



УДК: 620.18:620.19

Производство

Пашинский В.В. /д.т.н./

ГВУЗ «ДонНТУ»

Сидоренко Д.Г.

НПО «ДОНИКС»

Использование твердосплавных бандажированных прокатных валков для производства арматурных профилей

В работе обоснована техническая и экономическая эффективность применения составных прокатных валков с бандажными кольцами из твердого сплава на основе карбида вольфрама для производства периодических профилей. Приведена характеристика материалов для изготовления бандажных колец и оптимальная конструктивная схема бандажированного валка, в которой крепление бандажей на валу осуществляется зажимным устройством. Приведен расчет экономического эффекта от использования бандажированных валков. Табл. 2. Библиогр.: 7 назв.

Ключевые слова: карбид вольфрама, твердый сплав, бандажированный прокатный валок, арматурный профиль, удельный расход, снижение простоев

In this study the technical and economic efficiency of the composite rolls application with thread rings of hard tungsten carbide based alloy for production of periodic profiles is proved. The characteristic of materials for production of thread rings and the optimal design scheme of threaded roll in which the band fastening on the shaft is made by clamping device is given. The calculation of economic effect from the usage of thread rings is given.

Keywords: tungsten carbide, hard alloy, composite roll, reinforcement bar, specific consumption, decreasing of operation pauses

Твердосплавные прокатные валки отечественного производства на основе карбида вольфрама с кобальтовой легированной связкой широко применяются в чистовых и предчистовых блоках современных высокоскоростных мелкосортных прокатных станов при скоростях прокатки до 120 м/с [1-3]. Такие валки обладают общим ресурсом и показателем наработки на калибр за одну установку в 8–12 раз большим, чем традиционные чугунные и стальные валки [4]. Основной продукцией, производимой на таком оборудовании, является катанка диаметром 5,0–9,0 мм, при этом используется калибровка «овал–круг». Простота профиля калибра позволяет нарезать и ремонтировать калибр с использованием абразивного инструмента, отсутствие концентраторов напряжений на его поверхности позволяет использовать марки твердых сплавов с пониженным содержанием связки (10–15 %). Такие материалы обладают высокой износостойкостью. Их пониженное сопротивление термической усталости компенсируют использованием эффективных систем охлаждения.

Использование твердосплавных валков для прокатки периодических профилей (прежде всего, арматурных) позволяет сократить производственные расходы, увеличить производительность станов на 8–11 % и повысить качество производимой продукции. Однако прямое использование технических решений, разработанных для валков проволочных станов, оказалось невозможным по следующим причинам:

1. Сложная форма калибра валков чистовой клетки арматурного стана требует использования обработки

резанием для его формирования.

2. Увеличение сечения готового профиля приводит к снижению скорости прокатки и, следовательно, к возрастанию вклада механизма термической усталости в процесс износа поверхности калибра.

3. Наличие концентраторов напряжений на поверхности калибра требует использования материалов валков с повышенной устойчивостью к зарождению и распространению трещины.

4. Большие габариты и масса валка делает невозможным технически и нецелесообразным экономически изготовление цельной конструкции из твердого сплава.

В мировой практике этот комплекс проблем был решен путем использования валков составной конструкции (composite roll), в которых из твердого сплава специального состава изготавливаются только бандажные кольца. Однако технология их производства и детали конструкции либо защищены патентами, либо представляют собой секреты производства, что позволяет производителям в значительной степени монополизировать рынок. Поэтому специалистами НПО «ДОНИКС» совместно с учеными ГВУЗ «ДонНТУ» был выполнен цикл исследований для организации промышленного производства валков указанного типа на основе собственных патентно-чистых технических решений. Результаты исследований по оптимизации структуры и свойств материалов для изготовления бандажей приведены в работах [5-7]. На основании ранее проведенных исследований был обоснован выбор в качестве материала для бандажей валков горячей прокатки сплавов с содержанием

связки на уровне 30%, что обеспечивает максимально высокое сопротивление усталостному нагружению. В качестве материала связки сплава были рекомендованы составы 50 % Co + 50 % Ni и 48 % Co + 48 % Ni + 4 % Cr. Для формирования структуры с максимально равномерным распределением карбидной фазы, степенью перекристаллизации выше 70 % и средним размером зерна 6–7 мкм при отсутствии в структуре зерен размером менее 1 мкм был рекомендован режим горячего вакуумного прессования с двумя циклами выдержки в двухфазной области.

Однако переход к использованию валков составной конструкции с бандажами из твердого сплава на действующих станах требует внесения существенных изменений в конструкцию охлаждающих устройств прокатных клетей. Кроме того, необходимо приобретение специального оборудования для переточки бандажей и восстановления профиля калибров при ремонте валков. К моменту начала работы в Украине отсутствовал опыт производства и эксплуатации составных валков такого типа. Поэтому целью работы была разработка технических решений, обеспечивающих эффективность использования составных валков в условиях конкретного производства.

В ходе выполнения данной работы были решены следующие задачи:

1. Определены варианты конструкции бандажированных валков, обеспечивающие высокую работоспособность валков.
2. Выполнена оценка экономической эффективности использования бандажированных прокатных валков.
3. Разработаны технологические основы производства бандажированных твердосплавных валков для прокатки арматурных профилей и организовано их промышленное производство.

В работе были опробованы конструкции составных валков, состоящих из несущей оси из среднеуглеродистой легированной конструкционной стали, комплекта твердосплавных бандажей и деталей системы крепления. Были опробованы следующие варианты конструкции валка:

1. Клеевое соединение твердосплавного бандажа с промежуточной стальной втулкой с использованием металлонаполненного двухкомпонентного эпоксидного клея и шпоночное крепление промежуточной втулки к валу.
2. Шпоночное крепление твердосплавного бандажа к промежуточной стальной втулке с использованием четырех круглых шпонок и шпоночное крепление промежуточной втулки к валу с использованием двух шпонок прямоугольного сечения.
3. Шпоночное крепление твердосплавного бандажа непосредственно к валу.
4. Скользящая посадка бандажа на вал с последующей фиксацией специальным зажимным устройством.

По результатам промышленных испытаний установлено, что при использовании варианта 1 клеевое соединение бандажей с промежуточными втулками

оказалось ненадежным. В связи с высокой хрупкостью отвержденного клеевого слоя и динамическим характером нагрузок при работе валка произошло разрушение клеевого слоя. Адгезия клея к шлифованной с высокой степенью чистоты поверхности твердого сплава оказалась недостаточной (наблюдались участки чистые от клея). Причиной разрушения клеевого соединения являются знакопеременные механические напряжения, возникающие при эксплуатации валка. Поэтому было принято решение в дальнейшем отказаться от использования клеевого соединения.

При испытаниях валков, изготовленных по варианту 2, было зафиксировано разрушение бандажей вследствие образования поперечной трещины. Из анализа характера разрушения следует, что посадка шпонок с натягом приводит к деформации стальной втулки, как детали с меньшей жесткостью, чем твердосплавное кольцо. Из-за этого в системе возникают зазоры, и твердосплавное кольцо работает в условиях циклического изгиба. Для хрупких материалов такая схема нагружения опасна, так как способствует зарождению трещин и их развитию. Расчеты показали, что при появлении зазора 0,1 мм в материале кольца возникают напряжения, достаточные для развития разрушения по усталостному механизму.

С учетом полученных результатов было принято решение отказаться от промежуточной стальной втулки, т.к. она является механически наименее жесткой деталью и ее деформации могут приводить к появлению опасных зазоров в соединении.

Для дальнейших экспериментов была предложена конструкция твердосплавного бандажа, непосредственно крепящегося на валу без промежуточной втулки. Для уменьшения глубины вреза была принята схема передачи крутящего момента 2-мя шпонками. Для уменьшения опасности влияния шпоночного паза как концентратора напряжений, его кромки в твердосплавном кольце имели скругления.

В ходе испытаний было зафиксировано разрушение бандажа вследствие формирования поперечной трещины. Анализ характера разрушения позволил сделать вывод, что местом зарождения трещины является кромка шпоночного паза. Промер геометрических размеров элементов шпоночных соединений показал, что из-за различия в размерах элементов и наличия технологического зазора в шпоночных пазах из-за скругления кромок пазов в твердом сплаве, а также из-за возможных зазоров по скользящей посадке существует возможность для возникновения упругих изгибающих и растягивающих деформаций в зоне шпоночного паза. Это может приводить к развитию разрушения по усталостному механизму в местах расположения концентраторов напряжений.

С учетом полученного опыта была предложена новая конструкция валка, в которой использована скользящая посадка бандажа на вал с последующей фиксацией специальным зажимным устройством, создающим сжимающие напряжения вдоль оси валка.

Опыт промышленного использования валков в

условиях различных предприятий показал следующие преимущества использованной конструкции:

1. Отсутствие концентраторов напряжений на твердосплавном кольце позволило исключить случаи разрушения бандажей из-за возникновения критических механических напряжений.

2. Зажимное устройство позволяет производить многократную сборку-разборку валка для замены изношенных и поврежденных бандажных колец.

Общий вид бандажированных валков с двумя бандажами и зажимным устройством показан на рис. 1.

Применение прокатных валков с бандажами из твердых сплавов является технически и экономически обоснованным, так как это обеспечивает снижения удельного расхода валков на 1 т прокатываемого металла и повышение производительности стана за счет меньшего количества остановок для перехода на другой калибр и перевалку.

Значения показателей для твердосплавных валков производства НПО «ДОНИКС» приняты по результатам их производственно-промышленных испытаний в чистовой клети мелкосортного стана 250 при прокатке арматурного профиля № 12. Исходные данные для расчета приведены в табл. 1.

Значения показателей для чугунных валков приняты по результатам накопленных статистических данных при использовании этих валков в чистовой клети мелкосортного стана 250 при прокатке арматурного профиля № 12.

Значения показателей для твердосплавных валков производства НПО «ДОНИКС» приняты по результатам их промышленных испытаний при прокатке арматурного профиля № 12.

Таблица 1. Исходные данные для расчета экономической эффективности

Наименование показателя	Ед. изм.	Цельный валок из чугуна СПХН-59	Бандажированный валок
Максимальный начальный диаметр бочки валка, D_{max}	мм	290	290
Минимальный начальный диаметр бочки валка, D_{min}	мм	260	260
Количество калибров на бочке валка, N		18	12
Нормативный тоннаж, прокатываемый одним калибром в межремонтный период, T_n	т	95	900
Нормативный съем материала при ремонте калибра (по диаметру), C_n	мм	7	1,6

Результаты расчета экономического эффекта приведены в табл. 2.

Таким образом, экономический эффект от использования 1 комплекта бандажированных валков составит 27100 грн.

Таблица 2. Показатели эффективности использования бандажированных прокатных валков

Наименование показателя	Ед. изм.	Цельный валок из чугуна СПХН-59	Бандажированный валок
Количество установок за весь период эксплуатации валка	ед.	5	18
Общее количество прокатываемого одним комплектом валков (2 валка) металла за кампанию	т	8550	194400
Количество комплектов валков с эквивалентной производительностью,	шт.	23	1
Цена 1 комплекта валков	грн.	7700	150000
Стоимость парка валков с эквивалентной производительностью	грн.	177100	150000

Таким образом, экономический эффект от использования 1 комплекта бандажированных валков составит 27100 грн.

Еще больший экономический эффект достигается за счет увеличения производительности стана. Промышленные испытания бандажных колец для валков мелкосортных прокатных станов подтвердили возможность резкого повышения эффективности работы стана за счет увеличения количества проката на 1 калибр в 9–11 раз. Поэтому, вместо остановки для перехода на новый калибр каждые 40–60 мин, такой переход можно осуществлять раз в 8–11 ч, что обеспечивает увеличение производительности стана на 8–9 %. При годовой производительности стана на уровне 600000–800000 т (в зависимости от прокатываемого сортамента) это эквивалентно дополнительному выпуску 48000–72000 т продукции. По данным предприятий, условно постоянные расходы при прокатке на мелкосортных станах находятся в пределах 90–110 грн./т. Потому экономия на условно-постоянных расходах при оснащении стана бандажированными валками составит от 4320000 до 7920000 грн. в год.

При эксплуатации твердосплавных бандажированных валков достигаются и другие преимущества, эффективность которых может быть оценена по результатам эксплуатации поставляемой партии в условиях конкретного предприятия:

- При увеличении стойкости рабочего калибра повышается точность геометрических размеров профиля и качество его поверхности, а также появляется возможность гарантировано производить прокат в поле минусовых допусков.

- Сокращается парк валков, что позволяет уменьшить затраты на их складирование, перевозку и ремонт.

Выводы

Наиболее рациональной с точки зрения эксплу-

атации и ремонта является конструкция составного вала с твердосплавными бандажами, в которой использована скользящая посадка бандажа на вал с последующей фиксацией специальным зажимным устройством, создающим сжимающие напряжения вдоль оси вала.

Использование технологии ГВП с циклической обработкой сплавов на основе карбида вольфрама с кобальт-никелевой связкой позволяет получить бандажи для прокатных валков для производства периодических профилей со служебными характеристиками на уровне лучших мировых аналогов.

Экономический эффект от снижения удельного расхода валков при использовании валков составной конструкции относительно невелик. Основной эффект достигается за счет роста производительности прокатного стана, в результате возрастания количества проката на калибр за 1 установку в 9–11 раз, что обеспечивает увеличение производительности на 8–9 %.

Библиографический список

1. Труханов С.В., Сидоренко Д.Г., Пашинский В.В. Прокатные валки дискового типа для чистовых прокатных блоков проволочных станов. Особенности технологии производства // *Металл и литье Украины*. – 2001. – № 7–9. – С. 64–66.

2. Производство твердосплавных прокатных валков дискового типа и факторы, влияющие на их эксплуатационную стойкость / А.Г. Маншилин, Д.П. Кукуй, Д.Г. Сидоренко и др. // *Металл и литье Украины*.

– 2004. – № 3–4. – С. 17–18.

3. Производство изделий из твердых сплавов / В.В. Пашинский, Д.Г. Сидоренко, В.В. Каширин и др. // *Металл и литье Украины*. – 2006. – № 7–8. – С. 60–64.

4. Расширение сортамента и повышение эффективности использования твердосплавных прокатных валков / А.Г. Маншилин, В.В. Пашинский, Д.Г. Сидоренко и др. // *Тр. VII конгресса прокатчиков*. – Т. 1. – М.: АО «Черметинформация». – 2007. – С. 406–411.

5. Теория, технология и практика производства твердосплавных прокатных валков / А.И. Лисовский, В.В. Пашинский, А.Г. Маншилин др. // *Металлургические процессы и оборудование*. – 2010. – № 1(19). – С. 4 0.

6. Разработка научных основ технологии производства крупногабаритных твердосплавных изделий и освоения их промышленного производства для металлургической промышленности Украины / А.Ф. Лисовский, В.В. Пашинский, Э.О. Цкитишвили и др. // *Металл и литье Украины*. – 2010. – № 1–2. – С. 4–55.

7. Технологія виробництва крупногабаритних твердосплавних виробів та освоєння їх виробництва для металургійної промисловості України / А.Ф. Лисовський, В.В. Пашинський, Е.О. Цкитішвілі та ін. // *Сверхтвердые материалы*. – 2010. – № 2. – С. 30–42.

Поступила 05.02.2013

УДК 621. 771. 23. 003. 1

Николаев В.А. /д.т.н./

Запорожский НТУ

Наука

Влияние технологической смазки на параметры прокатки полос

Выполнен теоретический анализ влияния эффективной технологической смазки на условия захвата металла валками. Представлены экспериментальные исследования параметров прокатки с положительным и отрицательным значением опережения полосы при различных обжатиях. Ил. 4. Табл. 1. Библиогр.: 11 назв.

Ключевые слова: прокатка, смазка, опережение, контактные напряжения, ПАВ

The theoretical analysis of the impact of an effective technological grease to capture conditions of metal rollers is performed. The experimental studies of parameters of rolling with the positive and negative values of lead the band forward creep at different compression are shown.

Keywords: rolling, lubrication, proactive, contact stresses, surfactants

Введение

Для снижения влияния контактных сил трения (контактных касательных напряжений) на процесс прокатки применяют различные типы смазок: эмульсии минеральных масел (СОЖ), чистые минеральные и растительные масла, загущенные смазки. Их физико-химические характеристики различны и в зависимости от этого, как показывают исследования [1–5, 7, 8] тип смазки оказывает различное воздействие на условия трения, опережение и контактные напряже-

ния. Так, при прокатке с малоэффективными смазками (СОЖ, легкие минеральные масла) на контакте полоса-валок образуются технологические слои смазки и имеет место граничное (полужидкостное трение), при котором в очаге деформации существуют зоны отставания и опережения и действительны зависимости Головина-Дрездена и Эжелунда–Павлова [1]. При таких условиях трения во всех случаях опережение больше нуля ($S > 0$). В условиях жидкостного трения в очаге деформации возможны случаи, когда опережение боль-