

**Выводы.** Установлена целесообразность применения профильных заготовок из разнородных материалов для изготовления методом гибки с растяжением элементов каркаса транспортных средств, например дуг пассажирских вагонов.

Усилие предварительного растяжения рассчитывается, как произведение текущей площади профильной заготовки на напряжение текущего предела текучести, который соответствует точке пересечения кривых упрочнения материалов заготовки. Усилие гибки определяется как для монолитной заготовки при равных текущих пределах текучести ее материалов. Калибровочное растяжение соответствует предельным деформациям дешевого материала.

**Список литературы:** 1. Аркулис Г.Э., Дорогобид В.Г. Теория пластичности. – Учебное пособие для вузов. – М.: Металлургия, 1987. – 352. 2. Воронцов А.Л. К вопросу о контактном трещин, кривых упрочнений и эффекте Баушингера. – Журнал: «Кузнечно–штамповочное производство. Обработка металлов давлением» – 2011. – №3. – с. 39-47. 3. Евстратов В.А. Теория обработки металлов давлением. – Харьков: Выш. шк. Издательство при Харьк. ун – те, 1981. – 246с. 4. Битков В.В. оценка неоднородности деформации при пластической обработке осесимметричных биметаллических изделий. – Журнал: «Кузнечно–штамповочное производство. Обработка металлов давлением» – 2011. – №5. – 3-12с. 5. Драгобецкий В.В., Мороз Н.Н., Мосьпан Д.В., Пузир Р.Г. Расчет технологических параметров получения деталей с элементом жест кости последовательной гибкой. – Сборник научных трудов «Обработка материалов давлением». – Краматорск : ДГМА, 2010. – №4 (25). – С. 133-137.

Надійшла до редколегії 25.09.2012

УДК 621.797

**Технологические параметры гибки биметаллических дуг пассажирских вагонов / Черкащенко В. Ю., Лотоус В. В., Драгобецкий В. В.** // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХП». – 2012. – №46(952). – С. 143-148. – Бібліогр.: 5 назв.

Обгрунтована доцільність застосування профільних заготовок з різнорідних матеріалів для виготовлення гнучких елементів каркасу транспортних засобів. Розглянуто розтягнення бінарної системи при наявності зовнішнього тертя. Напруги контактного тертя визначаються по залежностях молекулярно-механічної теорії. Представлено методику визначення параметрів процесу гнуття з розтягуванням дуг пасажирських вагонів з біметалічної заготовки: нержавіюча сталь + вуглецева сталь.

**Ключові слова:** гнуття, розтягування, біметал, профіль, тертя.

Expediency of specialized pieces of different materials for the manufacture of flexible vehicle framing members is grounded. Stretching of the binary system in the presence of friction is considered. Contact friction stress is determined by the dependences of the molecular-mechanical theory. A method of determining the parameters of the bending process with stretching carriage arcs of bimetallic: stainless steel + carbon steel.

**Keywords:** bending, stretching, bi-metal, profile, friction.

УДК 621.771.06:621.771.251

**В. И. ЗАСЕЛЬСКИЙ**, докт. техн. наук, проф., директор металлургического института ГВУЗ «КНУ», Кривой Рог

**А. В. САТОНИН**, докт. техн. наук, проф., ДГМА, Краматорск

**Д. Е. БУКОТИН**, гл. управляющий по производству прокатного департамента, ПАО «АМКР», Кривой Рог

**В. С. НАЙДЕНОВ**, гл. калибровщик, ПАО «АМКР», Кривой Рог

**М. Г. КОРЕНКО**, ассистент, ГВУЗ «КНУ», г. Кривой Рог

**В. Ю. ГРИГОРЧУК**, магистрант, ГВУЗ «КНУ», г. Кривой Рог

### **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ БЕСКАЛИБРОВОЙ ПРОКАТКИ СОРТОВЫХ ПОЛОСОВЫХ ПРОФИЛЕЙ В УСЛОВИЯХ МЕЛКОСОРТНЫХ СТАНОВ**

На основе анализа состояния вопроса промышленного производства сортовых полосовых профилей показана целесообразность использования процесса бескалибровой прокатки, обеспечивающего расширение сортамента, повышение качества и снижение себестоимости готовой металлопродукции.

© В.И. Засельский, А.В. Сатонин, Д. Е. Букотин, В.С. Найденев, М.Г. Коренко., В. Ю. Григорчук, 2012

Для данной технологической схемы разработаны математические модели и программные средства по их автоматизированному расчету. Применительно к мелкосортному стану 250 ПАО «АрселлорМиталл Кривой Рог» предложена новая схема прокатки, достаточная степень эффективности которой подтверждена результатами экспериментальных исследований.

**Ключевые слова:** сортовые полосовые профили, бескалибровая прокатка, сортамент, качество, калибровка рабочих валков, мелкосортный стан

Промышленное производство горячекатаного плоского металлопроката, включающего в себя сортовые полосовые профили, является одним из наиболее динамично развивающихся направлений в черной металлургии. Сортамент, показатели качества и объемы производства плоского металлопроката в значительной мере характеризуют степень индустриализации и развития научно-технического прогресса.

Сортовые полосовые профили проката имеют широкий сортамент профилированных размеров и весьма разнообразные области применения. Производят их прокаткой на заготовочных, сортовых и проволочных станах. Традиционный способ сортовой прокатки заключается в том, что заготовка последовательно прокатывается в той или иной системе калибров в калиброванных валках. Причем, валки с ручьями применяют, как правило, в большинстве клетей прокатного стана [1].

Несмотря на общеизвестные достоинства и отработанность технологии прокатки в калиброванных валках, можно указать ряд недостатков, которые существенно усложняют производство сортового проката [1].

Применение в сортопрокатном производстве валков с литыми калибрами, бандажированных валков, использование технологических смазок и специальных способов и устройств для охлаждения валков, а также их упрочнение, наплавка различными материалами не устраняют в полном объеме недостатки традиционного способа сортовой прокатки. Поэтому эта проблема решается применением на сортовых станах технологии бескалибровой прокатки [2, 3].

Способом бескалибровой прокатки прокатывают углеродистые и легированные стали, быстрорежущие, автоматные, пружинные, жаро- и коррозионностойкие стали, медь, алюминий и их сплавы, разлитые непрерывным способом и в изложницы. Этот способ широко применяют для производства заготовок, сортового проката простой формы, катанки, полосовых профилей и арматуры для железобетонных конструкций [2].

Опыт работы с использованием технологии бескалибровой прокатки, имеющийся за рубежом, показывает его достаточно существенные достоинства [2 - 6], которые возможно использовать в условиях мелкосортных станов.

Несмотря на достоинства способа бескалибровой прокатки и многообразие способов его реализации, применение его на действующих сортовых станах весьма затруднительно. Причины этого заключаются в:

- практически полном отсутствии данных о применяемых на прокатных станах режимах бескалибровой прокатки, что не позволяет использовать их, для опробования;
- существующие рекомендации расчета режимов прокатки по соотношению сторон раскатов на входе и выходе из валков вызывают серьезные сомнения, так как предполагают большие обжатия (50% и более) с соответствующим большим уширением металла и снижением эффективности процесса прокатки;
- прокатка в гладких валках высоких полос требует применения специальной валковой арматуры, но при этом отсутствуют сведения и рекомендации для проектирования и конструирования такой арматуры, применяемых материалов, способах восстановления и методике оценки силовых воздействий на детали арматуры со стороны полосы, прокатываемой в гладких валках;

- в настоящее время отсутствуют надежные формулы для расчета устойчивости высоких полос в гладких валках, что затрудняет проектирование режимов бескалибровой прокатки.

Целью работы является разработка технологического процесса бескалибровой прокатки сортовых полосовых профилей с учетом максимальной устойчивости полосы для мелкосортных станов.

Недостатки прокатки в калиброванных валках обуславливают высокую затратность традиционного способа сортовой прокатки, а также снижают эффективность процесса.

Основной технологической особенностью процесса бескалибровой прокатки является пластическая деформация исходной заготовки с поперечным сечением, являющимся близким к квадратному, между двумя приводными рабочими валками, имеющими гладкие бочки. Реализация данного технического решения способствует расширению сортамента готового металлопроката при одновременном снижении эксплуатационных расходов за счет уменьшения парка рабочих валков и исключения необходимости в нарезке соответствующих калибров [1, 2, 7, 8], что предопределило широкое использование данного процесса на ряде сортовых станов при производстве продукции малыми партиями.

С точки зрения методов теоретического анализа процессы бескалибровой прокатки исследованы в работах [1, 2, 7, 8]. Вместе с тем, специфика условий реализации данной технологической схемы, а именно наличие трехмерного пластического течения металла со свободным уширением, свидетельствует о целесообразности количественной оценки известных зависимостей и дальнейшего развития численных математических моделей локальных и интегральных характеристик напряженно-деформированного состояния металла.

Решение задач по расчету процесса бескалибровой прокатки, было осуществлено на основе метода конечных элементов. Следует указать на то, что использование численных подходов характеризуется высокой трудоемкостью и значительными затратами машинного времени, что не позволяет использовать их в рамках современных систем автоматического регулирования. В соответствии с этим в сочетании с элементами теории планируемого эксперимента, был разработан комплекс регрессионных математических моделей, при этом относительная погрешность не превысила 1 %.

Результаты выполненных экспериментальных исследований, проведенных на лабораторном мини-стане 100×100 ДГМА, подтвердили достаточную степень достоверности полученных численных математических моделей, что свидетельствует о возможности их дальнейшего использования применительно к решению конкретных задач, направленных на совершенствование технологий и оборудования процесса бескалибровой прокатки.

В соответствии с изложенным выше, на основе полученных теоретических решений разработаны схемы реализации процесса бескалибровой прокатки сортовых полосовых профилей на мелкосортных непрерывных станах. При этом, в связи с неконтролируемым уширением, предусмотрен контроль ширины раската ребровыми калибрами в вертикальных клетях. На рис. показана предложенная схема прокатки сортового полосового профиля 80×4 мм в условиях мелкосортного стана 250 ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог». А в таблице 1 представлена калибровка валков и режимы прокатки сортового полосового профиля 80×4 мм.

Опыт промышленной реализации, предложенного технологического решения, подтвердил достаточную степень его эффективности. Использование процесса бескалибровой прокатки сортовых полосовых профилей позволило расширить сортамент готовой металлопродукции до семи, восьми, а в ряде случаев и более типоразмеров, получаемых

из одной и той же исходной заготовки. Удельная производительность стана в этом случае за счет снижения количества перевалок была повышена на 10-15 %, а величина продольной разнотолщинности получаемых сортовых полосовых профилей снижена на 5-7 %, что свидетельствует о целесообразности достаточно широкого использования рассмотренного технического решения применительно к проектированию технологических режимов работы и калибровок рабочих валков на ряде других мелкосортных станах.

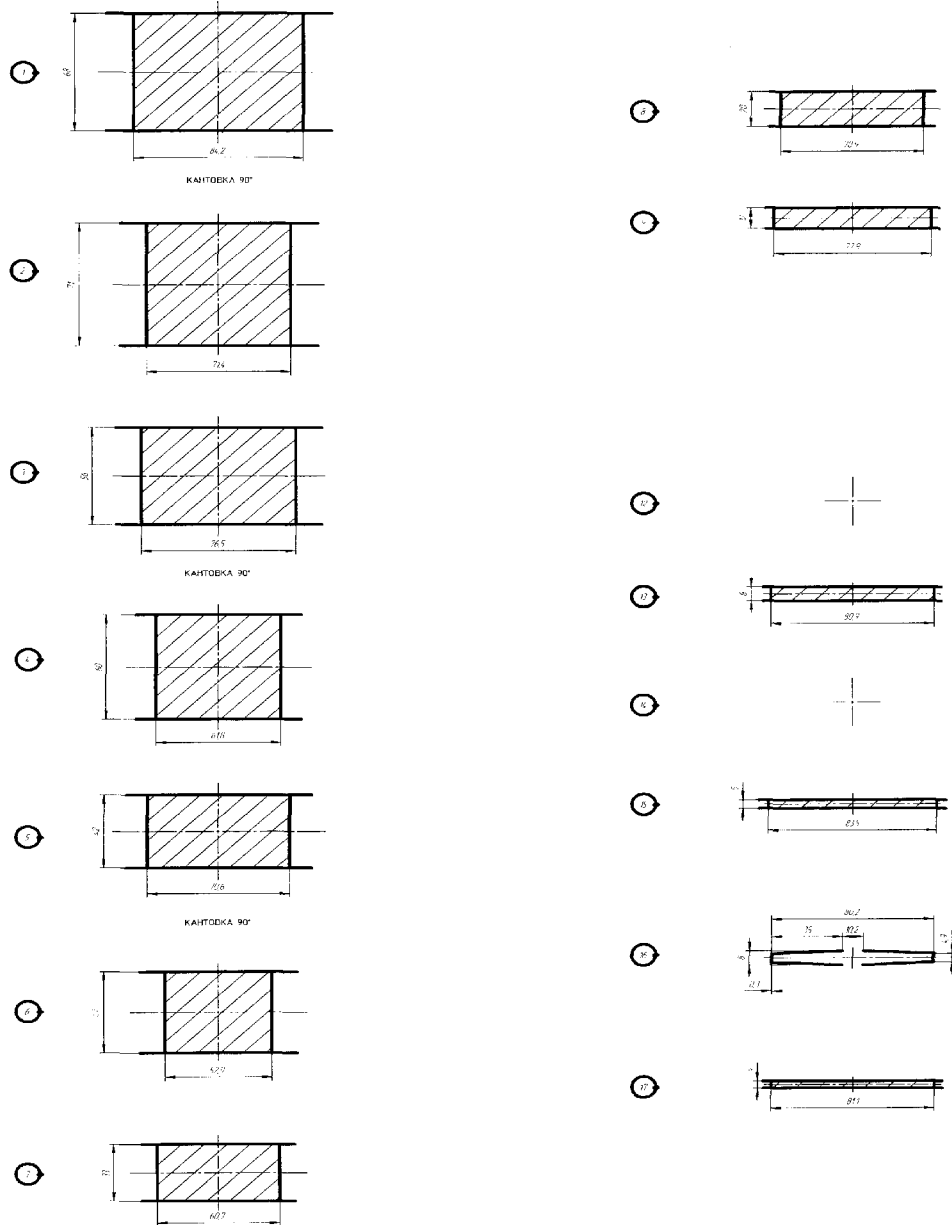


Рис. - Схема прокатки сортового полосового профиля 80×4 мм в условиях мелкосортного стана 250 ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог»

Таблиця - Калибровка валков и режимы прокатки сортового полосового профиля 80×4 мм

№ кюветы	Форма кювета	Размеры калибров				Размеры полос				Уширение	Угол захвата	По буртам	Диаметр валков	Расчетные обороты	Превращение отношения	Число оборотов минутная	Скорость прокатки	Длина проката	Константа калибровки
		III ирива	Глубина в реза	Загор	Высота	III ирива	Площадь сечения	Коэф. вытяжки	Обжатие										
1		-	-	68	81,2	5522	1,15	13	7,6	15,0	380	380	21	11,4	235	0,41	12,7	Вес иск. загот, кг	530
2		-	-	71	71,4	5069	1,09	10,2	8	13,3	380	380	22	11,4	256	0,45	13,8	Вес 1 м. профиля, кг	1,57
3		-	-	56	76,5	4284	1,18	15	6,1	16,2	380	380	27	10,9	289	0,53	16,4	Время прокатки	
4		-	-	60	61,8	3708	1,16	19,1	7,1	18,2	380	380	37	5,8	178	0,61	18,9	Маш-ое, с	31,0
5		-	-	42	70,6	2965	1,25	18	8,7	17,7	380	380	38	5,8	223	0,76	23,7	Пауза, с	2
6		-	-	47	52,9	2486	1,19	23,9	11,1	20,4	380	380	46	4,5	206	0,91	28,2	Темп прокатки, с	33,0
7		-	-	33	60,7	2003	1,24	14	7,8	15,6	380	380	57	3,5	199	1,13	35,0	Теоретически. возможная часовая пролив-ность	
8		-	-	20	70,9	1418	1,41	13	10,2	15,0	380	380	80	2,55	205	1,60	49,5		
9		-	-	12	77,9	935	1,52	8	7	11,8	380	380	122	1,88	229	2,42	75,1	Макс. по всаду	
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	370	-	-	-	1,47	-	-	-	шт/час	т/час
13		-	-	8	80,9	647	1,44	4	3	8,4	370	370	181	1,25	226	3,50	108,5	226,2	119,9
15		-	-	5	83,5	418	1,55	3	2,6	7,3	370	370	280	0,79	221	5,42	168,1	203,6	107,9
16		-	-	10,2	80,2	414	1,01	3,3	0,2	8,5	370	300,6	347	0,79	274	5,46	169,6	средн. по годному при K=1,035	
17		-	-	4	80,8	323	1,28	1,2	0,6	4,6	370	370	362	0,68	246	7	217,2	104,3	т/час

**Выводы.** На основе численных подходов разработаны методики по автоматизированному расчету и проектированию технологических режимов процессов бескалибровой прокатки сортовых полосовых профилей на непрерывных мелкосортных станах, достаточная степень достоверности которых подтверждена экспериментально.

На основе полученных результатов предложена принципиально новая технологическая схема бескалибровой прокатки сортовых полосовых профилей для получения из одной и той же заготовки сортовых полосовых профилей различного типоразмера.

Реализация предложенного технического решения способствует расширению сортамента, повышению качества и снижению себестоимости и, как следствие, повышению эффективности конкретных промышленных производств.

**Список литературы:** 1. Бескалибровая прокатка сортовых профилей / Л. Е. Кандауров, Б. А. Никифоров, А. А. Морозов и др. – Магнитогорск: Магнитогорский дом печати, 1998. – 128 с. 2. Токарев В. А. Прокатка в валках без калибров. / В. А. Токарев, А. П. Марков. // Черная металлургия. Бюл. института «Черметинформация». 1983, № 18. с. 11-16. 3. Некоторые вопросы бескалибровой прокатки сортовых профилей / Б. А. Никифоров, Л. Е. Кандауров, В. П. Кабанова, А. А. Макарьчук // МГМИ. - Магнитогорск. 1987. - Деп. в институте «Черметинформация» ЗД 4098, 1987. 4. Янадзава Т. Разработка метода бескалибровой прокатки. // Кавасаки Сэйтецу Гихо. - 1982, т. 14. № 9, с. 85-94 (324-333). 5. Применение бескалибровой прокатки на сортовых станах. / Т. Янадзава, Т. Танака, Т. Хосидзима и др. // Transactions of the iron and steel institute of Japan. 1982. V. 22, № 12, p. B-386. 6. Опыт прокатки заготовок на гладкой бочке. / Ф. Флеминг, Р. Кунс и др. // Металлургическое производство и теория металлургических процессов. 1993, с. 98-102. 7. Илюкович Б. М. Прокатка и калибровка фасонных профилей: справочник / Б. М. Илюкович, И. П. Шулаев, В. Д. Есипов, С. Е. Меркурьев. – М.: Металлургия, 1989. – 312 с. 8. Кандауров Л. Е. Рациональные режимы бескалибровой прокатки / Л. Е. Кандауров, Б. А. Никифоров, А. К. Белан // Известия вузов. Черная металлургия. – 1996. – № 11. – С. 35–37.

*Надійшла до редакції 25.10.2012*

УДК 621.771.06:621.771.251

**Разработка технологии бескалибровой прокатки сортовых полосовых профилей в условиях мелкосортных станов/ Засельский В.И., Сатонин А.В., Букотин Д.Е., Найденов В.С., Коренко М.Г., Григорчук В.Ю.// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2012. – № . С. 148-153– Бібліогр.: 8 назв.**

На основе анализа состояния вопроса промышленного производства сортовых полосовых профилей показана целесообразность использования процесса бескалибровой прокатки, обеспечивающего расширение сортамента, повышение качества и снижение себестоимости готовой металлопродукции. Для данной технологической схемы разработаны математические модели и программные средства по их автоматизированному расчету. Применительно к мелкосортному стану 250 ПАО «АрселлорМиталл Кривой Рог» предложена новая схема прокатки, достаточная степень эффективности которой подтверждена результатами экспериментальных исследований.

**Ключевые слова:** сортовые полосовые профили, бескалибровая прокатка, сортмент, качество, калибровка рабочих валков, мелкосортный стан

On the basis of the analysis of the issue of industrial production of graded band profiles shows the expediency of use of process discalibered rolling, providing for the expansion of an assortment, improvement of quality and reduction of cost price of finished steel products. For this technological schemes have been developed mathematical models and software tools for their automated calculation. With regard to small-section will 250 PJSC «ArcelorMittalKryviy Rih» proposed new scheme of rolling, the sufficient level of efficiency which is confirmed by the results of experimental research.

**Keywords:** rolling strip profiles, discalibered rolling, assortment, quality, calibration of the working rolls, small-section mill.