

Новая концепция совершенствования технологического процесса прокатки фасонных профилей и модернизации оборудования линейных рельсобалочных прокатных станов. Сообщение 1

Показана возможность модернизации технологического оборудования прокатных станов универсальными клетями с многовалковыми калибрами. Освещены результаты исследований, проведённых в производственных условиях, по получению фасонных профилей проката в универсальных клетях с использованием кассет. В частности, рассмотрены вопросы повышения качества поверхности и точности контролируемых геометрических размеров таких фасонных профилей, как двутавровая балка, швеллер, железнодорожный рельс, благодаря использованию универсальных многовалковых калибров, а также процессы деформации металла в данных многовалковых калибрах.

Ключевые слова: многовалковый калибр, горизонтальные и вертикальные прокатные валки, кассета, калибрующая клеть свободной прокатки, универсальный стан-тандем, минусовое поле допусков, энергосиловые параметры прокатки, чистовой универсальный калибр

Постановка проблемы. К основным признакам, определяющим тип прокатного стана, относится количество прокатных валков, формирующих калибры его рабочих клетей. Согласно этому признаку, многовалковые клетки существующих прокатных станов могут иметь два, три или четыре, а в отдельных случаях и шесть прокатных валков, с целью достижения эффективного многостороннего обжатия формирующегося прокатного профиля и повышения показателей пластичности образующих данный профиль сталей и сплавов [1].

Одними из факторов, затрудняющими освоение и последующее производство на старых линейных рельсобалочных станах новых видов крупногабаритных фасонных профилей сложной формы из низколегированных и легированных марок стали, являются конструкция и рабочее состояние чистовых клетей, деформация металла в которых влияет на устойчивость профиля в калибрах и достижение геометрических размеров его поперечного сечения. В частности, для данного типа станов увеличение диаметра прокатных валков ограничено конструкцией самой клетки и допустимым перекосом шпинделей, в результате чего снижается жёсткость клетки. Кроме того, текстолитовые подшипники прокатных валков могут иметь значительную выработку, а их упругая деформация может достигать 12-17 % от суммарной деформации валков в клетях [2]. Следующим, не менее важным фактором является недостаточная мощность привода станов. Так, согласно [3], при прокатке крупных номеров двутавровых балок на рельсобалочном стане 900/800 ПАО «МК «Азовсталь» энергопрочностные резервы данного прокатного стана практически находятся на пределе.

Необходимо также отметить некоторые негативные особенности, присущие старым линейным прокатным станам, в частности, невысокую скорость

прокатки, не превышающую показателя 6,8 м/с, и сложный температурный режим прокатки, обусловленный большой продолжительностью временных пауз (18-22 с), возникающих при передаче раската из одной клетки в другую. Соответственно, время цикла прокатки для различных видов фасонных профилей только на чистовой линии стана составляет 95-120 с [4].

Известно, что прокатка швеллеров в закрытых и открытых фасонных калибрах протекает с большой неравномерностью деформаций по составным элементам (полкам и стенке) поперечного сечения формирующегося швеллерного раската, высоким скольжением металла относительно рабочей поверхности валков и значительными удельными усилиями [5]. Благодаря вышеперечисленным факторам от воздействия образующихся сил трения имеет место ускоренный и неравномерный износ структурных элементов фасонных калибров (особенно чистовых калибров), а также возрастают энергосиловые параметры прокатки [6]. Кроме того, износостойкость данных калибров, особенно в последних проходах, весьма невелика, и практически не превышает показатель 400 т при производстве швеллеров малых и средних номеров в условиях сортопрокатных станов и 800 т при производстве крупных номеров швеллеров в условиях линейных рельсобалочных станов.

Постановка задачи. Для повышения показателей стойкости групп чистовых калибров, а также улучшения геометрии готовых фасонных профилей особо сложной формы, модернизация существующих рельсобалочных и крупносортовых станов с горизонтальным расположением прокатных валков, должна предусматривать эффективное использование в качестве дополнительного технологического оборудования такого механического узла, как многовалковая (приводная или неприводная) универсальная клеть

свободной прокатки. Кроме того, использование данного вида прокатного оборудования, формирующего многовалковые универсальные калибры, позволяет в процессе всей кампании прокатки с целью экономии металла проводить её в минусовом поле допусков, снизить количество поверхностных дефектов, образующихся на поверхности готового профиля, снизить энергетические затраты и расход прокатных валков.

Изложение материалов исследований. Рассмотрим некоторые примеры и практические случаи эффективного использования многовалковых универсальных клетей в условиях прокатных станов современного металлургического производства при производстве таких высокомаржинальных профилей, как двутавровые балки, швеллеры и железнодорожные рельсы.

В литературных источниках [7] представлена предметная информация о разработке технологии, калибровки и технологического оборудования для производства на сортопрокатном стане «550» Енакиевского металлургического завода двутавровой балки № 12 с использованием чистового универсального калибра. Данный калибр сформирован в чистовой двухвалковой клетке стана путём установки в ней кассеты конструкции ДМетИ (рис. 1), с изготовленными из чугуна СПХН-62 неприводными (холостыми) вертикальными валками Ø 412 мм. Горизонтальные валки калибра клетки изготовлены из чугуна СШХН – 49.

Конструкция кассеты представлена корпусом 1, к которому болтами 2 жестко закреплена верхняя 3 и нижняя 4 несущие плиты. Для прохождения рабочих буртов приводных горизонтальных валков в плитах проделаны окна 5 и отверстия для холостых вертикальных валков 6. Фиксаторы поворота эксцентричных осей 7 между собой соединены шпилькой 8, предварительно зафиксированной в упорах 9. Также в кассете закреплена вводная 10 и выводная 11 привалковые арматуры, предназначенные для направления и удержания в калибре прокатываемого раската, а фиксирующие отверстия 12 предназначены для крепления кассеты к арматурным брускам клетки.

В процессе кампании прокатки профиля двутавровой балки №12 (3100 тонн) был выявлен значительный резерв стойкости чистового универсального калибра. Так, за время работы вертикальных валков было проведено четыре перевалки горизонтальных валков, при этом выработка вертикальных валков была равномерной по высоте фланцев профиля, и по абсолютной величине не превышала 0,7 мм. Показатели стойкости чистовых валков и нагрузки на двигатель чистовой клетки сортопрокатного стана «550» по старому и новому способу прокатки двутавровой балки № 12 приведены в таблице.

Стойкость горизонтальных валков чистового универсального калибра в среднем составила 780 т, что в 3,0-3,5 раза больше стойкости традиционно используемого чистового закрытого калибра (таблица). Кроме того, благодаря по-

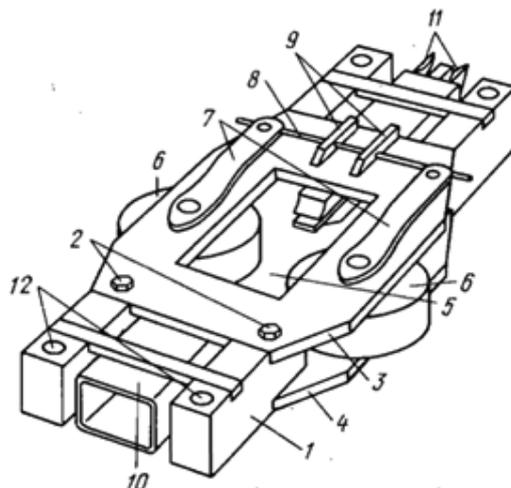


Рис. 1. Кассета конструкции ДМетИ с холостыми вертикальными валками

ступательному сведению горизонтальных и вертикальных валков универсального калибра в течение всей кампании, прокатка профиля производилась в минусовом поле допусков. Данная отличительная особенность позволила получить экономию металла в размере 2 % по сравнению с ранее используемой технологией прокатки данного профиля. Необходимо также отметить, что на 12-15 % были снижены токовые нагрузки на двигатель чистовой клетки стана «550».

При прокатке по новому способу двутавровой балки № 12 практически удалось устранить уклон по наружным граням фланцев данного профиля. По существующей ранее технологии это было весьма трудоёмким делом и приводило к усложнению процесса настройки стана с использованием специальной привалковой арматуры (выводных линеек). Также снизились показатели разнотолщинности и разноширинности фланцев профиля благодаря созданию более равномерной деформации составных структурных элементов профиля в последних калибрах.

Известен способ производства швеллеров с параллельными полками [8] с использованием чистовой универсальной клетки, включающий прокатку полков, их горячую гибку и окончательную правку с использованием для данной технологической операции роликоправильной машины (рис. 2.).

Согласно данному способу швеллерный раскат из чистового калибра, в котором полки прокатываются с уклоном φ_1 , находящемся в диапазоне 8-200 по отношению к вертикальной оси калибра при сохранении прямого угла между составными структурными

Показатели стойкости чистовых валков

Стойкость калибров	Существующая технология с чистовым закрытым калибром	Новая технология с универсальным калибром
Стойкость калибров горизонтальных валков, т	220-240	760-800
Стойкость калибров вертикальных валков, т	–	3100
Ток двигателя чистовой клетки, кА	1,40-1,43	1,20-1,25

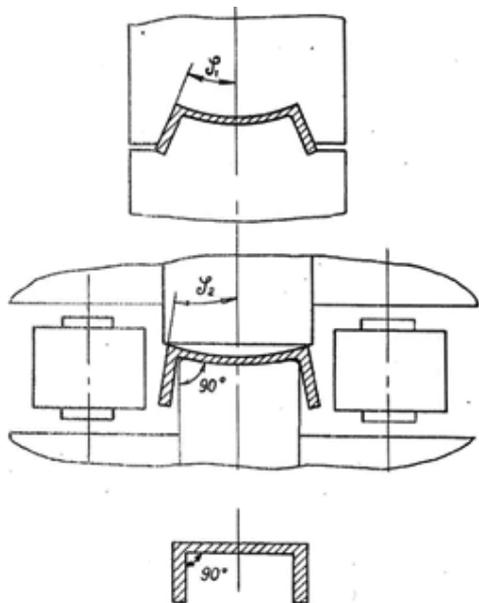


Рис. 2. Четырёхвалковый балочный калибр универсальной клетки

элементами швеллерного раската (его полками и стенкой), подаётся в четырёхвалковый балочный калибр универсальной клетки.

В данном многовалковом калибре производится выпрямление (доворачивание) полок швеллерного раската до уклона φ_2 , имеющего диапазон 1-30 по отношению к вертикальной оси калибра. При этом сохраняется прямой угол между внутренней поверхностью полок и стенкой формирующегося раската швеллерного профиля. Затем сформированный швеллерный раскат пилами горячей резки раскраивается на мерные и немерные длины, поступает на холодильник, охлаждается на нём до температуры 50-100 °С, после чего производится его окончательная доправка на роликоправильной машине.

Согласно [9] по вышеуказанному способу в условиях полунепрерывного крупносортового стана «600» АМК, производилась прокатка швеллерных профилей в фасонных калибрах. Формирование составных элементов швеллерных профилей заканчивалось в развёрнутом прямополочном чистовом калибре, с последующей подгибкой полок в горячем состоянии в чистовом четырёхвалковом балочном калибре универсальной клетки «580» с 30 до 3-4 %.

В дальнейшем в процессе проведения модернизации крупносортового стана «600» клеть «580» была дооборудована кассетой с неприводными вертикальными валками конструкции ДМетИ, благодаря чему в ней был сформирован упругий четырёхвалковый швеллерно-гибочный калибр (см. рис. 2), и клеть была использована как гибочная (взамен универсальной балочной).

Опытная прокатка швеллера № 20 с применением данной кассеты [10] показала увеличение жёсткости универсального калибра, что, в свою очередь, улучшило геометрию готового профиля.

Анализ технологии и используемого прокатного оборудования при прокатке рельсов в трапецевидных и двухвалковых калибрах линейных рельсоба-

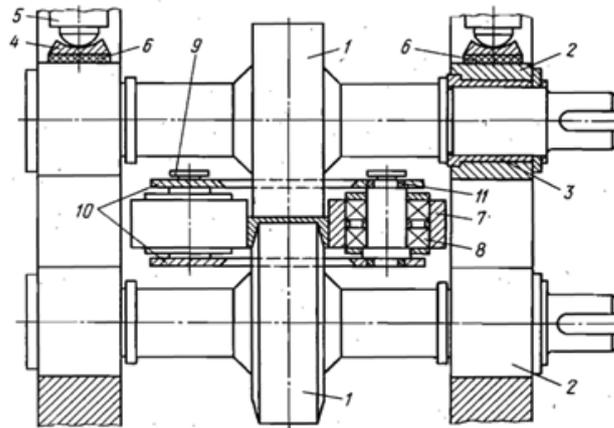


Рис. 3. Упругий четырёхвалковый швеллерно-гибочный калибр: 1 – горизонтальный валок; 2 – подушка; 3 – подшипник; 4 – подпятник; 5 – винт; 6 – упругий элемент; 7 – вертикальный валок; 8 – подшипник; 9 – эксцентриковое нажимное устройство; 10 – опорная плита; 11 – упругий элемент

лочных станов показал, что даже значительная деформация металла прямым давлением не является эффективным средством борьбы с поверхностными пороками металла. На поверхности рельсовых профилей всегда образуются дефекты прокатного производства в виде трещин и волосовин, при этом в процессе прокатки глубокие и грубые трещины вырабатываются лишь частично, а оставшиеся дефекты располагаются на поверхности подошвы и головки рельсового профиля.

Существующими классическими недостатками прокатки рельсовых прокатных профилей с использованием двухвалковых калибров закрытого типа с так называемым косым расположением калибров являются:

- одновременный захват в калибрах данного типа составных элементов формирующегося профиля – подошвы, головки и шейки рельса, так как из-за значительного различия высоты данных элементов более высокая подошва захватывается первой, затем обжимается головка и последней шейка рельсового профиля, что приводит к появлению значительных напряжений в местах сочленения данных составных элементов формирующегося профиля;

- применение конусов на бочках прокатных валков, необходимое для предотвращения осевого смещения косо расположенных рельсовых калибров, вызывающее уменьшение полезной длины бочки валков;

- наличие открытых и закрытых фланцев калибра, требующих их глубокого врезания в тело прокатных валков и вызывающих неравномерный износ калибра;

- невозможность проведения прямого обжатия головки и подошвы рельса в направлении оси его симметрии, вследствие чего металл имеет недостаточно плотную и мелкозернистую кристаллическую структуру.

Эти негативные особенности отсутствуют в применённом прокатном переделе ОАО «НКМК» нового способа прокатки железнодорожных рельсов из

непрерывнолитых заготовок в универсальных калибрах рельсопрокатного стана, сформированных комплектом прокатных валков, расположенных как в горизонтальной, так и вертикальной плоскости [11].

Согласно данному способу основным условием технологии производства рельсового профиля в универсальных калибрах современного рельсового стана является равенство вытяжек его составных структурных элементов – подошвы, шейки и головки, при их почти одинаковой температуре нагрева в процессе прокатки. В частности, прокатка рельсов в универсальных четырёхвалковых клетях предусматривает практически одновременную равномерную деформацию всего рельсового профиля. Конфигурация универсальных калибров обеспечивает сохранность выпуклости головки формирующегося рельсового профиля. Кроме того, головка рельса, как его наиболее нагружаемая рабочая поверхность, обрабатывается непосредственно в условиях прямого давления.

Одним из нестандартных типов универсальных рельсовых калибров является четырёхвалковый рельсовый калибр с различными диаметрами неприводных вертикальных валков (рис. 4).

Составные структурные элементы данного фасонного профиля (головка и подошва) испытывают различные режимы обжатий, так как головку рельса обжимает валок меньшего диаметра, чем подошву рельса. При этом достигается равенство длин дуг контакта металла с обоими вертикальными валками. Положительным моментом при использовании калибра данной конструкции является его малый износ, так как в нём ограничены колебания геометрических размеров раската и соответственно предъявляются жёсткие требования по соотношению обжатий в процессе прокатки.

Для перехода от обычной двухвалковой к универсальной калибровке на предприятии ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» (Россия) была проведена коренная реконструкция рельсобалочного стана и установлено новое технологическое оборудование – универсальный стан-тандем, состоящий из компактной группы клетей в составе двух универсальных и одной вспомогательной клетки, а также стоящей отдельно калибрующей универсальной клетки свободной прокатки U0, в которой выполняется последний чистовой пропуск рельсового раската [12]. Стан спроектирован и изготовлен ведущей компанией в области металлургического машиностроения SMS Meer с учётом всех последних разработок и инновационных техно-

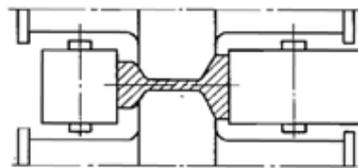
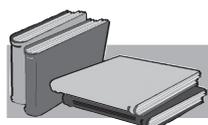


Рис. 4. Универсальный четырёхвалковый рельсовый калибр с различными диаметрами неприводных вертикальных валков

логий. Компактная группа клетей в исполнении CCS (CompactCartidgeStands – компактные кассетные клетки фирмы «SMS Meer») с валками и проводками, смонтированными в кассетах, имеют возможность быстрой переналадки на другой размер, что предоставляет возможность использовать различные схемы калибровки в клетях стана для получения рельсового раската. Помимо производства 100-метровых рельсов, универсальный рельсобалочный стан позволяет металлургическому предприятию «ЕВРАЗ ЗСМК» выпускать все виды фасонной продукции (рельсы, квадраты, швеллеры и другие прокатные профили).

Прокатка рельсовых профилей по специально разработанным калибровкам на новом рельсопрокатном стане «SMS Meer», снабжённом многовалковыми универсальными клетями (стан-тандем и чистовой клетки U0) выявила следующие основные качественные и экономические преимущества:

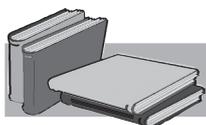
- повышается качество поверхности рельсового профиля, так как благодаря движению качения уменьшается трение между металлом и валками в очаге деформации;
- вследствие возникновения симметричной деформации снижаются напряжения в формирующемся рельсовом профиле;
- имеется возможность более точной регулировки в отношении получения допусков геометрических размеров прокатываемого профиля;
- снижаются энергосиловые параметры прокатки благодаря уменьшению сил трения между металлом и прокатными валками;
- полученный готовый рельсовый профиль характеризуется высокими механическими свойствами и мелкозернистой кристаллической структурой;
- снижаются финансовые затраты на приобретение прокатных валков.



ЛИТЕРАТУРА

1. Барков Л. Н. Прокатка малопластичных металлов с многосторонним обжатием / Л. Н. Барков, В. Н. Выдрин, В. В. Пастухов, В. Н. Чернышов. – Челябинск: Металлургия, 1938. – 304 с.
2. Лиханский В. С. Технология производства фасонных профилей с применением кассеты / В. С. Лиханский, В. Н. Гринцев. – Москва: Металлургия, 1986. – 232 с.
3. Луцкий М. Б. Производство двутавровых балок / М. Б. Луцкий. – Алчевск: ДГМИ, 2004. – 400 с.
4. Жадан В. Т. Производство двутавровых балок / В. Т. Жадан, Г. Д. Фейгин, И. М. Герман. М.: Там же. – 1972. – 192 с.

5. Чекмарев А. П. Освоение производства двутавровых балок и швеллеров с применением кассет с вертикальными валками конструкции ДМетИ / А. П. Чекмарев, В. Н. Гринавцев и [др.] // Обработка металлов давлением: сборник научных трудов / ДМетИ. – М.: Там же. – 1976. – № 59. – С. 87-94.
6. Опытнo-промышленная прокатка двутавровых балок на стане «650» завода «Азовсталь» с применением кассеты конструкции ДМетИ / В. Н. Гринавцев, М. С. Мутьев, Ю. В. Рождественский и [др.] // Обработка металлов давлением: сборник научных трудов / ДМетИ. – М.: Там же. – 1976. – № 59. – С. 95-103.
7. Прокатка двутавровой балки №12 на стане «550» с чистовым универсальным калибром / А. П. Грудев, А. Г. Тубольцев, А. Е. Писарев, А. Л. Чередниченко, Н. И. Пиндюрин. // Сталь. – 1981. – № 2. – С. 45-47.
8. А.с. 481338 СССР, МКИ4 В 21 В 1/08. Способ производства швеллеров / А. П. Чекмарев, А. Н. Несмачный, В. С. Лиханский, В. Н. Гринавцев, И. К. Дорожко, З. Т. Сохадзе, В. П. Судья, В. П. Поляков, А. С. Саркисян (СССР). – № 1859348/25-27; заявл. 19.12.1972; опубли. 25.08.1975, Бюл. № 31.
9. Чекмарев А. П. Опытнo-промышленная прокатка швеллера № 18 с параллельными полками / А. П. Чекмарев, А. П. Воропаев, А. С. Саркисян, В. С. Лиханский, А. Н. Несмачный, И. К. Дорожко, Н. П. Музыка, В. П. Судья // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1971. – № 1. – С. 21-25.
10. Прокатка швеллера № 20 на стане «600» с черновым универсальным калибром / А. Г. Тубольцев, С. В. Дик, И. К. Дорожко и [др.] // Сталь. – 1981. – № 6. – С. 47-49.
11. Патент 2299250 Российская Федерация. Способ прокатки рельсов / В. В. Павлов, В. В. Дорофеев, Е. Л. Кравченко и др. // Изобретения. Полезные модели. – 2004. – № 34. – С. 825.
12. Развитие технологии прокатки и процессов калибровки железнодорожных рельсов / А. В. Головатенко, К. В. Волков, В. В. Дорофеев, С. В. Степанов, А. В. Добрянский // Производство проката. – 2014. – № 2. – С. 25-39.



REFERENCES

1. Barkov L. N., Vydrin V. N., Pastukhov V. V., Chernyshov V. N. (1938). Prokatka maloplastichnykh metallov s mnogostoronnim obzhatiiem [Low-malleable metals rolling using multilateral compression]. Chelyabinsk: Metallurgy. [in Russian].
2. Likhanskii V. S., Grinavtsev V. N. (1986). Technologiiia proizvodstva fasonnykh profiley s primeneniem kassety [Technology of production of shapes by using a cassette]. Moscow: Metallurgy. [in Russian].
3. Lutskii M. B. (2004). Proizvodstvo dvutavrovyykh balok [Production of I-beams]. Alchevsk: DGMI. [in Russian].
4. Zhadan V. T., Feygin G. D., German I. M. (1972). Proizvodstvo dvutavrovyykh balok [Production of I-beams]. Moscow: Metallurgy. [in Russian].
5. Chekmarev A. P., Grinavtsev V. N. et al (1976). Osvoieniie proizvodstva dvutavrovyykh balok I shvellerov s primeneniem kasset s vertikalnymi valkami konstruksii DMeTI [Mastering the production of I-beams and channels with the use of cassettes with DMetI design vertical rolls]. Metal Forming: Proceedings. DMeTI. Moscow: Metallurgy. [in Russian].
6. Grinavtsev V. N., Turbidity M. S., Rozhdstvensky U. Y. et al. (1976). Opytno-promyshlennaia prokatka dvutavrovyykh balok na stane 650 zavoda «Azovstal» s primeneniem kassety konstruksii DMeTI [Experimental-industrial rolling H-beams on the wall «650» plant «Azovstal» DMeTI]. Metal Forming: Proceedings . DMeTI. Moscow: Metallurgy. [in Russian].
7. Grudev A. P., Tuboltsev A. G., Pisarev A. E., Cherednichenko A. L., Pindyurin N. I.(1981). Prokatka dvutavrovoy balki no 12 na stane «550» s tchistovym universalnym kalibrom [I-beam No 12 rolling on «550» mill using finishing universal caliber]. Stal' – Steel, 2, 45-47. [in Russian].
8. Chekmarev A. P., Nesmachny A. N., Likhanskii V. S., et al. Sposob proizvodstva shvellerov [A method for producing U-sections] A.s. no 481338 USSR, – no 1859348 (USSR), 25-27; appl. 19.12.1972; publ. 08.25.1975, Bull.no 31. [in Russian].
9. Chekmarev A. P., Nikolaev A. P., Sarkisyan A. S., et al. (1971). Opytno-promyshlennaia prokatka shvellera s parallelnymi polkami [Experimental-industrial rolling channel bar with parallel regiments no 18]. Metallurgicheskaya I gornorudnaya promyshlennost' – Metallurgical and Mining Industry, 1, 21-25. [in Russian].
10. Tuboltsev A. G., Dick S. V., Dorozhko I. K. et al. (1981). Prokatka shvellera no 20 na stane «600» s tchistovym universalnym kalibrom [Rolling sill no 20 to «600» with a rough universal mill caliber]. Stal' – Steel, 6, 47-49. [in Russian].
11. Pavlov V. V., Dorofeev V. V., Kravchenko E. L. et al. Sposob prokatki rel'sov [A method of rolling rails] Patent RF no 2299250, 2004. [in Russian].
12. Golovatenko A. V., Volkov K. V., Dorofeev V. V., Stepanov S. V., Dobriansky A. V. (2014). Razvitiie tehnologii prokatki I kalibrovki zheleznodorozhnykh rel'sov [The development of rolling technology and process calibration rails]. Proizvodstvo prokata. – Rolled products, 2, 25-39. [in Russian].

Анотація

Сухомлин С. А.

Нова концепція вдосконалення технологічного процесу прокатки фасонних профілів та модернізації обладнання лінійних рейкобалкових прокатних станів. Повідомлення 1

Показано можливість модернізації технологічного обладнання прокатних станів універсальними клітками з багатовалковими калібрами. Висвітлено результати досліджень, проведених у виробничих умовах з отриманням фасонних профілів прокату в універсальних клітках з використанням касет. Зокрема розглянуто питання підвищення якості поверхні і точності контрольованих геометричних розмірів таких фасонних профілів, як двотаврова балка, швелер, залізнична рейка, завдяки використанню універсальних багатовалкових калібрів, а також процеси деформації металу в даних багатовалкових калібрах.

Ключові слова

багатовалковий калібр, горизонтальні і вертикальні прокатні валки, касета, калібруюча кліть вільної прокатки, універсальний стан-тандем, мінусове поле допусків, енергосилові параметри прокатки, чистовий універсальний калібр

Summary

Sukhomlin S.

The new concept of process improving for rolling shaped sections and modernization of rail and linear rolling mills. Message 1

The possibility of technological equipment upgrading the mill stands by universal rolling mills with multi-roll passes is shown. The results of industry studies of shaped rolled profiles obtain using universal stands with cartridges are illustrated. In particular, the problems of surface quality and geometrical dimensions precision improvement for such shaped sections like I-beam, channel, railway rails due to use of universal are considered as well as processes of deformation of the metal in multi-roll pass.

Keywords

multi-roll pass, horizontal and vertical mill rolls, cartridge, free rolling gauging stand, universal mill tandem, negative tolerance zone, power parameters of rolling, finishing universal pass

Поступила 29.02.2016