющегося на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» в клетки № 7 стана 150 сортопрокатного цеха. Представлены результаты металлографических исследований микроструктуры и химического состава фрагментов разрушенного прокатного кольца. Проведено детальное исследование и сравнительный анализ химического состава и микроструктуры образцов аналогичных колец, изготовленных из быстрорежущей стали двух различных поставщиков, показавших в процессе эксплуатации высокие результаты по стойкости.

Ключевые слова. Кольцо прокатное, быстрорежущая сталь, стойкость прокатных колец, сортопрокатный цех, химический состав быстрорежущей стали, микроструктура быстрорежущей стали.

Для цитирования. Гузова, И. А. Выбор оптимального варианта исполнения прокатных колец клетки №7 стана 150 ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» из различных вариантов быстрорежущей стали, обеспечивающих наилучший показатель эксплуатационной стойкости/ И. А. Гузова, И. А. Ковалева, П. А. Бабков // *Литье и металлургия*. 2019. № 4. С. 43–47. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-43-47>.

SELECTION OF THE OPTIMAL VERSION OF THE ROLLING RINGS OF STAND NO. 7 OF MILL 150 OF OJSC «BSW – MANAGEMENT COMPANY OF THE HOLDING «BMC» FROM VARIOUS TYPES OF HIGH-SPEED STEEL, PROVIDING THE BEST INDICATOR OF OPERATIONAL DURABILITY

I. A. GUZOVA, I. A. KOVALEVA, P. A. BABKOV, OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC», Zhlobin, Gomel region, Belarus 37, Promyshlennaya Str. E-mail: gtp.icm@bmz.gomel.by

Rolling rings as an important element of the rolling mill belong to the category of replaceable equipment, the quality of performance of which affects a number of operational characteristics, as well as the quality of rolled products. The material from which the rolling ring of the stand No. 7 is made must have the appropriate properties capable of perceiving high thermal loads for a long period of time without destruction, chipping and significant development of calibers. In this regard, there is a need to select the optimal option for the manufacture of rolling rings that can withstand such loads for a sufficiently long period of time. The study of the causes of destruction of the rolling ring 450×242×100 mm of high-speed steel, used at OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC» in the cage number 7 mill 150 rolling shop. The results of metallographic studies of the microstructure and chemical composition of fragments of the destroyed rolling ring are presented. A detailed study and comparative analysis of the chemical composition and microstructure of samples of similar rings made of high-speed steel from two different suppliers, which showed high results in durability during operation, was carried out.

Keywords. Rolling ring, high-speed steel, resistance of rolling rings, rolling shop, chemical composition of high-speed steel, microstructure of high-speed steel.

For citation. Guzova I. A., Kovaleva I. A., Babkov P. A. Selection of the optimal version of the rolling rings of stand no. 7 of mill 150 of OJSC «BSW - Management Company of Holding «BMC» from various types of high-speed steel, providing the best indicator of operational durability. *Foundry production and metallurgy*, 2019, no. 4, pp. 43–47. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-43-47>.

Прокатные кольца как важный элемент прокатного стана относят к разряду сменного оборудования, качество исполнения которого влияет на ряд эксплуатационных характеристик, а также на качество производимого проката.

Исходя из условий работы групп клетей стана горячей прокатки и требований к ним, в первую очередь можно выделить высокую износостойкость по длине и глубине рабочего слоя прокатных колец при высоких температурах и давлениях, увеличение углов захвата прокатываемого металла, статическую прочность (стойкость против поломок), постоянство рабочего диаметра, чистоту поверхности калибров, точность обработки и др.

Наиболее частой причиной преждевременного разрушения колец являются недостатки их изготовления. В первую очередь, к ним можно отнести дефекты макроструктуры: ликвацию, неметаллические включения, рыхлость, пористость. Отмеченные дефекты возникают в процессе изготовления и могут послужить причиной зарождения и роста трещин.

К недостаткам изготовления прокатных колец также относятся дефекты микроструктуры: карбидная или ферритная сетка по границам зерен, структурная неоднородность. Перечисленные дефекты являются следствием отклонений от технологических режимов изготовления.

Практика эксплуатации прокатных колец показывает, что их разрушение происходит с образованием хрупкого излома. Часто в зоне излома наблюдаются мелкие трещины [1].

При прокатке катанки износостойкость детали имеет решающее значение, поскольку для данного процесса характерны значительные нагрузки и температуры. Следовательно, необходимы очень износостойкие твердые материалы.

В данной статье речь пойдет о прокатных кольцах размером $450 \times 242 \times 100$ мм из быстрорежущей стали, применяющихся на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» в клети № 7, первой промежуточной группы клетей при производстве катанки диаметром от 5,5 до 20 мм в бунтах. Данная катанка производится из углеродистой, высокоуглеродистой и низколегированной марок стали на стане 150 сортопрокатного цеха № 1.

Клеть №7 располагается первой, сразу за черновой группой клетей. На кольцах, эксплуатируемых в данной клети, нарезается калибр с глубиной вреза 13 мм и шириной вреза 81,3 мм, при этом материал, из которого выполнено прокатное кольцо клети № 7, воспринимает значительные тепловые и физические нагрузки (температура раската – 1000–1100 °С, усилие прокатки – до 4000 Н·м, скорость прокатки – 1,4–1,7 м/с). В связи с этим материал, из которого выполнено прокатное кольцо клети № 7, должен обладать соответствующими свойствами, способными воспринимать высокие теплофизические нагрузки на протяжении длительного периода времени без разрушения, сколов и значительной выработки калибров.

К сожалению, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» имеет единичный отрицательный опыт использования колец размером $450 \times 242 \times 100$ мм из быстрорежущей стали.

В процессе эксплуатации прокатных колец размером $450 \times 242 \times 100$ мм из быстрорежущей стали при прокатке катанки на стане 150 сортопрокатного цеха ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» произошло разрушение кольца. Внешний вид разрушенной детали и характер разрушения показан на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид разрушенной детали и характер разрушения

Из рисунка видно, что характер разрушения – это хрупкий излом. О хрупком разрушении свидетельствуют гладкие, ровные кромки излома. Излом отличается неоднородностью строения, кристаллическостью, шероховатостью. Поверхность разрушения – мелкокристаллическая (образовалась в условиях малой пластической деформации). Данный излом можно отнести к усталостному разрушению металла [1].

При дальнейшем осмотре разрушенного прокатного кольца была обнаружена поверхностная торцовая трещина, внешний вид которой показан на рис. 2.



Рис. 2. Внешний вид на торцовой стороне кольца

Для проведения детального исследования и сравнительного анализа были представлены разрушенное кольцо (поставщик № 1); для сравнения – аналогичные кольца, изготовленные из быстрорежущей стали, показавшие в процессе эксплуатации высокие результаты по стойкости (поставщики № 2, 3).

Следует отметить, что основными эксплуатационными характеристиками для оценки качества работы прокатных колец являются следующие показатели: средний съем с калибра, средняя стойкость калибра, удельная выработка (объем прокатанной продукции, приходящейся на 1 мм съема с калибра), количество переточек и суммарная стойкость. Сравнительные показатели по стойкости прокатных колец размером 450×242×100 мм из быстрорежущей стали различных поставщиков приведены в табл. 1.

Таблица 1. Сравнительные показатели

Номер поставщика	Средний съем с калибра, мм	Средняя стойкость калибра, т	Удельная выработка, т/мм	Количество переточек	Суммарная стойкость, т
1	3,52	2870,7	815,34	17	46790
2	4,33	4140,2	975,25	13	60180
3	2,89	4289,1	1484,12	15	68226

Из таблицы видно, что полученные эксплуатационные характеристики прокатных колец размером 450×242×100 мм из быстрорежущей стали, поставленные поставщиком №3, превосходят аналогичные показатели прокатных колец, поставленных поставщиками № 1, 2.

Цель проведения исследований – определение возможных причин разрушения кольца поставщика № 1.

Из разрушенного кольца, а также из колец альтернативных поставщиков были вырезаны образцы для проведения химического анализа и определения микроструктуры.

Химический состав фрагментов прокатного кольца определяли на эмиссионном спектрометре ARL 3560 в лаборатории аналитического обеспечения центральной заводской лаборатории (табл. 2).

Таблица 2. Химический состав прокатных колец различных поставщиков

Номер поставщика	Массовая доля химических элементов, %													
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Al	Mo	V	W	Nb	Co
1	1,68	0,61	0,56	0,024	0,027	4,32	0,73	0,04	0,017	3,82	2,63	2,11	0,037	0,02
2	2,16	0,73	0,58	0,019	0,020	5,80	1,19	0,09	0,018	4,70	3,54	5,53	0,104	1,30
3	1,65	0,39	0,54	0,038	0,004	3,54	0,66	0,11	0,13	4,87	4,42	6,03	1,26	0,31

Как следует из таблицы, химический состав образца №1 в сравнении с химическим составом двух других образцов отличается по углероду и легирующим элементам, таким, как Cr, Ni, Mo, V, W, Nb и Co, содержание которых в образце № 1 намного ниже либо практически отсутствует.

Легирующие быстрорежущих сталей такими элементами, как вольфрам, молибден, ванадий и кобальт обеспечивает горячую твердость и красностойкость стали, т. е. способность стали сохранять при значительном нагреве высокую твердость и износостойкость. Хром увеличивает прокаливаемость и повышает устойчивость против окисления и износа. Ванадий так же, как и вольфрам, способствует повышению теплостойкости стали. Кобальт уменьшает склонность стали к перегреву. Присутствие кобальта приводит к увеличению теплопроводности стали, что, в свою очередь, приводит к значительному снижению температуры рабочей поверхности инструмента, препятствуя износу [2].

Металлографическое исследование микроструктуры проводили на нетравленных микрошлифах, а также после их травления в реактиве «Nital» с помощью инвертированного металлографического микроскопа отраженного света «OLYMPUS» с цифровой системой изображений в исследовательской лаборатории исследовательского центра.

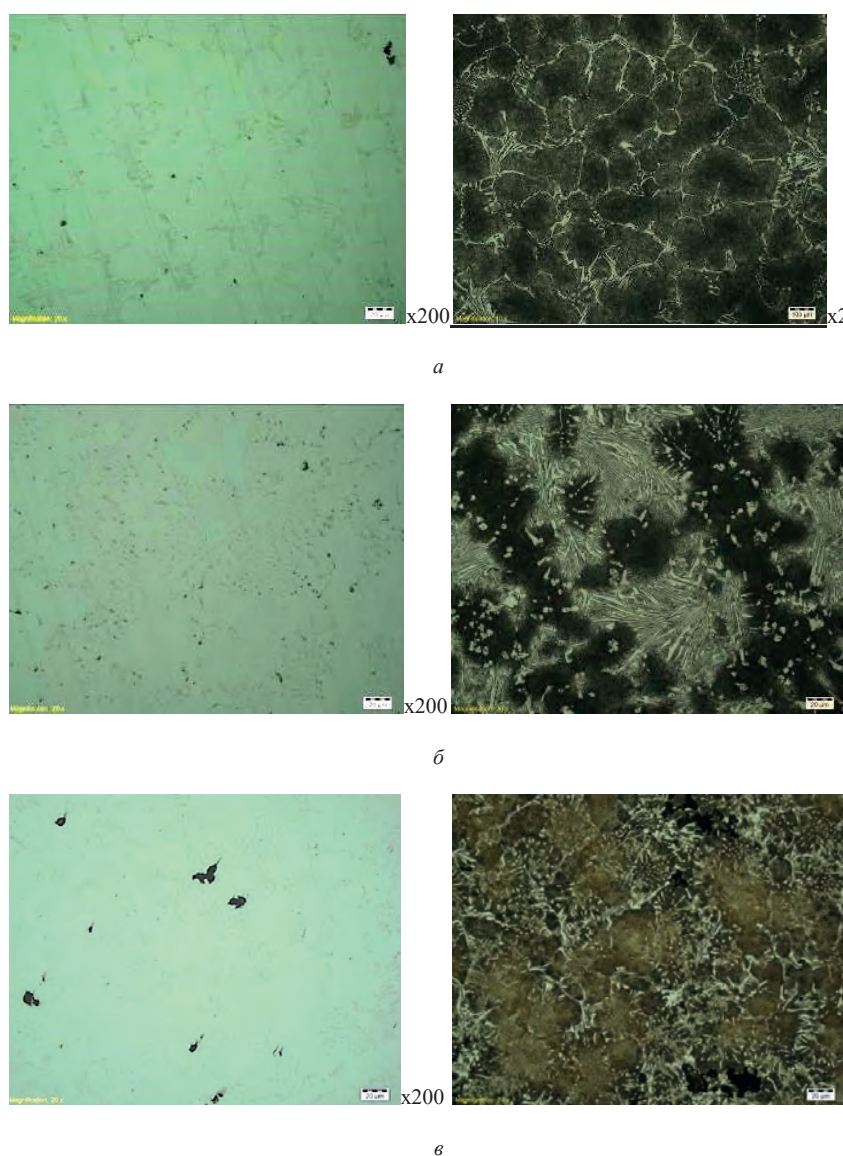


Рис. 3. Микроструктура, нетравленные и после травления в реактиве “Nital” микрошлифы. x200:
а – образец № 1; б – образец № 2; в – образец № 3

При микроструктурном исследовании в светлом поле зрения с помощью инвертированного металлографического микроскопа отраженного света «OLYMPUS GX-51» нетравленных микрошлифов выявлены карбиды легирующих элементов: в образце №1 – в виде карбидной сетки, расположенной преимущественно по границам зерен.

щественно по границам зерен твердого раствора; в образцах № 2, 3 – равномерно распределенные в матрице металла. После травления в реактиве “Nital” микроструктура образца №1 состоит из мелких участков ледебурита, карбидной сетки, окаймляющей зерна, и перлита. Структура образца № 2 состоит из крупных участков ледебурита, сорбита. Ледебурит, перлит и мелкие карбиды равномерно распределены в матрице металла микроструктуры образца № 3.

Стойкость инструментов определяется степенью развития карбидной неоднородности, а именно карбидной сетки. Наличие в структуре инструментов, особенно больших сечений грубых и неравномерно распределенных первичных карбидов, вызывает выкрашивание рабочей кромки и ускоренный ее износ, что приводит к внезапным поломкам инструмента.

Ухудшаются и технологические свойства стали: понижается пластичность и повышается склонность инструмента к образованию трещин [3].

Выводы

1. При сравнительном анализе химического состава установлено, что химический состав образца №1 в сравнении с химическим составом двух других образцов отличается по углероду и легирующим элементам, таким, как Cr, Ni, Mo, V, W, Nb и Co, содержание которых в образце № 1 намного ниже либо практически отсутствует.

2. Микроструктурный анализ показал, что в разрушенном кольце обнаружена карбидная сетка, что негативно повлияло на эксплуатационные характеристики прокатного кольца поставщика № 1.

3. Таким образом, после изучения и исследования основных эксплуатационных и качественных характеристик предоставленных колец от трех различных поставщиков можно отметить, что наиболее оптимальным является вариант изготовления прокатных колец размером 450×242×100 мм из быстрорежущей стали, поставленных поставщиком №3.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шестопалова Л. П. Методы исследования материалов и деталей машин при проведении автотехнической экспертизы / Л. П. Шестопалова, Т. Е. Лихачева. М.: МАДИ, 2017. 180 с.
2. Быстрорежущие стали [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.metaljournal.com.ua/high-speed-steel-2/>
3. Ревис И. А., Лебедев Т. А. Структура и свойства литого режущего инструмента. Л.: Машиностроение, 1972.

REFERENCES

1. Shestopalova L. P., Lihacheva T. E. *Metody issledovaniya materialov i detalej mashin pri provedenii avtotekhnicheskoy ekspertizy* [Methods of researching materials and machine parts during automotive technical examination]. Moscow, MADI Publ., 2017, 180 p.
2. www.metaljournal.com.ua/high-speed-steel-2
3. Revis I. A., Lebedev T. A. *Struktura i svojstva litogo rezhushhego instrumenta* [Structure and properties of cast cutting tools.]. Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1972.