

*Данько Н.А.
(ДонГТУ, Алчевск, Украина)*

ПОВЫШЕНИЕ ДОПУСТИМОГО МОМЕНТА В КЛЕТЯХ КВАРТО

Наведено результати розробки нового підходу до підвищення припустимого моменту при прокатці в клітях кварто за рахунок застосування робочих валків із сталі з чавунними бандажами.

***Ключові слова:** кліть кварто, момент прокатки, робочі валки, температурне поле, бандаж, механічне з'єднання .*

Представлены результаты разработки нового подхода к повышению допустимого момента при прокатке в клетях кварто за счет применения рабочих валков из стали с чугунными бандажами.

***Ключевые слова:** клеть кварто, момент прокатки, рабочие валки, температурное поле, бандаж, механическое соединение.*

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Для клетей кварто характерно существенное ограничение диаметра приводного конца рабочих валков из-за их малого диаметра. Это приводит к ограничению и передаваемого от двигателей крутящего момента. В то же время технология кинематически асимметричной прокатки [1] ведет к необходимости существенного повышения передаваемых моментов, поскольку при рассогласовании скоростей валков происходит перераспределение моментов, и ведущий валок может принимать на себя весь момент прокатки [2]. Кроме того, и при симметричной прокатке в момент захвата, как известно [3], момент кратковременно увеличивается в 3÷4 раза, что приводит к более быстрому выходу валков из строя вследствие потери циклической прочности. Поэтому задача повышения допустимых моментов в клетях кварто является актуальной.

Анализ исследований и публикаций. С целью повышения стойкости рабочих валков кварто от износа их делают чугунными. Однако прочность обычно применяющихся чугунов в 1,6÷1,8 раза меньше, чем легированной стали, что и создает проблему. Применение стальных валков недопустимо из-за их быстрого износа, ведущего к искажению профилировки.

Известны составы легированных чугунов, по прочности не уступающих легированным сталям. Но их стоимость настолько велика, что

использование в качестве материала рабочих валков экономически не целесообразно. Поэтому институтом электросварки им. Е.Патона разработана технология электрошлаковой наплавки стальных валков чугуном, позволяющая разрешить данное техническое противоречие [4]. К сожалению, единственная, имеющаяся камера электрошлаковой наплавки (на ЗАО НКМЗ, г.Краматорск), имеет ограниченные размеры, что не позволяет наплавлять в ней валки таких крупных станков, как ТЛС 3000 ОАО «АМК». Создание камер большего размера экономически не целесообразно из-за малого количества заказов.

Известна также конструкция бандажированных валков, у которых центральная часть (ось) может быть выполнена из одного материала, а сам бандаж – из другого [5]. Бандажирование широко применяется при производстве опорных валков крупных станков [6]. Однако бандажирование рабочих валков не получило распространения, т.к. существует мнение, что весьма неравномерное и нестационарное температурное поле рабочих валков не позволяет создать посадку бандажа на ось такую, которая бы обеспечивала не проворачивание бандажа относительно оси при любых технологических условиях эксплуатации валков. Поэтому возникла необходимость в разработке нового способа соединения чугунного бандажа со стальной осью рабочих валков клетей кварто, который бы решал данную проблему.

Постановка задачи. Задачей данной работы явилось изыскание способа соединения чугунного бандажа со стальной осью рабочего вала, обеспечивающего надежное их сочленение при изменяющейся в результате изменения условий прокатки температуре бандажа и вала.

Изложение материала и его результаты. Предлагается выполнять сочленение бандажа с осью вала посредством механической связи по типу шлицевого соединения, как это показано на рисунке 1.

Поскольку для прокатки требуется высокая точность центрирования бандажа и вала, то следует применять центрирование по внутреннему диаметру d вала [7].

Оценим возможность такого бандажирования на примере чистой клетки кварто ТЛС 3000 ОАО АМК. Ее параметры: длина бочки – 3000 мм; диаметр рабочих валков D_B : 840÷900 мм; диаметр шеек $d_{ш}$ – 540 мм; диаметр приводного конца $d_{пр}$ – 525 мм; материал – серый чугун; максимальный момент на одном валке $M_{кр}$ – 1,5 МНм. Примем, что толщина бандажа до первой переточки – 68 мм. Тогда внутренний диаметр бандажа $d = 764$ мм. При ширине каждого шлица $b = 60$ мм на окружности диаметром d может разместиться 20 шлицов.

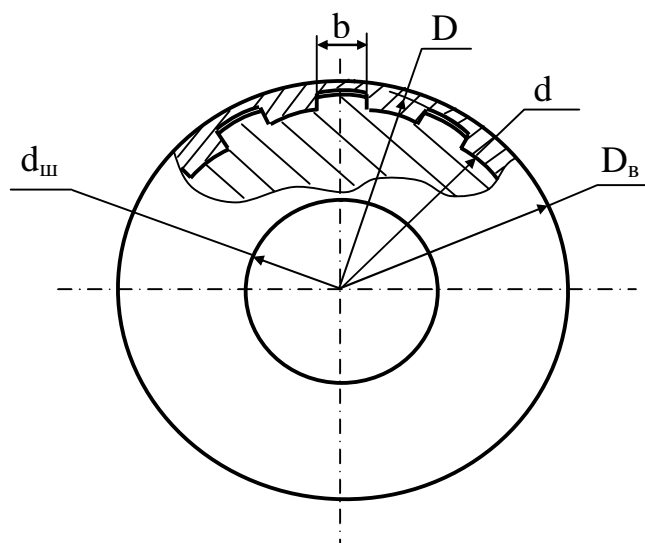


Рисунок 1 – Соединение бандажа с осью валка механической связью

Примем в первом приближении, что высота шлица $h = 8$ мм. Тогда напряжение смятия на каждом шлице при максимальном моменте:

$$\sigma_{см} = \frac{2M_{кр}}{d_c \cdot z \cdot h \cdot l_{ш} \cdot \psi} = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 10^9}{768 \cdot 20 \cdot 8 \cdot 3000 \cdot 0,7} = 11,7 \leq [\sigma_{см}],$$

где d_c – средний диаметр шлицевого соединения, мм;

z – число шлицов;

$l_{ш}$ – длина шлица, мм;

ψ – коэффициент неравномерности распределения нагрузки между шлицами;

$[\sigma_{см}]$ – допустимое напряжение на смятие. Для чугуна - 80 МПа [8].

Т.о. предложенное соединение вполне способно обеспечить передачу максимального крутящего момента от оси валка к металлу через бандаж. Однако проблемой может оказаться посадка столь длинного бандажа на вал. Очевидно, что при монтаже посадка должна быть, как минимум, легкоходовой. Но при прокатке проворачивание бандажа относительно вала крайне нежелательно. Преодоление этого технического противоречия возможно благодаря разным коэффициентам линейного расширения чугуна и стали. Согласно [9], у высоколегированной стали, из которой следует изготавливать ось валка, $\alpha_{ст} = 16,0 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$; а у серого чугуна $\alpha_{чуг} = 10,0 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$. Т.к. $\alpha_{ст} > \alpha_{чуг}$, то выполнив ширину шлицов b при «комнатной» температуре 20°C меньшей, чем ширина пазов у бандажа, сможем обеспечить их плотное соединение при рабочей

температуре валков. Чтобы определить, насколько \mathbf{b} шлицов должна быть меньшей, выясним характер температурного поля валков станов горячей прокатки.

В работе [10] приведены результаты исследований температурных полей валков станов горячей прокатки. Установлено, что температурные поля действительно весьма неравномерны, причем квазистационарное состояние устанавливается уже после 4-го прохода. Во всех случаях температурное поле четко разделяется на т.н. активную зону (у поверхности контакта) и основную. При каждом новом обороте валка поле в активной зоне повторяется, а в основной – не меняется. На рисунке 2 представлено температурное поле рабочего валка стана горячей прокатки при прокатке с углом захвата δ^0 .

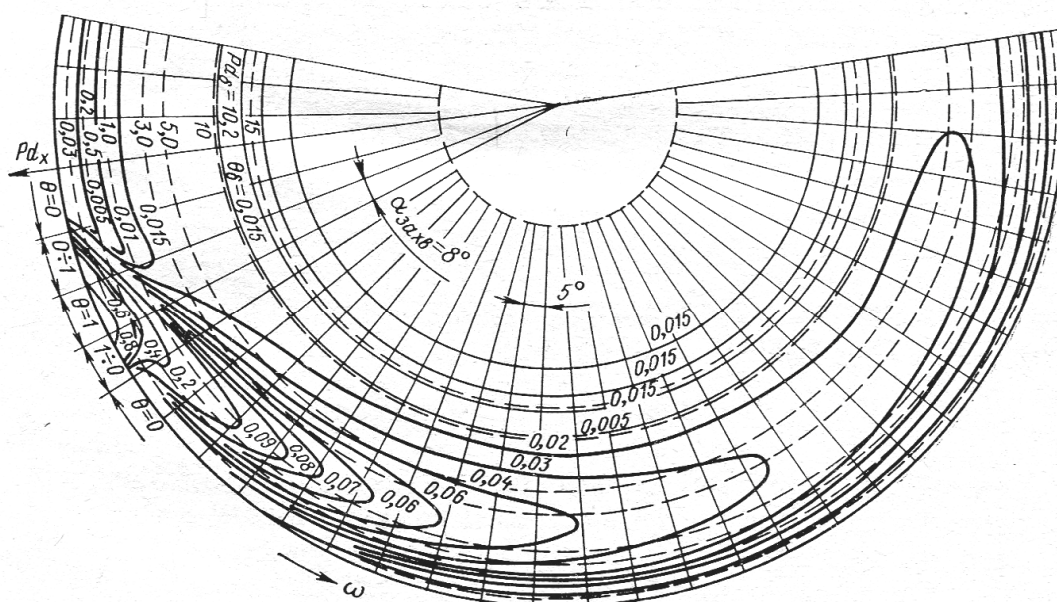


Рисунок 2 – Тепловое поле валка горячей прокатки

Для наглядности на рисунке 2 поле представлено с условным масштабом по радиусу, т.к. глубина активной зоны очень мала. Сплошными линиями показаны изотермы, где температура θ дана в долях единицы ($\theta = 1$ – на контакте металла с валком). Пунктирная линия при $\theta_{\delta} = 0,015$ является границей активной и основной зон. Видно, что глубже этой границы температура валка постоянна.

Во всех случаях глубина активной зоны, согласно [10], невелика и не превышает 10 мм. На рисунке 3 показана зависимость глубины активной зоны от длительности одного оборота валка $\tau_{об}$. Цифры у кривых соответствуют различным коэффициентам температуропроводности материала валка: 1–0,06 м²/час; 2–0,05 м²/час; 3 – 0,04 м²/час; 4 – 0,03 м²/час.

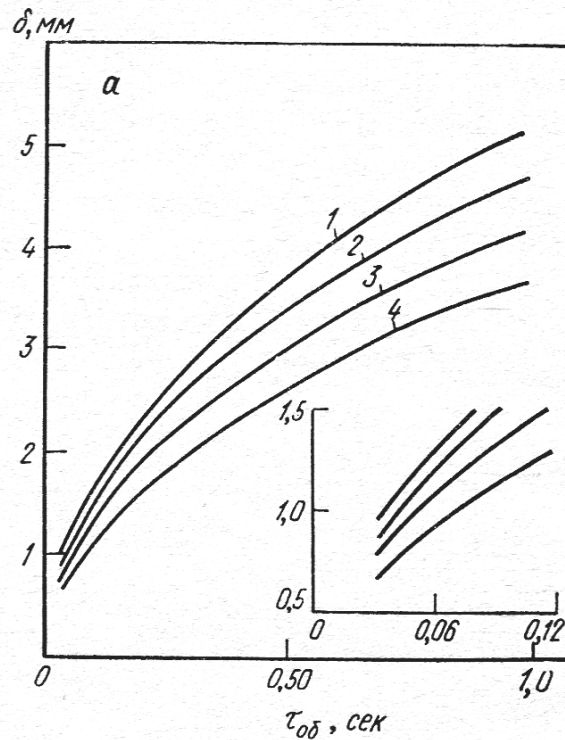


Рисунок 3 – Глубина активной температурной зоны валков

Т.о. на глубине среднего диаметра шлицов d_c , в основной зоне, температура будет постоянной и равной средней температуре валков, которая системами охлаждения поддерживается в пределах $60 \div 70^\circ \text{C}$. Отсюда следует, что разница в ширине шлицов бандажа и оси должна быть равна, мм:

$$\Delta b = b \cdot \Delta t (\alpha_{\text{ст}} - \alpha_{\text{чуг}}) = 60 \cdot (60 \div 70 - 20)(16,0 - 10,0)10^{-6} = 0,014 \div 0,018$$

Изготовление бандажей со столь длинными шлицами может оказаться затруднительным. В таком случае предлагается ограничиться шпоночным соединением, как показано на рисунке 4.

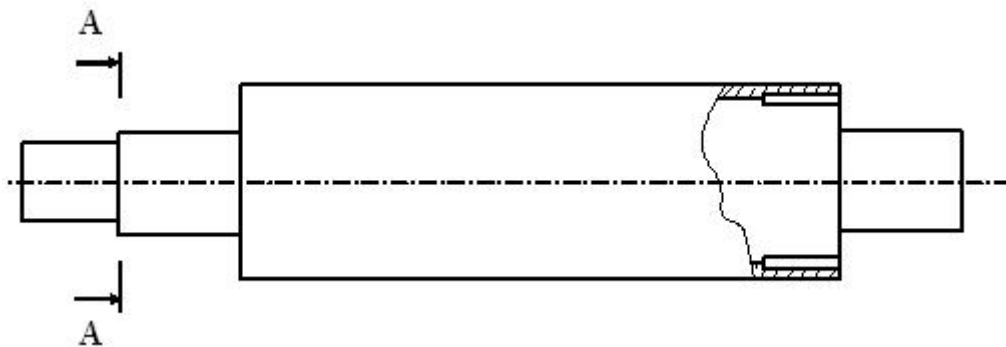


Рисунок 4 – Соединение бандажа с осью валка шпонками

Расчет показывает, что для рассматриваемого примера достаточно 20 шпонок с каждой стороны длиной 150 мм, шириной 60 мм и высотой 20 мм:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{4M_{\text{кр}}}{d_c \cdot z \cdot h \cdot l_{\text{ш}}} = \frac{4 \cdot 1,5 \cdot 10^9}{768 \cdot 40 \cdot 20 \cdot 150} = 65,1 < [\sigma_{\text{см}}],$$

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{2M_{\text{кр}}}{(d_c + h/2) \cdot b \cdot l_{\text{ш}} \cdot z} = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 10^9}{(768 + 10) \cdot 60 \cdot 150 \cdot 40} = 10,7 < [\tau_{\text{ср}}],$$

где $l_{\text{ш}}$ – длина шпонки, мм;

$[\tau_{\text{ср}}]$ – допустимое напряжение на срез. Для чугуна $[\tau_{\text{ср}}] = 45$ МПа [8].

Определим, насколько увеличится несущая способность приводного конца рабочего вала (в опасном сечении, обозначенным на рисунке 4 секущей плоскостью А-А) в данном примере, если ось его изготовить из стали 60ХН. Для существующей конструкции:

$$[M_{\text{кр}}] = 0,2 \cdot d_{\text{пр}}^3 \cdot [\tau_{\text{кр}}] = 0,2 \cdot 525^3 \cdot 52,0 = 1,5 \text{ МНм};$$

Для новой конструкции:

$$[M_{\text{кр}}] = 0,2 \cdot d_{\text{пр}}^3 \cdot [\tau_{\text{кр}}] = 0,2 \cdot 525^3 \cdot 86,6 = 2,5 \text{ МНм}.$$

Т.о. несущая способность увеличивается в 1,67 раз.

Выводы и направление дальнейших исследований. Следовательно, механическое сочленение посредством шлицевого или шпоночного соединения чугунных бандажей со стальными осями рабочих валков клетей кварто дает возможность существенно повысить передаваемые крутящие моменты. Толщина бандажей после всех переточек должна быть больше глубины активной температурной зоны валков. Дальнейшие исследования не требуются, т.к. разработка готова к внедрению.

Библиографический список

1. *Асимметричные процессы прокатки – анализ, способы и перспективы применения.* [Пименов А.Ф., Скороходов В.Н., Трайно А.И. и др.] // *Сталь*, 1982. - №1. - С.53–56.

2. *Асимметричная прокатка толстых листов в чистовой клетке стана 3600.* [Митьев А.П., Гринчук П.С., Будакова А.А. и др.] // *Усовершенствование технологии производства толстолистовой стали: Темат. отр. сб.- М.: Металлургия*, 1981. - С. 29-34.

3. Василев Я.Д. Производство полосовой и листовой стали. / Я. Василев, М. Сафьян. Киев.: Вища школа, 1976. – 191с.
4. Электрошлаковая технология в машиностроении. [/. МедоварБ.И, СаенкоВ.Я., НагаевскийИ.Д., Чепурной А.Д.] - К.: Техніка, 1984. – 215с.
5. Полухин В.П. Составной рабочий инструмент прокатных станов. / Полухин В.П., Полухин П.И., Николаев В.А. – М.: Металлургия, 1971. – 87с.
6. Исследование составных опорных валков на основе динамической модели главной линии прокатного стана.[/ Бобух И.А., Бобух А.И., Григорьев К.А., Шрайдер А.В.] // Обработка материалов давлением. Краматорск, ДГМА. – 2010. – №3 (24). - С. 190-198.
7. Гузенков П.Г. Детали машин. М.: Высшая школа, 1982. – 350с.
8. Кушнарченко В.М. Основы проектирования передаточных механизмов: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. / Кушнарченко В.М., Ковалевский В.П., Чирков Ю.А. - Оренбург: ОГУ, 2003. - 248 с.
9. Кухлинг Х. Справочник по физике: Пер. с нем. 2-е изд. - М.: Мир, 1985. - 250 с., ил.
10. Совершенствование теплового процесса листовой прокатки.[/ Третьяков А.В., Гарбер Э.А., Шичков А.Н., Грачев А.В.] М.: Металлургия, 1973. – 300 с.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. Новохатским А.М.