



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-4-50-54>  
УДК 669

Поступила 20.10.2021  
Received 20.10.2021

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИЧИНЫ РАЗРУШЕНИЯ ОПЫТНОГО ПРОКАТНОГО ВАЛКА ЧЕРНОВОЙ ГРУППЫ КЛЕТЕЙ ПРОВОЛОЧНОГО СТАНА 150

*И. А. ГУЗОВА, Н. А. ХОДОСОВСКАЯ, И. А. КОВАЛЕВА, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь, ул. Промышленная, 37. E-mail: gtp.icm@bmz.gomel.by, тел.+375-2334-55941*

*В условиях жесткой национальной и международной конкуренции решающую роль играет качество закупаемых ресурсов. Для производства продукции закупаются сырье, материалы и комплектующие, качество изготовления которых непосредственно влияет на производство металла в ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК». Проблема чрезмерно высокого уровня динамических нагрузок особенно остро стоит для клетей черновой группы. Основными причинами динамических перегрузок являются интенсивные переходные процессы, имеющие место в цикле прокатки, наличие в системе упругих механических связей и зазоров, несовершенство системы электропривода, ошибки, допущенные при разработке. В связи с этим существует необходимость подбора материала и технологии изготовления прокатных валков, способных выдерживать такие нагрузки достаточно продолжительный период времени. Проведены исследования причин разрушения опытного прокатного валка черновой группы клетей стана 150 сортопрокатного цеха ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК». На основании анализа установлены основные классификационные признаки излома. Представлены результаты металлографических исследований микроструктуры и химического состава фрагментов прокатного валка центральной и подповерхностной зоны. Выявлена причина разрушения опытного прокатного валка – несоответствие марки материала валка требованиям технологической инструкции и нормативной документации для черновой группы клетей № 1–3.*

**Ключевые слова.** *Прокатный валок, динамические нагрузки, разрушение, хрупкий излом, микромеханизм разрушения, химический анализ, металлографическое исследование, микроструктура, несоответствие марки материала.*

**Для цитирования.** *Гузова, И. А. Определение причины разрушения опытного прокатного валка черновой группы клетей проволочного стана 150 / И. А. Гузова, Н. А. Ходосовская, И. А. Ковалева // Литье и металлургия. 2021. № 4. С. 50–54. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-4-50-54>.*

## DETERMINATION OF DESTRUCTION CAUSE OF EXPERIMENTAL MILL ROLL OF STAND ROUGHING GROUP OF MILL 150

*I. A. GUZOVA, N. A. HODOSOVSKAYA, I. A. KOVALEVA, OJSC “BSW – Management Company of the Holding “BMC”, Zhlobin, Gomel region, Belarus, 37 Promyshlennaya st. E-mail: gtp.icm@bmz.gomel.by; Tel.: +375-2334-55941*

*High quality of purchased resources plays a critical role under the conditions of severe international competition. Raw materials, materials and components are purchase for product production and their quality is an essential part in the production of steel at OJSC “BSW – Management Company of the Holding “BMC” holding». The problem of excessively high level of dynamic loads is especially acute for roughing stands. The main reasons for dynamic overloads are intense transient processes occurring in the rolling cycle, the presence of elastic constraints and gaps in the system, imperfection of electric drive system and errors made during development. Therefore, there is a need for selection of material and manufacturing technology for mill rolls capable to withstand such loads for a sufficiently long period. Investigations of destruction causes of experimental mill roll of stand roughing group of mill 150 of section rolling shop at OJSC “BSW – Management Company of the Holding “BMC” holding were carried out. Main classification features are established based on the analysis of the fracture. The results of metallographic studies of microstructure and chemical composition of central and subsurface zone roll fragments are presented. The reason of destruction of experimental mill roll was discovered – nonconformance of roll material grade with the requirements of technological instructions and normative documentation for rough group of stands No. 1–3*

**Keywords.** *Mill roll, dynamic loads, destruction, brittle fracture, micromechanism of fracture, chemical analysis, metallographic examination, microstructure., nonconformance of steel grade.*

**For citation.** *Guzova I. A., Hodosovskaya N. A., Kovaleva I. A. Determination of destruction cause of experimental mill roll of stand roughing group of mill 150. Foundry production and metallurgy, 2021, no. 4, pp. 50–54. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-4-50-54>.*

В условиях жесткой национальной и международной конкуренции решающую роль играет качество закупаемых ресурсов. Для производства продукции закупаются сырье, материалы и комплектующие, качество изготовления которых непосредственно влияет на производство металла в ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» (БМЗ) [1].

Производственные и экономические показатели прокатного производства во многом зависят от качества прокатных валков. Эксплуатационные свойства валков должны отвечать предъявляемым к ним требованиям, таким, как высокая износостойкость по длине и глубине рабочего слоя при высоких температурах и давлениях, статическая прочность (стойкость против поломок), постоянство рабочего диаметра, чистота поверхности калибров, точность обработки [2].

Главная операция в процессе прокатки металла осуществляется валками стана и заключается в деформации металла. Она достигается обжатием материала, причем достигаются определенные размеры и поперечный профиль. Валки при вращении берут на себя усилие, имеющее место в процессе работы прокатной линии и передающееся на составные элементы прокатной клетки стана [3].

Как известно, проблема чрезмерно высокого уровня динамических нагрузок особенно остро стоит для клеток черновой группы. Основными причинами динамических перегрузок являются интенсивные переходные процессы, имеющие место в цикле прокатки, наличие в системе упругих механических связей и зазоров, несовершенство системы электропривода, ошибки, допущенные при разработке. В связи с этим существует необходимость подбора материала и технологии изготовления прокатных валков, способных выдерживать такие нагрузки достаточно продолжительный период времени [4].

В настоящее время изготовление заготовок для валков осуществляется методом вертикального литья, центробежным литьем заготовок или методомковки первоначального слитка. Одним из современных способов получения литых валков является способ центробежного литья. Данный метод более дорогой, но позволяет максимально уплотнить структуру металла ближе к наружной поверхности, которая является рабочей и обеспечивает более долгий срок службы валка.

На БМЗ в сортопрокатный цех № 1 закуплен новый опытный валок размером 550×550 мм, который был установлен во второй черновой клетки стана 150. При использовании опытного валка размером 550×550 мм прокатано 1300 т продукции (в среднем прокатывается 190 тыс. т металла). При эксплуатации произошло разрушение валка в районе бочки (излом по среднему бурту). В процессе прокатки нарушений технологических режимов зафиксировано не было.

В исследовательскую лабораторию исследовательского центра – отраслевую лабораторию технологий металлургического и сталепроволочного производств представлен фрагмент валка опытной партии от нового поставщика, разрушившегося при прокатке металла.

Внешний вид разрушенного валка представлен на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид разрушенного валка и характер разрушения

В процессе работы изучен излом валка. На основании анализа установлены основные классификационные признаки [5]:

- излом валка отчетливо разделяется на две зоны (первая – подповерхностная, вторая – центральная);
- ориентация (излом прямой, проходящий по бочке валка);
- микрогеометрия (излом «лучистый», характерный для чугунных изделий);
- шероховатость, блеск, цвет (кристаллический, светло-серый с металлическим блеском);

- степень пластической деформации при разрушении и энергия разрушения (хрупкий излом, о чем свидетельствуют гладкие, ровные кромки излома);
- макрогеометрия (излом отличается неоднородностью строения, наличием геометрических зон с различной макроориентированностью, кристалличностью, шероховатостью, блеском; неоднородность строения излома обусловлена неоднородностью самого исследуемого материала по химическому составу, структуре и свойствам);
- микромеханизм разрушения (поверхность разрушения имеет мелкокристаллический излом (образовался в условиях малой пластической деформации));
- внутренние дефекты материала (выявлены поры (несплошности), которые могли стать источниками разрушения и вызвать его начало на более ранних стадиях нагружения или при меньших нагрузках, чем это наблюдается в бездефектном материале).

Для проведения исследований и определения химического состава подготовлены образцы, вырезанные в направлении от поверхности к центру, в следующих местах разрушенного вала (рис. 2).

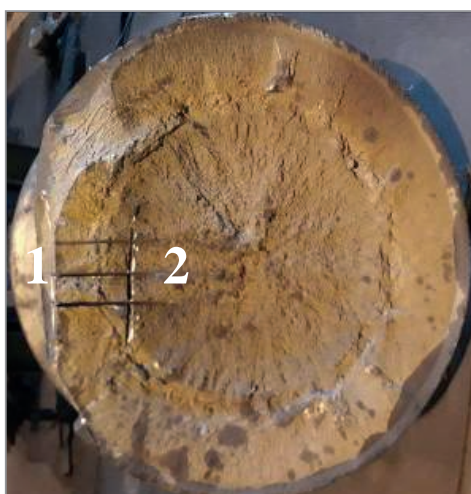


Рис. 2. Зоны излома вала: 1 – подповерхностная; 2 – центральная

Химический состав фрагментов вала определяли:

- углерод и серу – на эмиссионном спектрометре ARL 3560 в лаборатории аналитического обеспечения центральной заводской лаборатории;
- остальные элементы – на плазменном спектрометре ICAP 7400 Thermo в химической лаборатории металлургического производства центральной заводской лаборатории. Химический состав образцов приведен в таблице.

#### Результаты определения химического состава разрушенного прокатного вала

Наименование	Массовая доля химических элементов, %							
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo
Фрагмент вала подповерхностной зоны (№ 1)	1,46	0,44	0,75	0,032	0,026	1,15	0,9	0,25
Фрагмент вала центральной зоны (№ 2)	2,22	2,40	0,52	0,022	0,01	0,20	0,47	0,12
150CrNiMo Сертификат	1,56	0,42	0,71	0,04	0,04	1,12	1,1	0,26
150ХНМ ГОСТ 5950	1,4–1,6	0,25–0,5	0,5–0,8	≤0,04	≤0,04	0,9–1,25	0,8–1,2	0,1–0,3

Как видно из таблицы, материал фрагмента вала подповерхностной зоны (№ 1) представляет собой сталь марки 150ХНМ согласно ГОСТ 5950 [6], что соответствует данным сертификата качества и требованиям технической документации; материал фрагмента вала центральной зоны (№ 2) представляет собой чугун, что не соответствует данным сертификата качества и требованиям технической документации.

Металлографическое исследование проводили на нетравленных поперечных микрошлифах, а также после их травления в реактивах «Nital» и растворе пикрата натрия с помощью инвертированного металлографического микроскопа отраженного света «OLYMPUS» с цифровой системой изображений.

В образце, вырезанном из подповерхностной зоны вала (№ 1), обнаружена микропористость (рис. 3, *а*). После травления микрошлифа в реактиве «Nital» было выявлено, что микроструктура состоит из сорбита отпуска, неравномерно распределенных участков карбидной эвтектики (ледебурита, в среднем около 5%) и вторичного цементита по границам зерен.

В образце, вырезанном из центральной зоны вала (№ 2), обнаружен чугуи с шаровидной формой графита (рис. 3, *б*). Микроструктура образца состоит из перлита, ледебурита, шаровидного графита и цементита.

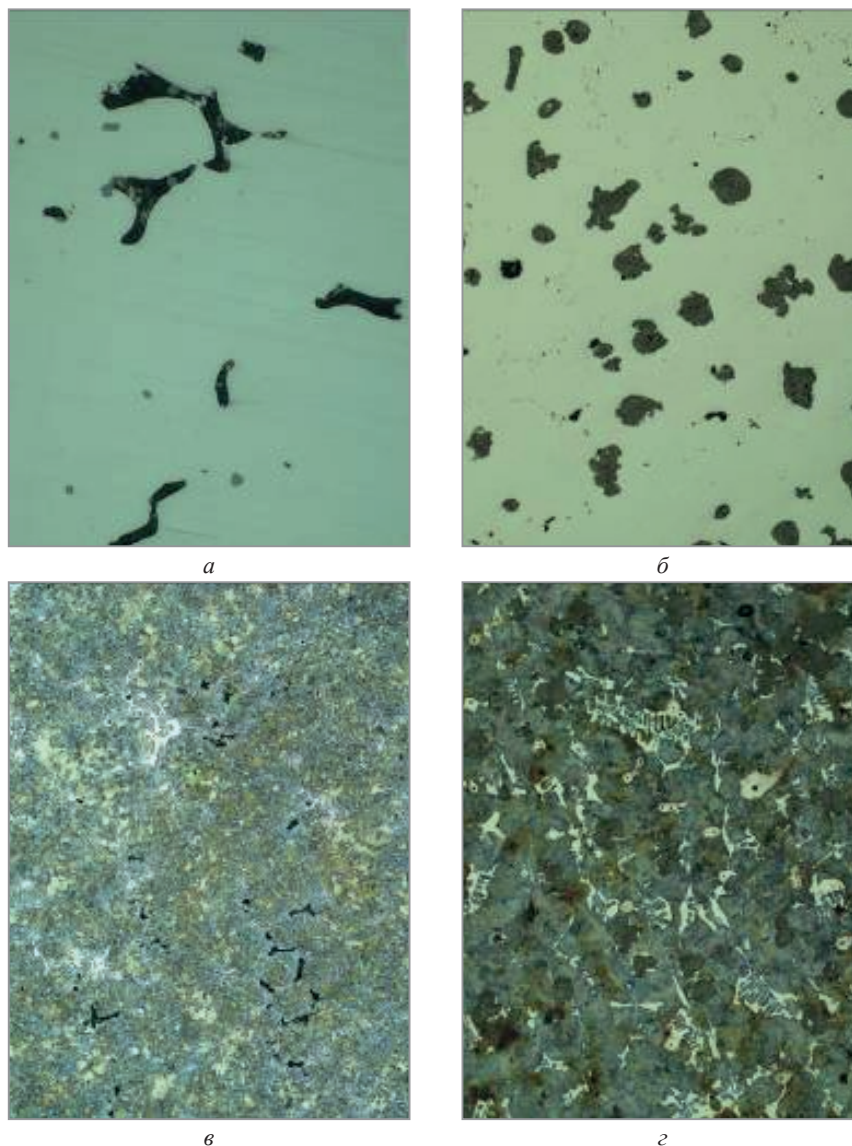


Рис. 3. Микроструктуры в поперечных микрошлифах: *а* – микропоры в зоне № 1 в нетравленном микрошлифе.  $\times 500$ ; *б* – микроструктура зоны № 1 после травления реактивом «Nital».  $\times 100$ ; *в* – микроструктура зоны № 2 на нетравленном микрошлифе.  $\times 500$ ; *г* – микроструктура зоны № 2 после травления в растворе пикрата натрия.  $\times 100$

Твердость поверхности фрагмента разрушенного вала составила 39 HRC (замер по Роквеллу), что составляет 52 HSh (замер по Шору) и соответствует значениям твердости, указанным в сертификате качества (54–54–52 HSh) и чертеже (55 HSh).

В технологической инструкции стана 150 указано, что для клеток черновой группы № 1–3, испытывающих наибольшие нагрузки, валки должны изготавливаться из стали марки 150ХНМ для обеспечения достаточного сопротивления повышенным нагрузкам.

Таким образом, после изучения излома, анализа химического состава и металлографического исследования можно сделать вывод о том, что разрушение опытного вала произошло по причине несоответствия марки материала вала требованиям технологической инструкции и нормативной документации для черновой группы клеток № 1–3.

Заказчик может защитить себя от поставки некачественного товара еще на этапе проведения испытаний опытной партии инструмента. Своевременно обнаруженные несоответствия закупаемых материалов, а также принятые оперативные решения позволяют обезопасить технологический процесс при производстве продукции.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство по качеству для внешних поставщиков ОАО «Могилевлифтмаш». [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.liftmach.by/upload/iblock.pdf>.
2. **Будагьянц Н. А., Карский В. Е.** Литые прокатные валки. М.: Metallurgija. 1983. 172 с.
3. Прокатные валки. Валки для прокатных станов: [электронный ресурс]–Режим доступа: [https://stellite-parts.ru/ru/rolling\\_equipment/mill\\_rolls/](https://stellite-parts.ru/ru/rolling_equipment/mill_rolls/)
4. **Гулидов, И. Н.** Оборудование прокатных цехов (эксплуатация, надежность): учеб. пособ. для студентов сред. спец. завед. / И. Н. Гулидов. М.: Интермет Инжиниринг, 2004. 320 с.
5. **Шестопалова, Л. П.** Методы исследования материалов и деталей машин при проведении автотехнической экспертизы: учеб. пособ. / Л. П. Шестопалова, Т. Е. Лихачева. М.: МАДИ, 2017. 180 с.
6. ГОСТ 5950–2000 Прутки, полосы и мотки из инструментальной легированной стали. Общие технические условия [электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200013>

#### REFERENCES

1. <https://www.liftmach.by/upload/iblock.pdf>.
2. **Budag'janc N.A., Karskij V.E.** *Litye prokatnye valki* [Cast rolls]. Moscow, Metallurgija Publ., 1983, 172 p.
3. [https://stellite-parts.ru/ru/rolling\\_equipment/mill\\_rolls](https://stellite-parts.ru/ru/rolling_equipment/mill_rolls)
4. **Gulidov I.N.** *Oborudovanie prokatnyh cehov (jekspluatacija, nadezhnost')* [Equipment for rolling shops (operation, reliability)]. Moscow, Intermet Inzhiniring Publ., 2004, 320 p.
5. **Shestopalova L.P., Lihacheva T.E.** *Metody issledovanija materialov i detalej mashin pri provedenii avtotekhnicheskoi jekspertizy* [Methods for the study of materials and machine parts during auto-technical expertise]. Moscow, MADI Publ., 2017, 180 p.
6. <http://docs.cntd.ru/document/1200013>