

ободов, а также действующих технологии производства и схемы раскроя заготовок показал, что наиболее эффективным является раскрой металла из ленты.

2. Основными техническими мероприятиями направленными на снижение расхода металла и затрат на производство заготовок является создание специализированного участка производства заготовок ободов с применением в качестве основного оборудования для раскроя рулонного проката агрегатов продольной и поперечной резки рулонов.

3. Принятые расчеты оптимального раскроя заготовок рулонного металлопроката позволят снизить отход металла в обрезь на 2, 67 %.

Список литературы: 1. *Чигиринский В.В.* Производство высокоэффективного металлопроката / *В.В. Чигиринский, В. Л. Мазур, Г. В. Бергеман, Г. И. Леготкин, А. Г. Слепынин, Т.Г. Шевченко.* Монография. – Днепропетровск: РВА «Днипро – ВАЛ», 2006. – 262 с. 2. *Романовский В.П.* Справочник по холодной штамповке / *В.П. Романовский.* – 6-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. 1979. – 520 с. 3. *Королев А.А.* Механическое оборудование прокатных и трубных цехов / *А.А. Королев* – М.: Металлургия, 1987. – 480 с.

Надійшла до редколегії 28.10.2013

УДК 62-254.61:621.963

Ресурсоберегающая технология получения заготовок ободов колес с использованием агрегата продольно-поперечной резки / Антоненко А. В., Павлюк А. В., Разиньков Н. А., Кононенко Д. Ю. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013. – № 43 (1016). – С. 11–19. Бібліогр.: 3 назви.

Проведений аналіз марочної та розмірної номенклатури початкового металлопрокату, використовуваного при виготовленні колісних дисків і ободів. Визначені параметри і характеристики розкрою рулонів, необхідні для вибору агрегату. Розглянуто один з напрямків підвищення економічної ефективності виробництва ободів коліс шляхом оптимізації технології виробництва заготовок з урахуванням виробничої програми.

Ключові слова: колесо, обід, рулон, заготовка, схема розкрою, річна програма, коефіцієнт використання металу, коефіцієнт розкрою.

Analysis of the grade and dimensional range of original metal used in the manufacture of wheels and rims was carried out. Defined are the parameters and characteristics of rolls cutting, required for selecting a plant unit. One of the ways of increasing economical efficiency of wheel rims production was investigated, in order to optimize blanks manufacturing technology with considerations for the production program.

Keywords: wheel, rim, roll, blank, cutting scheme, the annual program, rate of metal use, cutting rate.

УДК 621.771.63

А. В. АХЛЕСТИН, нач. отдела, ООО «МЕКАП», Харьков

О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ ВАЛКОВ ПРОФИЛЕГИБОЧНЫХ СТАНОВ С РАЗДЕЛЬНЫМ ВРАЩЕНИЕМ ФОРМУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Проанализированы существующие конструкции валков с отдельным вращением формирующих элементов. Выявлены основные проблемы, связанные с проектированием таких валков и их использованием при производстве гнутых профилей с декоративно-защитным покрытием. Даны практические рекомендации, направленные на совершенствование конструкции валкового

инструмента и повышение эффективности его применения путем устранения относительного скольжения в калибрах валков.

Ключевые слова: профилигибочный стан, валок с отдельным вращением элементов, подшипник, скорость скольжения, коэффициент трения, качество.

Введение. В настоящее время на рынке металлопродукции растет спрос на крупногабаритные тонкостенные гнутые профили с покрытием различного назначения, в том числе профилированный настил из оцинкованного металла с высотой гофров до 160 мм. И это – не предел. За рубежом изготавливают профили высотой до 250 мм и более. При этом повышаются требования к качеству профилей особенно к состоянию их покрытия. Однако, с применением валков традиционной конструкции, в которых окружные скорости формирующих элементов разных диаметров существенно отличаются, вызывая скольжение на соответствующих участках контакта с формируемым профилем, обеспечить должное качество продукции не представляется возможным.

Уменьшить разность указанных скоростей вплоть до практически их выравнивания может применение валков с отдельным вращением формирующих элементов (ВРВЭ), в которых элементы разных диаметров вращаются с различными угловыми скоростями. Конструктивно это достигается тем, что одни из них жестко связаны с валом валка (ЭВ), а другие – посажены на подшипниках (ЭП) [1, 2]. Кроме сохранения целостности покрытия профилей использование таких валков позволяет уменьшить дефекты формы профилей в продольном направлении (прогиб, серповидность, винтообразное скручивание), а также повысить энергоэффективность профилигибочного оборудования. Но несмотря на отмеченные преимущества в промышленном производстве ВРВЭ пока не применяются.

Анализ последних исследований и литературы. Такой анализ был проведен автором данной статьи ранее [3]. Из него сделан следующий вывод. Процесс формовки с применением ВРВЭ изучен слабо; не выявлены причины возможной неработоспособности ЭП; устанавливаются ЭП только на приводных валках; эффективность применения таких элементов оценивается по величине крутящего момента; в большинстве случаев ЭП имеют меньший диаметр, чем ЭВ.

Причинами же сдерживающими промышленное применение ВРВЭ называются: сложность конструкции и соответственно высокая стоимость; увеличенные размеры и масса, порою не совместимые с параметрами имеющегося оборудования; возможная неработоспособность ЭП; отсутствие действующих опытно-промышленных образцов оборудования с такими валками.

В работе [3] основное внимание уделено вопросу возможной неработоспособности ЭП. Кроме того, на основании анализа возможного расположения ЭП относительно ЭВ предложены новые конструктивные схемы, в которых реализована идея получения суммарного технического эффекта от использования неприводных валков и от установленных на их осях ЭП.

Из рассмотрения других немногочисленных источников следует отметить, что во всех кроме [1] конструкциях ВРВЭ применены подшипники скольжения. В большинстве случаев на них установлены ЭП с коническими рабочими поверхностями. Так, при формовке замкнутого профиля 100x100x5 мм из стали ЧС-33 [4] в одной из клетей стана 4 таких ЭП, предназначенных для подгибки его стенок, обеспечивают, по мнению авторов разработки, устранение (?) перепада скоростей в калибре валков. При условии вращения конических элементов на подшипниках происходит некоторое перераспределение скоростей в калибре, но никак не их устранение. Следует также отметить, что применение ВРВЭ для изготовления профилей из черного металла, тем более толщиной 5 мм не целесообразно.

Анализ технологии и оборудования для производства оцинкованного профнастила Н57 [5] показывает наличие в конструкции стана излишнего количества клетей с применением ВРВЭ (15 из 21). А это – 135 подшипников диаметром более 100мм из дорогостоящего антифрикционного материала. При этом ЭП имеют минимально возможные диаметры, что вызывает сомнение в их работоспособности. В настоящее время этот же настил, но с органическим декоративно-защитным покрытием (полиэстер) изготавливают, в том числе по технологии автора статьи в обычных валках, правда, с использованием некоторых несложных технических приёмов.

В итоге, простое на первый взгляд техническое решение по совершенствованию конструкции валков – установка отдельных формующих элементов на подшипниках – может таить в себе ряд негативных моментов, которые затем проявляются (или не проявляются в явной форме) в процессе формовки. Например, в производственных условиях невращающийся на подшипнике элемент визуально обнаружить довольно трудно.

Цель исследования: показать возможные проблемы, возникающие при разработке и применении ВРВЭ, дать практические рекомендации по совершенствованию их конструкции.

Материал исследований. *О скольжении.* Применительно к ВРВЭ рассматриваем геометрическое скольжение, связанное с неравенством скоростей на поверхности контакта фрикционно взаимодействующих тел – валков с формуемым профилем. Разность этих скоростей составляет скорость скольжения $V_{ск}$. С её увеличением растут затраты энергии на преодоление вредного влияния сил трения, увеличивается износ валков, ухудшается качество профилей, снижается КПД процесса формовки [2, 6].

Уменьшение $V_{ск}$ является основной задачей, направленной на повышение качества профилей и энергоэффективности оборудования для их производства. Достигается это за счет: уменьшения поверхности соприкосновения валков с формуемым профилем; рационального расположения профиля в калибрах валков, то есть при минимально возможной его высоте; применения неприводного формующего инструмента, в том числе цилиндрических роликов, оси которых располагаются параллельно плоскости подгибаемых элементов профиля, и ВРВЭ.

При этом следует отличать меры по уменьшению $V_{ск}$ от мер по уменьшению вредных последствий от перепада скоростей. К последним справедливо относят применение смазки, антифрикционных материалов для элементов валков [2], сюда же можно отнести бандажирование валков эластичными материалами, повышение пластичности органического покрытия полосы перед формовкой, например, подогревом и пр. А отнесение в эту категорию калибров с углами и участками освобождения [2] – ошибочно. Освобождаются элементы валков от соприкосновения с формуемым профилем (см. выше). Нет контакта на данном участке, нет и скольжения на нём. В свою очередь уменьшение поверхности контакта приводит к увеличению давлений на ней.

Известно, что $V_{ск}$ зависит не от величины диаметров валков, а от их разности. Пусть на валу валка, вращающегося с угловой скоростью ω , закреплены формующие элементы диаметров D_1 и D_2 . Разность их окружных скоростей $V_1 = \omega D_1/2$ и $V_2 = \omega D_2/2$ составит $\Delta V = \omega/2 (V_1 - V_2)$. С учетом того, что эта разность равна удвоенной высоте H калибра валков и соответственно профиля, $\Delta V = V_{ск} = \omega H$.

То есть в случае применения традиционных валков есть лишь один путь уменьшения $V_{ск}$ – уменьшение ω и соответственно скорости формовки профилей в стане. Но она и так небольшая (до 0,35 м/с) из-за возможностей оборудования по порезке, пакетированию профилей и пр.

Значит, нужны другие валки – ВРВЭ, способные устранить имеющуюся разность скоростей за счет изменения угловой скорости элементов одного из диаметров. Очевидно, что, если элемент D_1 взаимодействует с профилем без скольжения, то для аналогичного взаимодействия элемента D_2 его угловая скорость должна составлять $\omega_2 = \omega D_1/D_2$, и на оборот $\omega_1 = \omega D_2/D_1$.

Таким образом, для изготовления высококачественных крупногабаритных профилей альтернативы применению ВРВЭ нет.

Определение диаметра ЭП. Работа ЭП основана на использовании сил трения, которые возникают в месте контакта его рабочей поверхности с движущейся полосой под действием усилия формовки (прижатия).

Для цилиндрического ЭП сила F_1 (рис. 1) способствует его вращению, а сила трения F_2 , возникающая при взаимодействии элемента с подшипником – препятствует этому.

Учитывая нормальное приложения усилия P , силами трения на границе ЭП со смежными элементами валка в осевом направлении можно пренебречь. Поэтому работа этого элемента возможна лишь при условии

$$M_1 \geq M_2, \quad (1)$$

где M_1 и M_2 – моменты сил трения на контакте ЭП с профилем и подшипником.

В противном случае ЭП не будет работоспособным, а затраты на изготовление инструмента с такими элементами – напрасными.

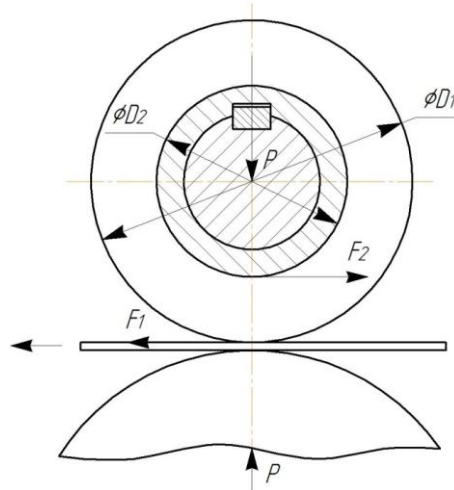


Рис. 1 – Схема действия сил на цилиндрическом ЭП

Так как $M_1 = P \cdot f_1 \cdot D_1/2$, а $M_2 = P \cdot f_2 \cdot D_2/2$, то

$$D_1 \geq k D_2 \cdot f_2 / f_1, \quad (2)$$

где D_1 и D_2 – диаметры ЭП и подшипника;

f_1 и f_2 – коэффициенты трения при формовке на поверхности контакта: элемент – полоса; элемент – подшипник;

k – коэффициент запаса сцепления ЭП с формируемым профилем.

В формуле (2) известен лишь один параметр – диаметр подшипника, так как он задаётся при проектировании ВРВЭ. Коэффициенты трения являются приведенными (условными), и они могут существенно отличаться от табличных. В этой связи в книге [6], ссылаясь на И. В. Крагельского, отмечают «бесполезность в целом ряде случаев справочных таблиц по коэффициентам трения, в которых отмечены лишь пары трения, но отсутствует характеристика условий, определяющих данные коэффициенты».

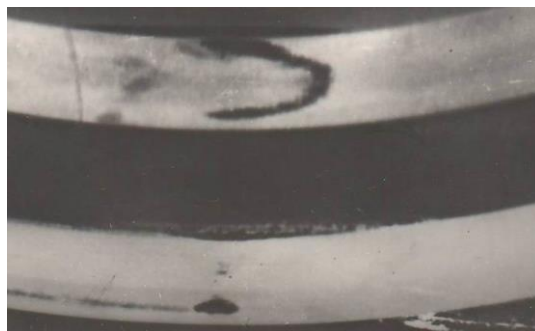
Какова же характеристика условий при формовке? Во-первых, не существует «чистого» качения и скольжения при взаимодействии контактируемых тел, впрочем, это относится к большинству машин и механизмов. Во-вторых, и, пожалуй, самое главное – валки при вращении преодолевают не только силы трения на поверхности контакта с формируемым металлом, препятствующие его перемещению, но и усилие сопротивления его формоизменению. А оно в свою очередь зависит от толщины металла, его физико-механических свойств, формы и размеров профиля, способов и режима формовки, применения смазки и других факторов.

Формоизменение металла особенно при жёстких режимах формовки существенно отражается на форме и размерах поверхности контакта его с валками. Наглядное представление этому дают фотографии видимых площадок контакта (рис. 2), полученных при их регистрации под углом к боковой поверхности валков из прозрачного материала. При формовке перед валками на участках, соответствующих стенкам профилей, полоса прогнута в поперечном направлении, и её выпуклость обращена в сторону, противоположную направлению подгибки полок. При взаимодействии с цилиндрическими

элементами валков выпуклость выравнивается, излишек металла переходит в полки, а площадка контакта имеет прямоугольную форму, соответствующую контакту цилиндра с плоскостью. Это – для швеллера (рис. 2, а). Для корытного профиля (рис. 2, б) подгибка на 30° является более жестким режимом, чем для швеллера. Из-за заземления периферийных участков перераспределение металла затруднено, и центральная часть выпуклости не выравнивается, а прогибается в противоположном направлении, контактируя с элементом валка по площадке в виде подковы. Необходимо отметить, что в данном случае межвалковый зазор был несколько увеличен, с целью недопущения складкообразования металла.



а



б

Рис. 2 – Площадки контакта при формовке (угол подгибки 30°) полками вниз: а – швеллера и б – корытного профиля

Экспериментально определённая величина коэффициента трения скольжения непосредственно в профилегибочном стане методом торможения плоской полосы в цилиндрических валках без применения смазки колеблется в пределах $0,29 \dots 0,35$ [7], что примерно в 1,5 раза отличается от справочных данных ($0,18 \dots 0,22$).

С учетом множества факторов, отмеченных выше, величина коэффициента запаса сцепления, при определении диаметра цилиндрического формующего элемента на подшипнике скольжения может составить $k = 1,6 \dots 2,0$. Условием этому является соответствие величин коэффициентов трения справочным данным. Но экспериментальная проверка работоспособности ЭП необходима.

Следует обратить внимание на следующую особенность применения ВРВЭ. Если в процессе формовки профилей ЭП не проворачивается на подшипнике, то увеличение усилия зажатия профиля в валках, как это обычно делается для повышения тяговой силы в рабочей клетке стана, в большинстве случаев не приведёт к ожидаемому результату. Это объясняется тем, что увеличенное усилие через элемент передаётся и на подшипник, не изменяя при этом соотношение моментов трения на элементе и на подшипнике. Поэтому диаметр ЭП следует уменьшить на $0,05 \dots 0,2$ мм [8].

О конических ЭП. Рассмотрим силы, действующие на элемент и реакции опор подшипника (рис. 3).

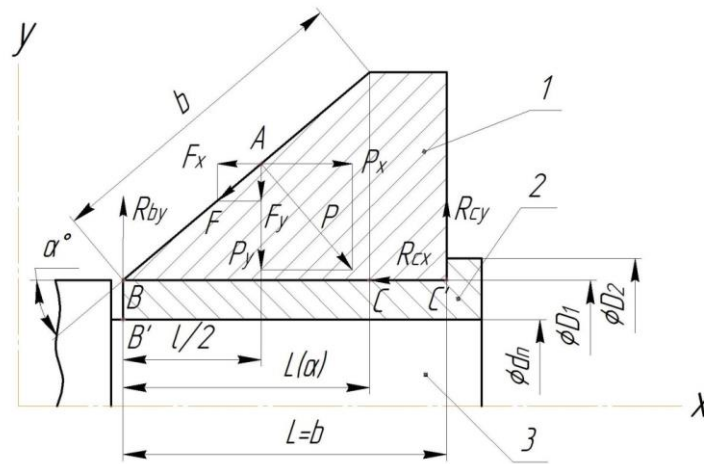


Рис. 3 – Схема действие сил на коническом формующем элементе и реакции опор на подшипнике: 1 – конический элемент; 2 – подшипник; 3 – вал вала

Пусть равнодействующая P давлений на элемент приложена в точке A на середине образующей конической поверхности шириной b . Длина подшипника и соответственно толщина элемента также равна b . В общем случае элемент при его постоянной толщине (b) состоит из двух частей переменной толщины – конической $L = L(\alpha)$ и цилиндрической $L = b - L(\alpha)$.

Реакции опор определены по общепринятой методике для двух случаев. Первый – для толщины элемента $L = L(\alpha)$, реакции – R_{by} , R_{cx} и R_{cy} (в точке C на схеме не показаны), а второй – для полной толщины элемента $L = b$, реакции – R'_{by} , R'_{cy} и R'_{cx} . Формулы для определения этих реакций представлены в таблице, а их безразмерные величины (при $P = 1$) в зависимости от угла наклона конического элемента представлены в графическом виде на рис. 4.

Таблица. Формулы для определения реакций опор элемента на подшипнике

Реакции опор	Формулы: при длине ЭП		
	$L = l(\alpha)$	$L = b$	
R_{cx}	$P(\sin\alpha - f \cdot \cos\alpha)$	R'_{cx}	$P(\sin\alpha - f \cdot \cos\alpha)$
R_{by}	$(P/2\cos\alpha) \cdot (2\cos^2\alpha + f \cdot \sin 2\alpha - 1)$	R'_{by}	$(P/2) \cdot (2\cos\alpha - 1)$
R_{cy}	$P/2\cos\alpha$	R'_{cy}	$P/2$

Анализ графиков показывает, что увеличение толщины конического элемента за счет его цилиндрической части способствует уменьшению сил R_{by} и R_{cy} . При 60° R'_{by} изменяет своё направление, и с этого момента начинает действовать пара указанной силы и силы R'_{cy} на плече, равном b , оказывая отрицательное воздействие на работу подшипника. Сила R_{cx} постоянно увеличивается. Усилие, вызывающее эту силу и равное ей по величине (см. таблицу), при вращении элемента на упорной кольцевой части подшипника создаёт момент трения, оказывающий сопротивление вращению. Известную из теории машин и механизмов формулу для его определения можно записать:

$$M_{mp} = \frac{2}{3} f \cdot R_{cx} \cdot \frac{R_2^3 - R_1^3}{R_2^2 - R_1^2} \quad (3)$$

В этой формуле величину R_{cx} можно взять из таблицы, а размеры кольцевой упорной части подшипника – из рис. 3.

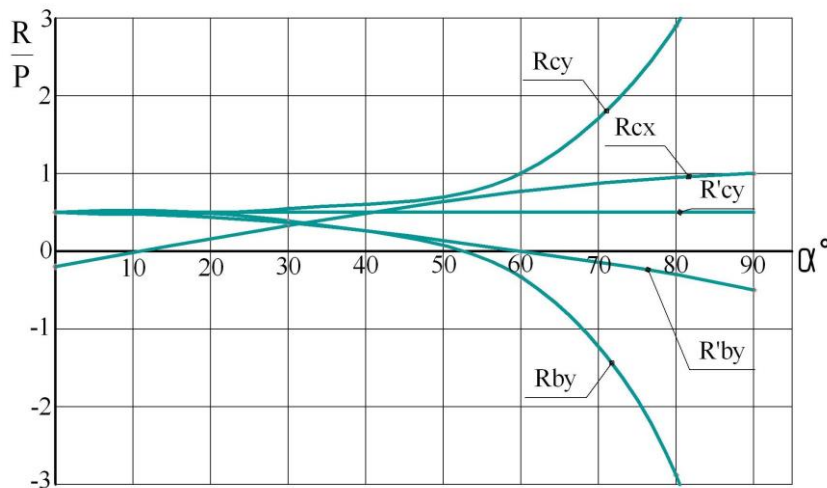


Рис. 4 – Зависимость относительной величины реакций опор элемента на подшипнике в зависимости от угла наклона конического элемента

В общем, применять конические ЭП нет смысла. Скольжение всё равно остаётся. До 45° в калибре превалирует качение над скольжением, а после – наоборот. Для уменьшения скольжения после 45° существенный эффект может дать ЭП не с горизонтальной осью, а с вертикальной, например, боковой вспомогательный конический ролик [2]. Более эффективными являются цилиндрические ролики с поворотной осью [9].

Следует отметить, что многих проблем, описанных выше, можно избежать, если применить подшипники качения.

Результаты исследований. Установлено, что для изготовления крупногабаритных профилей применению ВРВЭ альтернативы нет. Получена формула для определения цилиндрического ЭП. Показано, что применять конические ЭП не целесообразно. Отмечено, что с применением подшипников качения можно избежать многих проблем, связанных с проектированием и использованием ВРВЭ.

Выводы. Учитывая возросший спрос на крупногабаритные гнутые профили из тонкостенного металла с покрытием, необходимо разработать новое оборудование с применением валков с отдельным вращением формирующих элементов, проведя перед этим необходимые экспериментальные исследования.

Организация промышленного производства профилей позволит отказаться от ввоза ряда подобных изделий из-за рубежа.

Список литературы: 1. Чекмарев А. П. Гнутые профили проката / А. П. Чекмарев, В. Б. Калужский – М.: «Металлургия», 1974.– 264 с. 2. Тришевский И. С. Теоретические основы процесса профилирования / И. С. Тришевский, М. Е. Докторов – М.: «Металлургия», 1980. – 287с. 3. Ахлестин А. В. Особенности и эффективность применения валков профилигибочных станков с отдельным вращением формирующих элементов/ А. В. Ахлестин // Обработка материалов давлением. –

№2(35). – Краматорск: ДДМА, 2013. – С. 282 – 286. **4.** Разработка технологии и оборудования и организация производства профилей для сельскохозяйственного машиностроения / К. С. Брыков, А. Б. Юрченко, А. Н. Карасевич, Л. Н. Волковой // Теория и технология производства гнутых профилей проката: отрасл. сб. научн. тр. – Х.: УкрНИИМет, 1988. – С. 82 – 89. **5.** Особенности технологии профилирования облегченного оцинкованного настила / Г. В. Олейник, Е. Н. Горбач, В. И. Крылов, Н. П. Ковалев // Гнутые профили проката: отрасл. сб. научн. тр. – Х.: УкрНИИМет, 1987. – С.57-60. **6.** Контактное трение в процессах обработки металлов давлением / [Леванов А. Н., Колмогоров В. Л., Буркин С. П. и др.]. – М.: «Металлургия», 1976.– 416 с. **7.** Юрченко А.Б. Влияние технологических смазок на трение и энергосиловые параметры профилирования/ А. Б. Юрченко, И. С. Тришевский, В. В. Клепанда // Теория и технология производства экономичных гнутых профилей проката: сборник трудов, вып. XV. – Х.: УкрНИИМет, 1970. – С. 251 – 261. **8.** Пат. 97411 Польская Народная Республика, МПК В21D13/04. Устройство для гибки широкого листового материала / Miroslav Stachula, Leszek Wyka. – № 192694; заявл. 07.03.74; опубл. 30.09.74. **9.** Ахлестин А. В. Совершенствование технологии и оборудования для валковой формовки профилей из тонколистового металла с покрытием / А. В. Ахлестин // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка металлов давлением. – 2008. – № 3. – С. 22 – 26, 49.

Надійшла до редколегії 28.10.2013

УДК 621.771.63

О некоторых вопросах разработки и применения валков профилегибочных станов с раздельным вращением формирующих элементов / Ахлестин А. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013. – № 43 (1016). – С.19–27. Бібліогр.: 9 назв.

Проаналізовано існуючі конструкції валків з розподільним обертанням формируючих елементів. Виявлено основні проблеми, що пов'язані з проектуванням валків та їх використанням при виробництві гнутих профілів. Надано практичні рекомендації щодо удосконалення конструкції валкового інструменту та підвищення ефективності його застосування шляхом усунення відносного ковзання у калібрах валків.

Ключові слова: профілезгинальний стан, валок з розподільним обертанням елементів, підшипник, швидкість ковзання, коефіцієнт

The analysis of the existing design rolls with separate rotation forming elements. The basic problems associated with the design of such rolls and their using in production of roll-formed sections with decorative-protective coating. Practical recommendations aimed at improving the design of rolls tool and increase the efficiency of its use by eliminating the relative sliding in calibers rolls.

Keywords: forming mill, roll with separate rotation of elements, bearings, sliding velocity, the friction coefficient, quality.

УДК 621.771.23

Е. В. БАЙКОВ, ст. преподаватель, ГВУЗ «ДонНТУ», Донецк.

ПРОДОЛЬНАЯ РАЗНОТОЛЩИННОСТЬ ДВУХСЛОЙНЫХ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЛЕНТ

Приведены результаты исследования продольной разнотолщинности двухслойных биметаллических лент после холодного плакирования в валках разного диаметра и после холодной прокатки на готовый размер.

Ключевые слова: двухслойная биметаллическая лента, асимметрия, плакирование, холодная прокатка, продольная разнотолщинность.

Введение. Черная металлургия Украины занимает ведущее место в мире – по объему производства стали она входит в первую десятку стран мира.