

Скобло Т.С.,  
Гринченко А.С.,  
Гончаренко А.А.,  
Сыромятников П.С.,  
Будаква В.В.  
Харьковский национальный  
технический университет  
сельского хозяйства  
имени П. Василенка,  
г. Харьков, Украина  
E-mail: alex-goncharenko@i.ua

## АНАЛИЗ СТОЙКОСТИ ВАЛКОВ РЕЛЬСОБАЛОЧНЫХ И СОРТОПРОКАТНЫХ СТАНОВ

УДК 621.791.927

*Выполнен статистический анализ эксплуатационной стойкости прокатных валков, при их использовании в однотипных станах и на различных металлургических заводах. Установлено, что они существенно отличаются из-за использования отличающихся материалов для их изготовления и условий эксплуатации. Выявлены основные факторы, влияющие на достоверную оценку эксплуатационной стойкости, и показано, что традиционные способы определения этой характеристики ее не обеспечивают. Предложен новый подход и метод оценки показателя эксплуатационной стойкости валков.*

**Ключевые слова:** прокатные валки, модифицирование, прокат, износ, износостойкость, кованные валки, чугунные низколегированные валки, модифицирование магнием.

**Вступление.** Одним из самых важных факторов, влияющих на срок службы валков, является способность их сопротивляться износу во время эксплуатации. Различные материалы обладают отличающейся способностью изнашиваться даже при одинаковых условиях эксплуатации. Интенсивность износа определяется, в первую очередь, величиной коэффициента трения и давлением металла на валки. Степень износа валков в определенном калибре пропорциональна суммарной длине прокатанного в нем металла за одну установку валков или в период между двумя переточками. Величина истирания валков разных диаметров при одинаковом давлении металла на валки, коэффициенте трения между прокатываемым металлом и материалом инструмента, а также при равной общей длине проката отличающегося сортамента - обратно пропорциональна диаметрам валков в комплекте, так как число оборотов, а, следовательно, количество и время контакта металла с определенным участком валка тем меньше, чем больше его диаметр.

**Постановка проблемы.** В связи с этим целью данного исследования явилась разработка методики и оценка эксплуатационной стойкости прокатных валков при производстве рельсов и сортового металлопроката.

**Результаты исследований.** При изучении износа валков из разных материалов, было сделано допущение, что температура прокатываемого металла в соответствующих калибрах практически являются постоянной.

Для сравнения стойкости валков разных станов, выбирали такие калибры, которые имеют примерно одинаковые вытяжки металла анализируемого сортамента. В этом случае величина износа валков из разных материалов, определяется только размером диаметров валков и суммарной длиной прокатанных профилей в одном калибре между двумя переточками. Предложен подход для оценки износостойкости валков.

Обозначим:  $G_1$ , и  $G_2$  – вес металла, отличающегося сортамента, прокатанного за период между двумя переточками  $k_2$ ;  $q_1$  и  $q_2$  – вес погонного метра металла, соответствующей площади сечения рассматриваемых калибров, кг;  $D_1$  и  $D_2$  – номинальные диаметры валков, рассматриваемых клетей, мм;  $n_1$  и  $n_2$  – количество выработанных одинаковых калибров между двумя переточками.

$$\frac{G_1}{q_1} \quad \frac{G_2}{q_2}$$

Тогда  $q_1$  и  $q_2$  будут обозначать суммарную длину прокатных полос между двумя переточками валков для сравниваемых клетей и показатель их стойкости в рассматриваемых клетях выразится зависимостью:

$$i = \frac{G_1 \cdot q_2 \cdot D_2 \cdot n_2}{q_1 \cdot G_2 \cdot D_1 \cdot n_1} \quad (1)$$

При  $n_2 = n_1 = 1$  формула приобретает следующий вид:

$$i = \frac{G_1 \cdot q_2 \cdot D_2}{q_1 \cdot G_2 \cdot D_1} \quad (2)$$

$$\frac{G_1}{L_1} \quad \frac{G_2}{L_2}$$

Так как  $q_1$  и  $q_2$  выражают суммарную длину раската, то обозначив эти выражения соответственно через  $L_1$  и  $L_2$ , формула (2) получит следующее выражение:

$$i_1 = \frac{L_1 \cdot D_2}{L_2 \cdot D_1} \quad (3)$$

Пользуясь формулами (1), (2) или (3) представляется возможным сравнивать стойкость валков из разных материалов и отличающейся технологии изготовления в случае прокатки одинаковых профилей в одних и тех же условиях, как, например, рельсы типа Р-50 и Р-65.

Сравнение стойкости валков разных профилей в настоящем исследовании не проводили, так как у них могут быть дополнительные факторы, влияющие на износ, а также связанные с особенностью профиля калибровки и условий прокатки.

Рассмотрим стойкость валков обжимных клетей. Практика показывает, что на обжимных клетях калибры вырабатываются в процессе прокатки не одинаково. По мере прохождения полосы проката через последующие калибры ее длина увеличивается, а температура - понижается.

Кроме того, требования к величине износа последних калибров предъявляются более жесткие, т.к. они должны обеспечить качество поверхности выпускаемого проката. В результате имеем, что первые калибры еще пригодны для дальнейшей работы, а последующие не обеспечивают получения правильного по форме профиля. В этих случаях вытачивают по 2 или более дублирующих калибров, для выпускных и предыдущих проходов металла. Однако полного соответствия между всеми калибрами получить не удается.

Для оценки стойкости выбирали такие калибры, которые имели наибольшую нагрузку, учитывая, что их износ при всех прочих равных условиях зависит от длины формируемого проката.

Практикуемая на заводах оценка стойкости в тоннах прокатанного металла на валок или в часах работы, их определяют весьма приблизительно, поскольку стойкость металла валков и качество их изготовления существенно отличаются. При этом, не учитывается ряд факторов как, например, количество одинаковых калибров на валке, преждевременные переточки по разным причинам, величина партии заказов проката, влияние диаметров валков и др. Рассмотрены статистические данные о количестве металла в тоннах и метрах, прокатанного одним калибром валка девяти обжимных клетей разных заводов производителей.

Сопоставление полученных значений длины раската в метрах в одном калибре с данными по количеству прокатанного металла в тоннах в том же калибре показывает совершенно иные соотношения, определяющие качество металла прокатных валков. Так, например, если сравнить обжимные валки стана 260мм, изготовленные из стали 55 ХН,

прокатавшие 3052т с обжимными валками из стали 55Х стана 585, прокатавшие 7650т то получается, что валки стана 585 более стойкие. Однако, сравнение стойкости их по мет-ражу приводит к совершенно противоположным выводам.

Тоже получается при сравнении валков обжимных станов 280 и 330 и стана 620.

При большем тоннаже, прокатанном за одну установку на стане 620, количество про-ката в метрах на один калибр значительно меньше, что указывает на более низкую их стой-кость.

Как указано, было выше, сравнение стойкости валков, изготовленных из различных материалов и имеющих разные диаметры и разное количество одноименных калибров, определяется по формулам (1), (2) или (3).

Анализом установлено, что более точные результаты достигаются, если сравнивать валки одной и той же клетки при прокатке одинаковых профилей, так как в этом случае условия производства мало отличаются друг от друга.

Однако, при выборе для сравнения валков разных станов также можно получить удо-влетворительные результаты, если учесть некоторые особенности их эксплуатации.

Рассмотрены данные о стойкости валков обжимных клеток разных станов, получен-ные расчетным путем по формуле 3. Сравнительные показатели стойкости рассмотрены по двум заводам.

За единицу стойкости, как в пределах одного завода, так и по всем заводам приняты клетки с наименьшими показателями стойкости.

Такую стойкость имеют валки из литой стали 45, а наилучшие показатели - кованные валки из 55 ХН. Кованные валки из стали 55Х имеют меньшую стойкость, чем кованные валки из стали 55. Таким образом, наиболее стойкими являются валки, изготовленные из стали 55ХН, которые следует рекомендовать для обжимных клеток заводов – потребите-лей этой продукции.

Следует отметить, что валки с упрочняющей наплавкой на 16% имеют более высо-кую стойкость, чем кованные валки из стали 55.

Обращает на себя внимание, что валки из одинакового материала на разных заводах имеют различные показатели стойкости, что может быть объяснено отличающимися усло-виями эксплуатации (способом подбора валков в комплект, периодами их ремонта пере-точкой, системой охлаждения).

Выполнено сравнение стойкости валков черновых и чистовых клеток рельсобалоч-ных станов двух заводов. Для определения сравнительной стойкости валков рельсобалоч-ных станов также использовали зависимости 1,2 и 3. Обработку результатов их стойкости использовали на основе паспортных и статистических данных.

Использовали также результаты оценки количества прокатанного металла на 1 мм съема диаметра валков, которые в известных условиях дают приблизительную качествен-ную характеристику их эксплуатационной стойкости.

Наряду с относительной стойкостью валков, оцененной по количеству прокатанного металла за одну установку, учитывали и общее количество металла, прокатанного ком-плектом за весь срок их службы. Эти данные характеризуют работу валков в результате влияния не только оценку по параметрам наработки, но и учитывают способ калибровки, охлаждения и других условий их эксплуатации.

Так, например, количество прокатанных рельсов за одну установку на двух заводах составляет соответственно 535 и 402т. или в метрах 12271 и 7960м каждого, т.е., на одном заводе стойкость валков почти в полутора раза больше, чем на втором. При этом, средний съем за одну переточку на первом заводе составляет 13,7 мм, а на втором - 5,7 мм. Общее число переточек валков до полного износа на первом заводе было 10, на втором заводе - 16. В результате за весь срок службы, в среднем, один чистовой калибр валков первого завода прокатал 5903 т рельсов типа Р-50, а на втором - 6736 т рельсов типа Р-65, или в

метрах соответственно 135390 и 133390. Таким образом, за весь срок службы один чистой калибр прокатал на обоих заводах почти одинаковое количество металла в метрах, т.е., валки обоих заводов имеют близкий по величине срок службы, но различную стойкость из-за сортамента проката. С учетом величины размера диаметров, сравнительный показатель деградации хромоникелевых чугуновых валков вычисленный по формуле (2) для второго завода равен единице, для первого - 1,41, т.е. стойкость валков из одинакового материала, на первом значительно выше, чем на втором.

На основании формул 1 и 2 вычислены сравнительные показатели стойкости валков черновых и чистовых клетей, изготовленных из разных материалов, при прокатке рельсов, швеллеров и балок.

Результаты расчета показывают, что наиболее стойкими валками для чистовых клетей при прокатке указанных выше профилей, являются низколегированные чугуновые валки из хромоникелевого чугуна, модифицированного магнием. В одном случае при прокатке швеллеров №30 такие валки оказались менее стойкими. Модифицированные магнием чугуновые валки, как при использовании их в чистовых клетях, так и в черновых показывают более высокую стойкость, чем низколегированные чугуновые валки без ввода этой присадки.

Следует отметить, что при обработке статистических данных о стойкости низколегированных чугуновых валков с магнием были рассмотрены материалы, относящиеся к периоду их освоения. В последнее время стойкость профилированных валков, модифицированных магнием, повысилась, и достигала 1000-1300 т. на один чистой калибр вместо 713 т. при прокатке рельсов Р-50.

При прокатке балки №27 также заметно увеличилось производство проката на один калибр за одну установку, что составило 2000-2300 т., вместо 1580т.

О стойкости валков в некоторых случаях судят по расходу их материала в кг. на тонну проката, или по количеству тонн прокатанного металла на 1мм съема диаметра валка при проточке.

Такой метод оценки стойкости нельзя считать правильным, в особенности, при сравнении качества валков разных станов и заводов.

Это связано с тем, что, если на различных станах прокатывают профили, у которых вес погонного метра сильно отличается друг от друга, и при одинаковой фактической стойкости валков расход материала валков на одну тонну проката будет заведомо меньше на стане, производящем более тяжелые профили металла.

Искажает картину стойкости также, то обстоятельство, что на разных заводах используют неодинаковое количество калибров (одноименных и не одноименных), что в свою очередь отражается на результатах расхода валков. Так, например, расход валков на чистой клети второго завода составляет всего 0,79кг/т, а расход, чугуновых валков, модифицированных магнием на первом заводе значительно выше и равен 1,51 кг/т. Вместе с тем, следует учесть, что на валках чистой клети первого завода расположено три чистовых и четыре черновых калибра, в то время, как на втором заводе имеется только три чистовых калибра. Вес валков чистой клети на первом заводе равен 32 - 33 т., а на втором - около 16 т.

Таким образом, расход валков в килограммах на тонну проката не отражает свойств материала валков, а является только одним из объектов для определения стоимости передела в прокатных цехах конкретных предприятий.

Выполнено сравнение показателя стойкости валков одного завода и по разным. В пределах одного завода и разных за единицу стойкости приняты валки с наименьшей стойкостью.

При сравнении стойкости валков чистовых клетей из-за наблюдающегося в последнее время стабильного их качества, за единицу принята стойкость валков предыдущих лет.



При этом отдельно сравнивали валки разных клетей по следующим причинам.

Известно, что после прокатки на чистовом калибре качество продукции тщательно проверяется не только цеховым персоналом, но и работниками ОТК.

Поэтому допускаемая выработка валков лимитируется необходимостью получения точного профиля без дефектов и на разных заводах она сравнительно мало отличается друг от друга.

Калибры черновых валков не подвергаются тщательному контролю, вследствие чего на разных заводах допускается различная их выработка, например, в зависимости от трудоемкости работы по смене калибров и валков, а также другим причинам.

Поэтому калибровку черновых клетей рекомендуется проводить отдельно с учетом условий их эксплуатации на разных заводах.

Выполнен анализ стойкость валков сортовых станов на первом заводе.

При этом учитывали среднее количество прокатанного металла за одну установку комплекта. Отдельно рассматривали каждый профиль на определенном стане и сравнивали валки из разных материалов.

На чистовой клети стана 330 наибольшую стойкость показали чугунные низколегированные валки, модифицированные магнием, которые оценивали по всем размерам угловой стали и швеллеру №5, а также стану 280.

На чистовой клети стана 500 при прокатке угловой стали 75x75мм использовали чугунные низколегированные валки, обработанные магнием, которые прокатали за одну установку меньшее количество металла, чем чугунные валки без модифицирования. Однако, при этом следует учесть, что всего учитывался только один комплект магниевых валков, испытанных впервые как опытные. То же повторилось при испытании валков из различного материала на стане 500 при прокатке рудничных рельсов. Первые три комплекта модифицированных валков имели меньшую стойкость, чем из других материалов. Модифицированные магнием валки также показали среднее количество проката за одну установку более высокую, чем характерная для инструмента из других материалов.

Таким образом, и на чистовых клетях сортовых станов целесообразно применять чугунные валки, обработанные магнием, что обеспечивает их более высокое качество (уменьшение неметаллических включений, повышение плотности металла, дробление графитовых включений и уменьшение локальных напряжений, благодаря воздействию на его форму).

**Выводы.** Выполнен сопоставительный статистический анализ эксплуатационной стойкости валков на различных предприятиях и однотипных по производству продукции прокатных станов. Для этого использовали традиционно принятые подходы к оценке износостойкости валков, которые показали не надежную их оценку, поскольку они не учитывают ряд технологических факторов производства и эксплуатации не только на одном предприятии, но и на разных. Исходя из этого, предложена иная методика оценки износостойкости валков, которая в большей мере может отражать эту характеристику.

#### **Литература:**

1. "Increasing the quality of rolling rolls of high – chromium cost iron by high – temperature heat treatment", T.S. Skoblo, E.N. Vishnykova, N.M. Mozharova, et all // Metal Sci. Heat Treat., - 32 (10),734-736 (1990).
2. Новая технология модифицирования при восстановлении изделия / Скобло Т.С., Сидашенко А.И., Гончаренко А.А., Марков А.В., Михайличенко А.С. // Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенко. Випуск 158/ Харьков, 2015. – С.3-8.
3. Теоретическая оценка особенностей структурообразования при вводе углеродсодержащих порошковых композиций в покрытие / Скобло Т.С., Сидашенко А.И., Гонча-

- ренко А.А., Марков А.В., Спольник А.И., Телятников В.В.// Науковий журнал, Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2016, №4/ Харків 2016. – С. 157-163.
4. Особенности структурообразования при модифицировании восстановленного слоя наплавкой / Гончаренко А.А., Романюк С.П., Полянский А.С., Омельченко Л.В., Коломиец В.В.// Науковий журнал, Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2017, №10/ Харків 2017. – С. 20-28.
  5. Розробка способу позапічного модифікування металу при виробництві високоміцного чавуну / Гончаренко О.О., Гончаренко Є.О., Коротун І.І.// Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка., Випуск 183/ Харків, 2017. – С. 151-154.

### Summary

**Skoblo T.S., Grynchenko A.S., Goncharenko A.A., Syromiatnikov P.S., Budakva V.V.** Analysis of the sustainability of rainbow and sort-property machines

*A statistical analysis of the operational stability of rolling rolls is performed, when used in the same type of mills and various metallurgical plants. It is established that they differ significantly due to the use of different materials and operating conditions. The main factors influencing the reliable estimation of operational stability are revealed and it is shown that traditional ways of determining this characteristic do not provide it. A new approach and a method for estimating the index of the operational stability of rolls are proposed.*

**Keywords:** rolling rolls, modification, rolling, wear, wear resistance, forged rolls, cast-iron low-alloy rolls, magnesium modification.

### References

1. “Increasing the quality of rolling rolls of high – chromium cost iron by high – temperature heat treatment”, T.S. Skoblo, E.N. Vishnykova, N.M. Mozharova, et all // Metal Sci. Heat Treat., - 32 (10),734-736 (1990).
2. A new technology for the modification of product restoration / Skoblo T.S., Sidashenko A.I., Goncharenko A.A., Markov A.V., Mikhailichenko A. C. // The Bulletin of the KhNTUSG named after P. Vasilenko. Issue 158 / Kharkiv, 2015. - p.3-8.
3. Theoretical estimation of structural formation features when introducing carbonaceous powder compositions into a coating / Skoblo T.S., Sidashenko A.I., Goncharenko A.A., Markov A.V., Spolnik A.I., Telyatnikov V.V. // Scientific journal, Technical service of agroindustrial, forestry and transport complexes. 2016, №4 / Kharkiv 2016. - P. 157-163.
4. The peculiarities of structuring during modification of the restored layer by surfacing / Goncharenko A.A., Romanyuk S.P., Poliansky A.S., Omelchenko L.V., Kolomiets V.V. // Scientific journal, Technical service for agro-industrial, forestry and transport complexes. 2017, №10 / Kharkiv 2017. - P. 20-28.
5. Development of the method of after-burning metal modification in the production of high-strength cast iron / Goncharenko O.O., Goncharenko Ye.O., Korotun I.I. / Bulletin of the KHNTUSG them. P. Vasilenko. Issue 183 / Kharkiv, 2017. - P. 151-154.