

*Ст.преп. Горецкий Ю.В.
канд. техн. наук, профессор Луценко В.А.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)
канд. техн. наук, доцент Луцкий М.Б.
(ОАО «АМК», г. Алчевск, Украина)*

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗНОСА ЯЩИЧНЫХ КАЛИБРОВ

Приведені результати теоретичних і експериментальних досліджень зносу ящиків калібрів, підтверджена адекватність показників інтенсивності зносу, одержаних теоретичним розрахунком, реальним параметрам зносу і можливість прогнозування характеру зносу в ящиків калібрах.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Эксплуатационные характеристики прокатных валков оказывают значительное влияние на производительность прокатных станов, качество и себестоимость продукции. Затраты на приобретение и обработку прокатных валков могут составлять до 20 % от общей стоимости передела. Значительный расход валков сортовых станов из-за их преждевременного износа и частых переточек снижает производительность процесса, а неравномерный износ отдельных участков ручьев калибров ухудшает качество поверхности проката, что влечет за собой необходимость его зачистки и снижает выход годного металла. Неравномерность износа вызывается формой калибров, неодинаковой работой трения и среднего удельного давления в разных частях калибра, различием температуры на поверхности прокатываемого металла, неравномерной твердостью поверхности калибра, поперечным течением металла, вызываемым неодинаковыми частными коэффициентами вытяжки в отдельных частях калибра, а также скольжением прокатываемого металла в калибре [1, 2].

Таким образом, актуальным является вопрос исследования износа, выявление влияния основных технологических параметров процесса на его величину и характер распределения по периметру калибра, определение возможности снижения или перераспределения износа с целью увеличения срока службы валков, а, следовательно, снижения себестоимости продукции.

Решить проблему снижения износа прокатных валков и увеличения продолжительности их эксплуатации можно путем поиска рационального соотношения геометрических параметров калибров применительно к конкретным условиям прокатки.

Анализ исследований и публикаций. На величину и характер распределения износа калиброванных валков влияние оказывает большое число факторов. В значительной мере стойкость валков определяется калибровкой (формой и размерами калибров) [3, 4]. При прочих равных условиях стойкость валков будет тем выше, чем лучше схема калибровки отвечает одному из основных условий – равномерной высотной и поперечной деформации металла в калибрах.

В связи со сложностью проведения экспериментальных исследований в промышленных условиях актуальным становится применение математических моделей.

Постановка задачи. Исследовать характер износа ящичных калибров при прокатке квадратной заготовки в промышленных условиях и проверить адекватность результатов, полученных аналитическим расчетом с экспериментальными данными.

Изложение материала и его результаты. На условия деформации металла в ящичных калибрах и их износ в значительной степени влияют выпуск калибра, его форма, глубина ручья, радиус закругления между боковой стенкой и дном.

В условиях сортового цеха ОАО «АМК» провели работу, направленную на совершенствование калибровки квадрата 100 клетей стана 600 для увеличения продолжительности работы валков. При этом были исследованы калибры действующей системы калибровки, а также предлагаемые калибры новой конструкции. Отличительной особенностью новых калибров является уменьшенная глубина вреза и двойной выпуск [6]. Действующая и предлагаемая форма калибра чистовой клетки для прокатки заготовки сечением 100х100 мм приведены на рисунке 1.

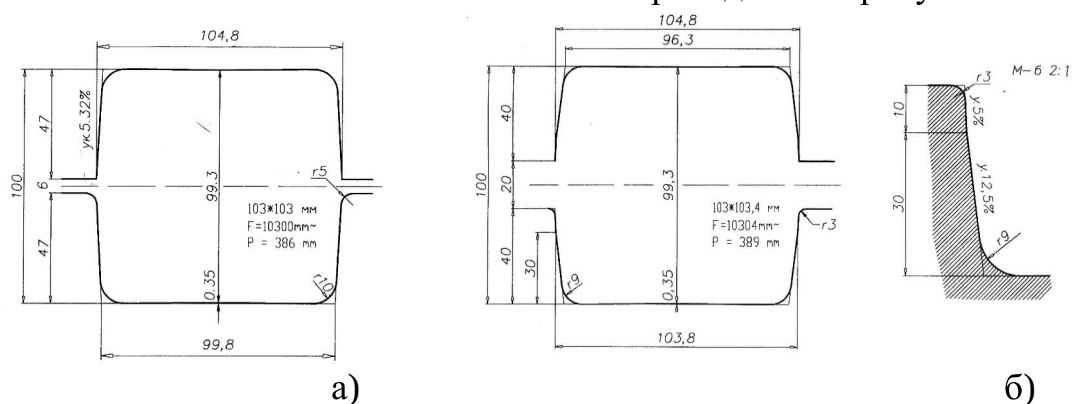


Рисунок 1 – Ящичный калибр с постоянным выпуском (а) и с двойным выпуском (б)

В результате проведенной работы установлено, что на стойкость валков значительное влияние оказывает глубина ручья, величина и форма выпуска калибра.

Применение калибров с двойным выпуском дает целый ряд преимуществ, о которых упоминалось в предыдущих статьях [7, 8, 9].

Для определения влияния одного из параметров калибровки, а именно наличия двойного выпуска на стойкость прокатных валков, была проведена опытно-промышленная прокатка в калибрах новой формы. Результаты работы показали, что применение двойного выпуска позволило снизить съем металла за одну переточку более чем на 40 % и тем самым увеличить число переточек, т.е. долговечность валков [7].

Для определения влияния отдельных элементов формы калибров, а именно, соотношение высот большого и малого выпусков; их величины на стойкость калибров, для исследования динамического развития износа по поверхности калибра применение экспериментальных исследований очень дорогостоящее мероприятие. В связи с этим необходимо использование методик, позволяющих аналитическим путем исследовать износ калибров, их стойкость в разных условиях при изменении одного из элементов калибровки.

Совместно с сотрудниками кафедры ОМД ДГТУ (г.Днепропетровск) было проведено исследование работы ящичных калибров чистовой клетки стана 600. С помощью разработанного ими пакета программ [10], реализующего расчет напряженно-деформированного состояния металла при прокатке в калибрах на основе метода конечных элементов, выполнено исследование влияния формы выпуска на износ валков. Расчет проведен для чистовой клетки при прокатке заготовки 100x100 мм в условиях действующей и предлагаемой технологии.

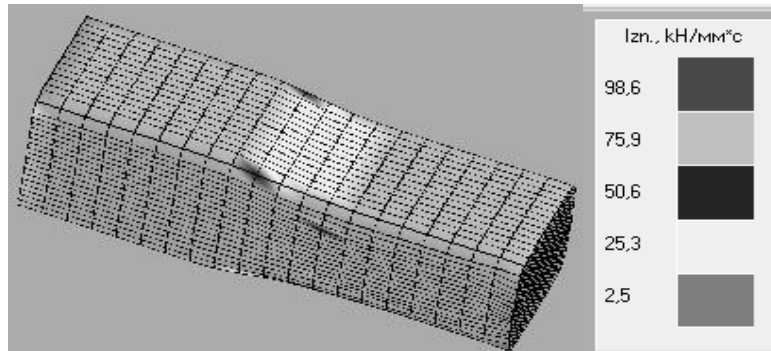
За параметр, характеризующий интенсивность износа, принята величина I_{ZN} , кН/мм·с, которая определяется как произведение напряжения и скорости скольжения. Результаты расчета выводятся в виде трехмерной схемы заготовки находящейся в очаге деформации (рис. 2). На поверхности заготовки отображается поле распределения параметра износа в характерных местах контакта металла с валком. Интенсивность параметра износа отображается различным цветом. Так как интенсивность износа и длина пути контакта металла с поверхностью калибра в различных участках калибра не одинакова, то представляет интерес определение среднего значения параметра износа в различных элементах калибра по его периметру. Расчет среднего значения параметра износа (U_{cp}) для каждого участка калибра проводили по следующей зависимости:

$$U_{cpn} = \frac{\ell_i \cdot I_{znk} + \ell_{i+1} \cdot I_{znk}}{\ell_i + \ell_{i+1}}. \quad (1)$$

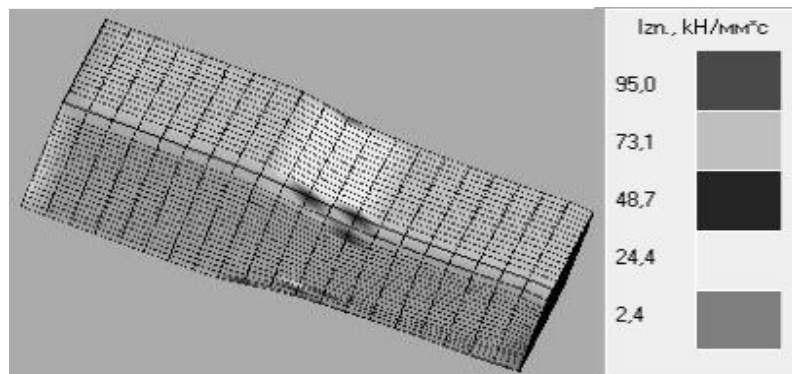
где U_{cpn} – среднее значение параметра износа на n -ом участке поверхности калибра;

ℓ_i – длина рассматриваемого элементарного участка в зоне контакта заготовки с поверхностью калибра;

I_{znk} – параметр характеризующий износ k -ой интенсивности



а)



б)

Рисунок 2 – Деформация полосы в ящичном калибре с одним уклоном (а) и с двумя уклонами (б)

Результаты расчета среднего значения параметра интенсивности износа (U_{cp}) для каждого участка калибра приведены на рисунке 3. Расчет велся для пяти участков по высоте выпуска калибра и по четырнадцати участкам дна калибра.

На рисунке 4 представлены экспериментальные данные по измерению величины износа по действующей и предлагаемой калибровкам. Замеры износа проводились в двух точках по высоте выпуска калибра и в трех точках дна калибра.

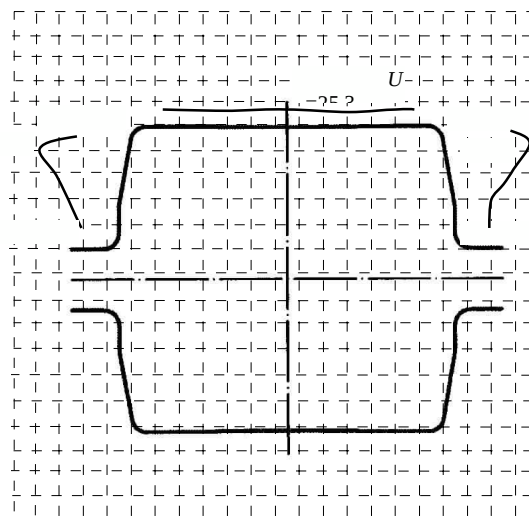
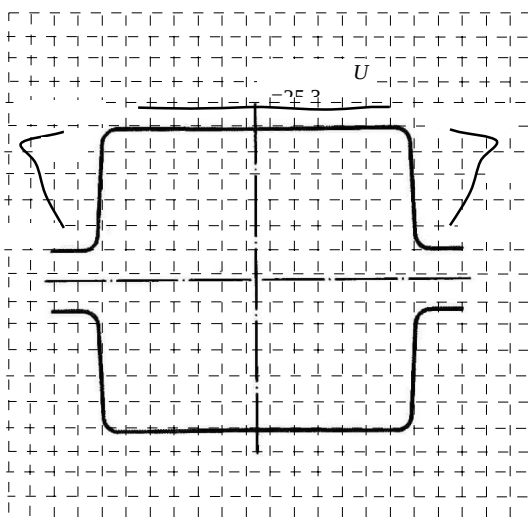


Рисунок 3 – Среднее значение параметра интенсивности износа (U_{cp}) для отдельных участков калибра с одним уклоном (а) и с двумя уклонами (б)

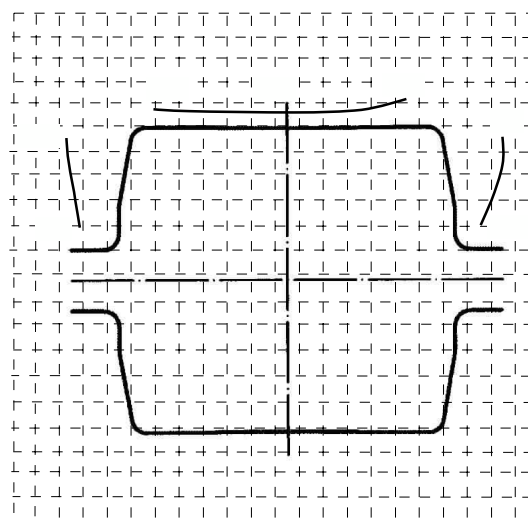
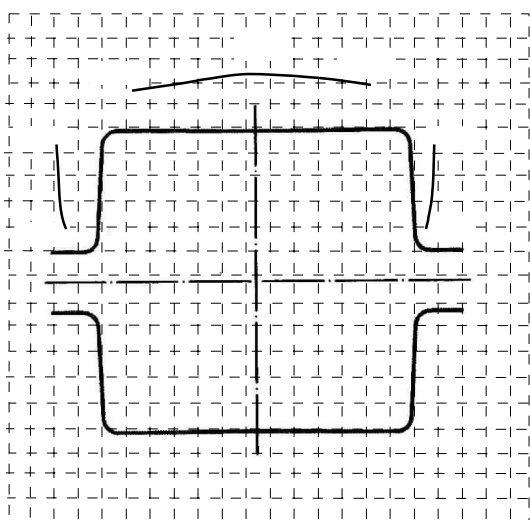


Рисунок 4 – Среднее значения экспериментальных замеров величины износа (мм) для отдельных участков калибра с одним уклоном (а) и с двумя уклонами (б)

Сравнение полученных результатов свидетельствует, что расчетные и экспериментальные данные в значительной степени согласуются. Результаты замеров, подтвержденные теоретическим расчетом, указывают на то, что абсолютная величина износа боковой стенки в калибре новой конструкции возрастает. Но из-за увеличения выпуска в новом калибре на участке, прилегающем к дну калибра, съем металла при пе-

реточке значительно снижается и тем самым увеличивается срок службы валков. Участки, в которых проявляется повышенный износ, находятся в зонах прилегающих к углам калибра. Это можно объяснить тем, что на этих участках наиболее велики относительные и абсолютные обжатия и отмечается максимальное боковое течение металла, а также на этих участках заготовки наблюдается максимальное уширение и как следствие, повышенное давление металла на валки. Это подтверждается данными, приведенными в работе [9].

Результаты проведенного исследования указывают, что распределение уширения по высоте неравномерно. По всей высоте заготовки уширение принимает положительное значение. Наибольшее уширение наблюдается в слоях близких к контактному. Интенсивность развития уширения в приконтактных слоях выше, чем в средних слоях.

Полученное распределение уширения по высоте заготовки свидетельствует, что при деформации подобной заготовки в ящичном калибре, активное воздействие (повышенное давление) металла на боковые стенки калибра будет происходить на участках, прилегающих к дну калибра, т. е. по линии максимального уширения, которая находится приблизительно на высоте $0,8h$ (где h – высота заготовки в плоскости выхода из валков). Следовательно, в зоне калибра, находящейся на данной высоте, будет наблюдаться повышенная выработка калибра. Это подтверждается экспериментальными данными (рис. 4).

Зона с максимальной выработкой калибра также подтверждается и результатами работы [11]. Результаты расчета скольжения свидетельствуют, что по дну калибра и на небольшом участке боковой грани скольжение имеет положительный характер. По мере приближения к месту разъема валков опережение уменьшается и принимает отрицательное значение. Скольжение равно нулю на боковой стенке калибра наблюдается на расстоянии ~ 20 мм ($\sim 0,8h$) от дна калибра. В зоне смены знака скорости скольжения, возможно наличие зоны прилипания (происходит адгезия металла валка и заготовки), что приводит к повышенному износу калибров в этих участках и появлению дефекта по «подрезу».

Выводы и направление дальнейших исследований. Разработанный пакет программ для расчета интенсивности износа ящичных калибров дает результаты, хорошо отражающие реальные показатели износа, и, следовательно, их можно использовать для прогнозирования характера износа калибров, в условиях изменения формы калибров.

В дальнейшем необходимо провести исследования влияния соотношения высот большого и малого выпусков, и их размеров на стойкость калибров.

Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований износа ящичных калибров, подтверждена адекватность показателей интенсивности износа, полученных теоретическим расчетом, реальным параметрам износа и возможность прогнозирования характера износа в ящичных калибрах.

The results of theoretical and experimental researches of wear of box calibers are resulted, adequacy of the indexes of intensity of wear, got a theoretical calculation, is confirmed, to the real parameters of wear and possibility of prognostication of character of wear in box calibers.

Библиографический список.

1. Нергер Д. Исследование износа валков. // Сборник статей. Калибровка прокатных валков. Материалы международного съезда по калибровке прокатных валков. – М., 1965.
2. Шнееров Б.Я., Скобло Т.С., Гунин И.В., Парфенюк В.К., Молчанов М.М., Гольдин М.Л. Механизм износа валков горячей прокатки и пути повышения их износостойкости. // Сборник трудов. Украинский научно-исследовательский институт металлов. Выпуск XVIII. – М.: Металлургия, 1970. – 360 с.
3. Чекмарев А.П., Мутьев М.С., Машковцев Р.А. Калибровка прокатных валков. – М.: Металлургия, 1971. – 512 с.
4. Северденко В.П. и др. Валки для профильного проката / В.П. Северденко, Ю.Б. Бахтинов, В.Б. Бахтинов. – М.: Металлургия, 1979. – 224 с.
5. Смирнов В.К., Шилов В.А., Инатович Ю.В. Калибровка прокатных валков. М.: Металлургия, 1987. – 367 с.
6. Ящичный калибр. Пат. 37669 UA МКИ В21В 1/02. Опубл. 15.05.2001. Бюл. № 4. М.Б. Луцкий, И.К. Дорожко, В.А. Луценко, А.А. Чичкан, Ю.В. Горецкий и др.
7. Луценко В.А., Луцкий М.Б., Горецкий Ю.В. Анализ условий работы ящичных калибров. – *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2002. – №8-9. – С. 318-321.
8. Горецкий Ю.В., Луценко В.А., Луцкий М.Б., Дорожко И.К., Чичкан А.А. Влияние формы ящичного калибра на эффективность его использования. – *Труды четвертого конгресса прокатчиков*. – Магнитогорск: Черметинформация, – 2002.
9. Горецкий Ю.В., Луценко В.А., Луцкий М.Б. Исследование возможности повышения эффективности эксплуатации ящичных калибров. – *Тематичний збірник наукових праць*. – Краматорськ, 2004 р. – С. 535-538.

10. Еришов С.В. Исследование влияния вида вариационного функционала на расчет деформированного состояния при продольной прокатке профилей. – Тематичний збірник наукових праць. – Краматорськ, 2004 р. – С. 475-480.

11. Горецкий Ю.В., Луценко В.А., Луцкий М.Б. Связь скольжения с износом ящичного калибра. – Тематичний збірник наукових праць. – Краматорськ, 2005 р.