

**Д.Г.Паламарь**

*Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова НАН Украины,*

**ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЯЩИЧНОГО КАЛИБРА НА  
ИНТЕНСИФИКАЦИЮ ДЕФОРМАЦИИ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ЗОН СЕЧЕНИЯ  
РАСКАТА ИЗ НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ**

Целью являлось исследование влияния элементов ящичных калибров прокатных валков на проникновение деформации в центральные слои непрерывно-литой заготовки. Показано, что путем изменения параметров сортовых калибров различного типа можно влиять на напряженно – деформированное состояние раската в очаге деформации. В качестве критерия использовали степень деформации раската в его центральной части, рассчитанную методом конечных элементов с учетом сдвиговой составляющей. Установлено, что существенное влияние на проникновение деформации в центральные слои раската оказывают угол наклона стенки калибра и глубина вреза в валки. Величина радиусы скругления вершины калибра и по разьему калибра оказывают меньшее влияние.

**Ключевые слова:** калибры прокатных валков, деформация центральных слоев непрерывно-литой заготовки

При переводе действующих сортовых станов на непрерывнолитую заготовку с целью устранения дефектов литой структуры и максимальной интенсификации проработки центральной зоны раската рекомендуется осуществлять наибольшие обжатия в первых проходах [1, 2]. При этом в условиях действующих непрерывных мелкосортных станов в первых проходах наиболее часто применяются ящичные калибры. В тоже время в литературе недостаточно полно отражено влияние элементов ящичных калибров на распределение деформации по сечению раскатов.

**Целью** настоящего исследования являлось установление влияния элементов ящичных калибров на проникновение деформации в центральные слои раската.

**Методика исследования.** Исследование проведено под руководством д.т.н. С.А. Воробья с применением пакета программ, разработанного С.В. Ершовым, которые основаны на методе конечных элементов [3]. В качестве показателя деформационной проработки раската использовали степень деформации в его центральной части, рассчитанную с учетом ее сдвиговой составляющей. В качестве исследуемых были выбраны следующие элементы ящичного калибра: радиус скругления по вершине калибра, радиус скругления по разьему калибра, глубина вреза в валки, угол наклона стенки калибра. Кроме того, исследовали влияние диаметра валков. Схема ящичного калибра представлена на рис.1. Значения исследуемых параметров, принятые при моделировании процесса прокатки, приведены в таблица. Для всех вариантов расчета размер

исходной заготовки 160×160 мм, температура заготовки перед клетью 1050<sup>0</sup>С, скорость прокатки 0,5 м/с, материал – сталь марки СтЗсп.

Таблица. Значения параметров, принятые при моделировании процесса прокатки в ящичном калибре

Наименование параметров	Значения параметров	
	базовое	диапазон варьирования
диаметр валков по буртам, мм	600	500 - 700
глубина вреза в валки, мм	51,5	47 - 54
радиус скругления по вершине калибра, мм	14	12 - 16
радиус скругления по разъему калибра, мм	12,6	10 - 14
угол наклона стенки калибра, град.	11	7 - 17
степень деформации по вершине калибра, %	30	20 - 30

**Основные результаты исследования.** Расчетное распределение степени деформации по сечению раската на выходе из очага деформации при прокатке в ящичном калибре с базовыми значениями параметров показано на рис.2. На рис.3 показаны результаты моделирования процесса прокатки с различными значениями параметров ящичного калибра. На рис.4 показано изменение степени деформации центральной зоны раската в зависимости от исследуемых параметров ящичного калибра. Как видно из рис.4 при изменении радиуса скругления по вершине калибра от 12 до 16 мм степень деформации центральной зоны раската уменьшается с 21,5 до 17,7%. При изменении радиуса скругления по разъему калибра от 10 до 14 мм степень деформации центральной зоны раската возрастает с 17,5 до 21,3%.

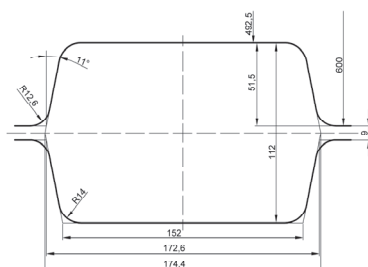


Рис.1. Схема ящичного калибра (базовый вариант)

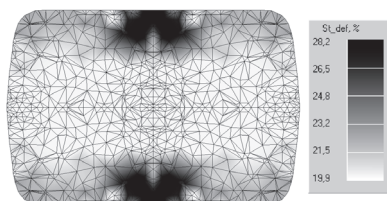


Рис.2. Распределение степени деформации по сечению раската на выходе из очага деформации при базовых значениях параметров ящичного калибра

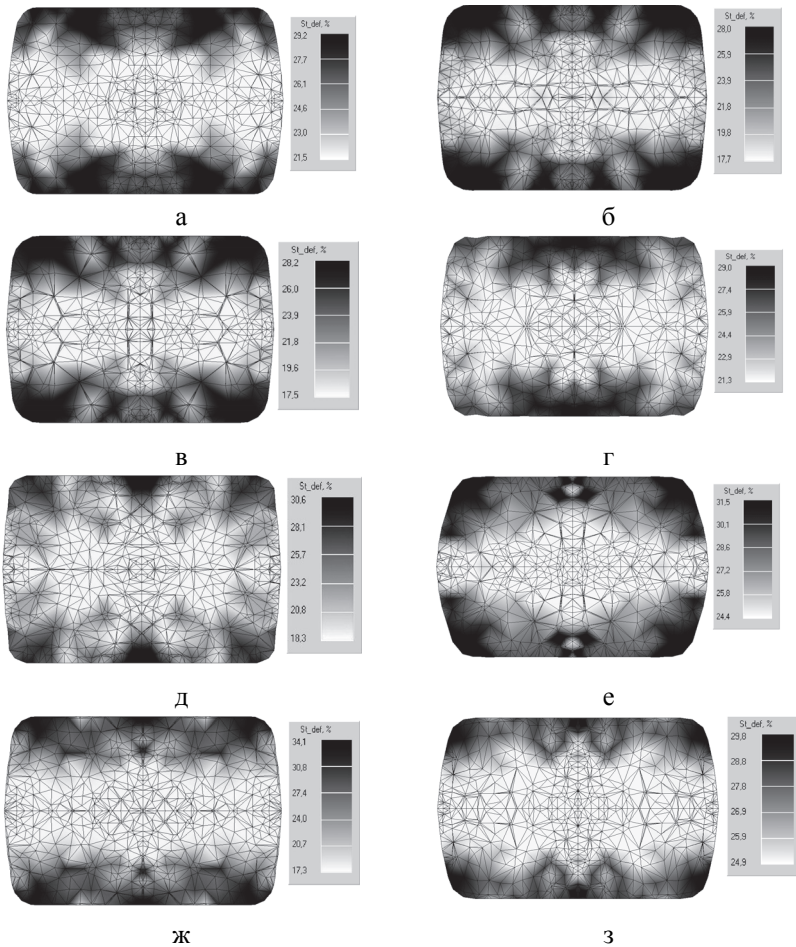


Рис.3. Влияние параметров ящичного калибра на распределение степени деформации по сечению раската на выходе из очага деформации. а)– радиус скругления по вершине калибра – 12 мм, б) – 16 мм; в) – радиус скругления по разъему калибра – 10 мм, г – 14 мм; д) – угол наклона стенки калибра –  $7^{\circ}$ , е –  $17^{\circ}$ ; ж) - глубина вреза в валки – 47 мм, з) – 54 мм

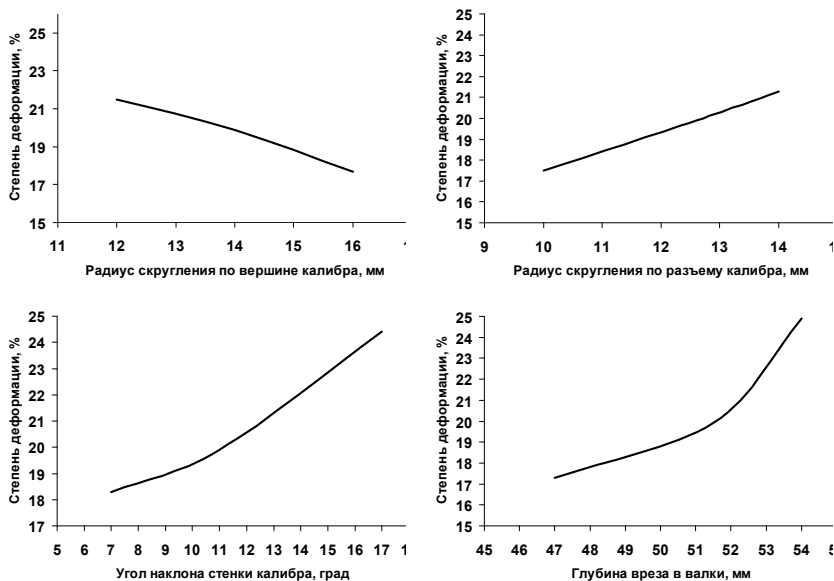


Рис.4. Влияние параметров ящичного калибра на распределение степени деформации по сечению раската на выходе из очага деформации

Влияние угла наклона стенок ящичного калибра на степень деформации центральных зон раската аналогично влиянию радиуса скругления по разьему калибра. Однако повышение угла наклона стенок ящичного калибра позволяет более существенно повысить обжатие центральных зон раската, поскольку, чем больше угол наклона стенок, тем интенсивнее обжимаются боковые части раската. В нашем случае, при увеличении угла наклона стенок ящичного калибра от 7 до 17° степень деформации центральной зоны раската возросла с 18,3 до 24,4%.

При изменении глубины вреза в валки от 47 до 54 мм степень деформации центральной зоны раската увеличивается с 17,3 до 24,9%. Это вызвано тем, что при неизменных углах наклона боковых стенок калибра, увеличение глубины вреза в валки обеспечивает большее обжатие верхних и боковых слоев раската, которые, в свою очередь, воздействуют и на центральные зоны раската.

Анализ результатов моделирования процесса прокатки в ящичном калибре в валках разного диаметра показывает, что с увеличением диаметра валков степень деформации центральной зоны раската повышается, что соответствует известным положениям теории прокатки. В нашем случае при увеличении диаметра валков с 500 до 700 мм степень деформации центральной зоны раската увеличилась с 18 до 22 %.

Влияние степени деформации по вершине калибра определяли при различных значениях угла наклона стенок калибра и глубины вреза в валки. Значения остальных параметров калибра соответствует базовому варианту. Результаты расчетов показаны на рис.5.

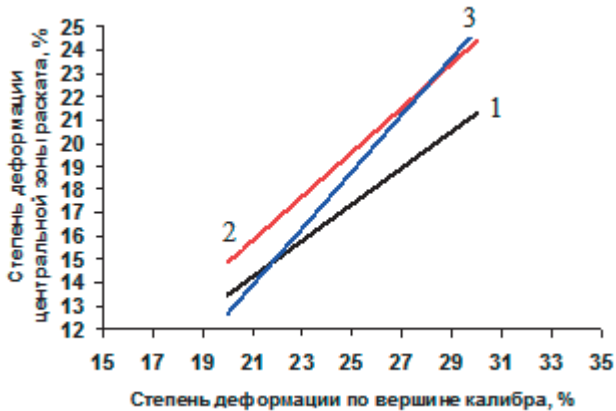


Рис.5. Зависимость степени деформации центральной зоны раската при прокатке в ящичном калибре от степени деформации по вершине калибра.  
 1 – угол наклона стенок калибра  $11^\circ$ , глубина вреза 51,5 мм;  
 2 – угол наклона стенок калибра  $17^\circ$ , глубина вреза 51,5 мм;  
 3 – угол наклона стенок калибра  $11^\circ$ , глубина вреза 54 мм

**Выводы.** Проведенные исследования показали, что путем изменения параметров сортовых калибров различных типов можно влиять на напряженно – деформированное состояние раската в очаге деформации, в частности, интенсифицировать обжатие центральной зоны раската для снижения дефекта «центральная пористость». Установлено, что постоянной степени деформации по вершине калибра наиболее существенное влияние на проникновение деформации в центральные слои раската оказывают угол наклона стенки калибра и глубина вреза в валки. На проникновение деформации в центральные слои раската оказывают влияние также радиус скругления по вершине калибра и радиус скругления по разьему калибра, но в меньшей степени, чем первые два фактора.

1. *Карпов Е.В.* Рекомендации по производству сортового проката с минимальной осевой ликвацией из непрерывнолитой сортовой заготовки / *Е. В. Карпов, А. А. Завьялов, В. Г. Логинов [и др.]* // Труды IV Конгресса прокатчиков. – М.: ОАО «Черметинформация». – 2002. – С. 327-330.
2. *Луценко А.Н.* Режимы деформации непрерывнолитой заготовки при производстве сортового проката из нерадовых сталей / *А. Н. Луценко, В. А. Монид, Э. А. Гарбер [и др.]* // Труды V Конгресса прокатчиков. – М.: ОАО «Черметинформация». – 2004. – С. 197 – 200.
3. *Ершов С. В.* Развитие теории напряженно-деформированного состояния металла при прокатке крупных круглых профилей с пониженным трещинообразованием в системах сортовых калибров: диссертация на соискание ученой степени доктор технических наук: 05.03.05 / *С. В. Ершов* – Днепродзержинск, 2008. – 339 с.

*Статья рекомендована к печати  
докт. техн. наук И.Ю. Приходько*

### ***Д.Г.Паламарь***

#### **Вплив елементів ящикового калібру на інтенсифікацію деформації центральних зон перерізу розкату з безперервнолітої заготовки**

Метою дослідження є вивчення впливу елементів ящикових калібрів прокатних валків на проникнення деформації в центральні шари розкату з безперервно літої заготовки. Показано, що шляхом зміни параметрів сортових калібрів різного типу можна впливати на напружено-деформований стан розкату в осередку деформації. Як критерій використовували ступінь деформації розкату в його центральній частині, розраховану методом кінцевих елементів з урахуванням складової зсуву. Встановлено, що істотний вплив на проникнення деформації в центральні шари розкату надають кут нахилу стінки калібру і глибина врізу у валки. Величини радіусів у вершині калібру і по роз'єму калібру є менш впливовими.