

Освоение производства крупногабаритного профиля швеллера № 30П в условиях среднесортного стана «550»

В условиях второго прокатного передела ПАО «ЕВРАЗ-ДМЗ им. Петровского» разработан комплекс технических решений, позволяющий произвести компактное размещение на бочках сортопрокатных валков клетей среднесортного стана «550» группу развёрнутых калибров специальной формы и использовать их при производстве швеллера № 30П, а также обеспечить производство данного прокатного профиля, входящего в сортамент рельсобалочных прокатных станов, на среднесортном прокатном стане с минимально возможным расходом прокатных валков и затрачиваемой энергии.

Ключевые слова: швеллерный прокатный профиль 30П, полунепрерывный среднесортный стан «550», система развёрнутых калибров, коэффициент вытяжки, нейтральная линия калибров

Постановка проблемы. В настоящее время, в связи с постоянно изменяющейся конъюнктурой рынка металлопродукции, у её производителей возникает необходимость применения оригинальных технологических и технических решений, позволяющих в максимально сжатый срок произвести освоение и последующую постановку на производство новых видов металлопроката [1].

В условиях среднесортного стана «550» прокатного цеха №2 (ПЦ-2) ПАО «ЕВРАЗ-ДМЗ им. Петровского» инженерно-техническим персоналом ПЦ-2 был выполнен ряд технологических и технических мероприятий, позволяющих без проведения глубокого технического переоснащения основного и вспомогательного оборудования существенно расширить действующий сортамент данного прокатного стана [2].

В частности, технологическим персоналом стана и калибровочным бюро ПЦ-2, при поддержке руководства предприятия, был разработан способ прокатки профиля швеллер № 30П, который позволил при минимально возможных энергетических затратах осуществлять эффективное производство крупногабаритных швеллерных профилей в условиях среднесортного прокатного стана. При этом необходимо отметить, что габаритные размеры конфигураций поперечного сечения данного профиля в значительной мере превышают размеры швеллерных профилей, предусмотренных проектным сортаментом среднесортного стана «550».

Согласно проектному сортаменту, на среднесортном стане «550», состоящем из 8-ми объёмонапряжённых клетей «ДУО», расположенных последовательно в 2-х параллельных линиях, планировалось освоить швеллеры № 14 и 16. С помощью некоторых технических решений, в частности таких, как прокатка профиля швеллера № 22 фланцами вверх, разворот полок и работа без контрольного калибра, были освоены швеллеры № 8, 10, 12, 18, 20, 22 и 24.

Основные технические характеристики крупных номеров прокатных профилей швеллеров № 24П и № 30П, не входящих в проектный сортамент среднесортного стана «550», представлены в таблице 1.

Постановка задачи. Руководством предприятия перед инженерно-техническим персоналом прокатного передела ПАО «ЕВРАЗ-ДМЗ им. Петровского» была поставлена предметная организационно-техническая задача. В условиях среднесортного стана «550» разработать новый способ производства крупногабаритных профилей швеллерного типа, путём проектирования и создания системы развёрнутых фасонных калибров с уменьшенной горизонтальной проекцией в черновой группе, с постепенным увеличением её к чистовому калибру, окончательной правкой профиля в ролико-правильной машине (РМП).

При этом данный способ должен обеспечить стабильный и высокоэффективный процесс производства крупных номеров профилей данного типа, в частности швеллера № 30П, входящего в сортамент рельсобалочных станов, на имеющемся технологическом оборудовании.

Решение вышеуказанной технической задачи позволит добиться рационального использования длины бочки сортопрокатных валков при размещении (компоновке) на ней развёрнутых фасонных калибров, а также обеспечить производство швеллера № 30П с минимально возможным расходом прокатных валков и затрачиваемой энергии.

Анализ последних исследований и публикаций. До освоения на среднесортном стане «550»

Таблица 1

Основные технические характеристики швеллеров № 24П и 30П

Номер швеллера	Площадь поперечного сечения, см ²	Линейная плотность, кг/м	Справочные значения для осей (x - x) и (y - y)			
			момент			
			инерции J, см ⁴		сопротивления W, см ³	
	S	ρ	J _x	J _y	W _x	W _y
24П	30,19	24,0	2995,64	253,13	398,39	41,64
30П	40,88	31,8	5975,85	405,77	398,39	57,24

ПАО «ЕВРАЗ- ДМЗ им. Петровского» швеллер № 30П в Украине производился на рельсобалочном стане 900/800 ПАО «Меткомбинат Азовсталь» (Мариуполь) по способу постепенного сгибания полок с использованием 8-ми фасонных калибров.

Рельсобалочный стан 900/800 – линейного типа, имеет четыре клетки, расположенные в две линии: первая линия состоит из реверсивной двухвалковой клетки «900» (длина бочки валков 2540 мм) с приводом от электродвигателя мощностью 7,5 МВт (65-100-120 об/мин) через зубчатую муфту, шестерённую клетку и универсальные шпиндели.

Вторая линия состоит из двух черновых трёхвалковых клеток трио 800 (длина бочки валков 1930 мм) и одной чистовой двухвалковой клетки «дуо» 800 (длина бочки валков 1200 мм). Черновые трёхвалковые клетки приводятся от одного электродвигателя мощностью 7,0 МВт (80-140-180 об/мин), а чистовая двухвалковая клетка – от отдельного электродвигателя мощностью 1840 кВт (70-140 об/мин) [3].

Калибровка, разработанная согласно вышеуказанному способу, предусматривает расположение одного-двух переходных кривополючных калибров между калибрами развёрнутой формы и прямополючными калибрами [4]. Данная отличительная особенность позволяет обеспечить надёжную задачу развёрнутого профиля в сгибающий калибр без применения сложных вводных пропусков.

В условиях прокатного производства «Меткомбината «Азовсталь», в процессе прокатки швеллера № 30 по способу постепенного сгибания полок, исходная заготовка – блюмс прямоугольного поперечного сечения 230x340 мм, прокатывается в черновой дуо-реверсивной клетки «900» за пять проходов с 2-мя кантовками согласно технологической схеме прокатки, представленной в таблице 2.

Таблица 2

Технологическая схема прокатки исходной заготовки швеллера № 30 в черновой дуо-реверсивной клетки «900»

Проход	Калибр	Кантовка
1	1	–
2	1	90°
3	2	90°
4	3	–
5	3	–

Затем деформированная заготовка передаётся на чистовую линию, где её прокатывают за семь проходов на швеллер по прямополючной калибровке (по три прохода в клетях трио и последний проход в чистовой клетки дуо) [5]. При этом три фасонных калибра черновой линии прямополючной калибровки швеллера № 30 выполнены с уклоном наружных граней полок 15, 18 и 20 %, а калибры чистовой линии (кроме последнего чистового калибра) имеют изогнутую стенку и повышенный до 15-20 % уклон наружных граней полок.

Изложение основных материалов исследований. Практикой доказано, что возрастание геометрических размеров металлопроката, в частности крупных

номеров швеллерных профилей, неразрывно связано со значительным увеличением ширины формирующих их калибров, вследствие чего значительно увеличивается давление металла на прокатные валки, и возрастают энергосиловые параметры прокатки [6].

Опыт прокатки на среднесортном стане «550» швеллера № 24П показал, что если идти путём получения профиля швеллера № 30П по аналогии с разработанным ранее способом развёрнутой калибровки швеллера № 24П [7-8], то для его производства необходима изначальная заготовка с шириной в пределах 300-350 мм. При этом необходимо отметить, что в качестве исходного полупродукта для производства швеллера № 24П используется прямоугольная заготовка с размерами 280x135 мм.

Однако даже при таких геометрических размерных параметрах исходной заготовки нагрузки на привод рабочих клеток среднесортного стана «550» близки к предельным, а именно мощности электродвигателей черновой группы клеток недостаточны. Кроме того, при задержках производства и охлаждении исходной передельной заготовки срабатывает так называемая «предохранительная отсечка».

Новый способ прокатки, предназначенный исключительно для производства швеллера № 30П, который был разработан и применён, заключается не в одномоментном формировании, а в последовательном активном «растягивании» формирующейся «W-образной» стенки швеллерного раската в ширину, что позволяет избежать дополнительных нагрузок на привод рабочих клеток черновой линии стана.

Согласно разработанному способу, исходную передельную заготовку прямоугольной формы, с поперечным сечением 135x280 мм и соотношением высоты к ширине $H_0 / B_0 = 0,482$, выплавленную из полуспокойной или низколегированной стали марки Зпс, Зсп или 09Г2С, и сформированную в 5-ти калибрах заготовочной клетки рельсобалочного стана «800», вначале нагревают в методической печи стана «550» до температуры прокатки 1110-1180 °С.

Первый этап прокатки швеллера № 30П включает в себя прокатку в три прохода данной исходной прямоугольной заготовки в разрезном калибре обжимной реверсивной клетки № 1. Последующая прокатка формирующегося крупногабаритного швеллерного раската происходит в системе из 7-ми развёрнутых фасонных закрытых и открытых калибров черновой и чистовой групп клеток стана «550» (рис. 1).

Компоновка черновой группы клеток стана включает в себя закрытый профилирующий черновой калибр нереверсивной клетки № 2 и три закрытых черновых калибра ящичного типа группы нереверсивных клеток № 3-5. При прохождении сквозь них исходной заготовки последовательно формируются составные структурные элементы швеллерного раската в виде развёрнутых изогнутых полок и стенки знакопеременной волнообразной формы, образованной тремя дугообразными вогнуто-выпуклыми участками.

Необходимо также отметить, что формирование вогнуто-выпуклых участков стенки швеллерного раската происходит последовательно, от прохода к

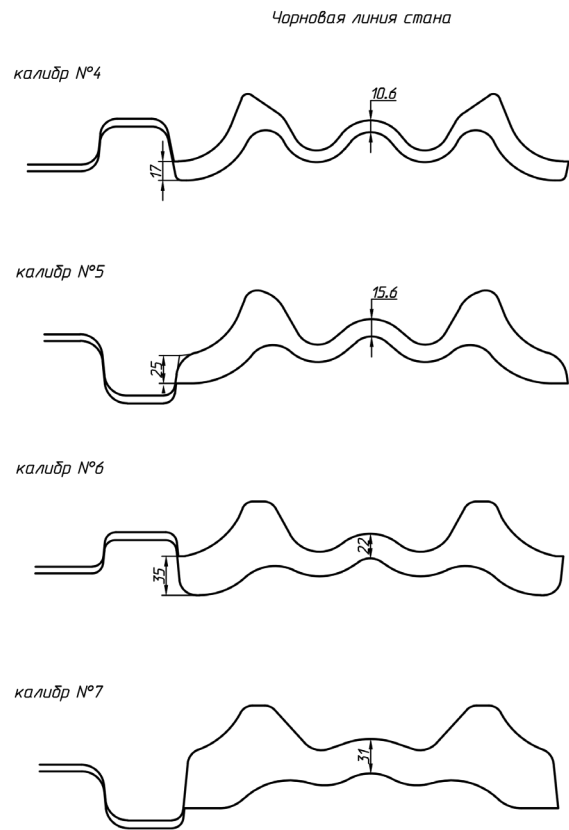
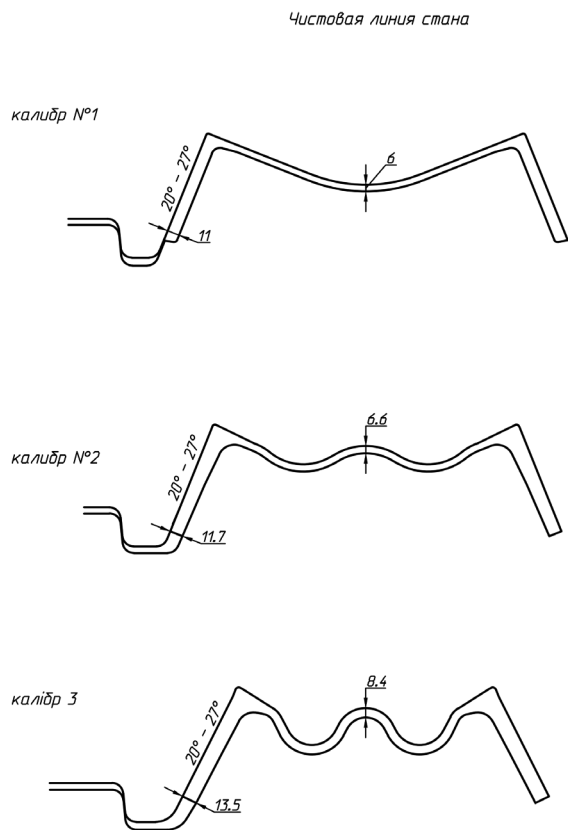


Рис. 1. Система развёрнутых фасонных закрытых и открытых калибров черновой и чистовой групп клетей среднесортного стана «550», используемых при производстве швеллера № 30П

проходу, в данной группе закрытых развёрнутых черновых калибров, с поступательным увеличением ширины каждого последующего калибра.

Затем полученный швеллерный раскат прокатывается в открытом развёрнутом промежуточном калибре клетки № 6 (в котором практически заканчивается формирование вогнуто-выпуклых участков стенки раската) и открытым и закрытым развёрнутыми фасонными калибрами чистовой группы нереверсивных клетей № 7-8.

В предчистовом и чистовом калибрах, стенка швеллерного раската 1 вначале активно «распрямляется» на три широких знакопеременных участка 2 волнообразной формы (рис. 2).

Затем в закрытом чистовом прямополочном калибре «волнообразная» стенка полностью «сглаживается» и окончательно формируются составные структурные элементы – изогнутая стенка 1 и развёрнутые полки 3 швеллерного раската профиля (рис. 3). При этом угол наклона наружных граней прямолинейных полок 3 швеллерного раската в чистовом, предчистовом и промежуточном калибрах по отношению к вертикальной оси, практически постоянен и находится в диапазоне 20-27°.

Полученный в процессе прокатки окончательно сформированный швеллерный раскат поступает холодильнику, по мере прохождения по холодильнику остывает до температуры 50-100 °С. Затем полки остывшего швеллерного раската «доворачиваются» роликотправильной машиной (РПМ), на величину угла наклона наружных граней прямолинейных полок

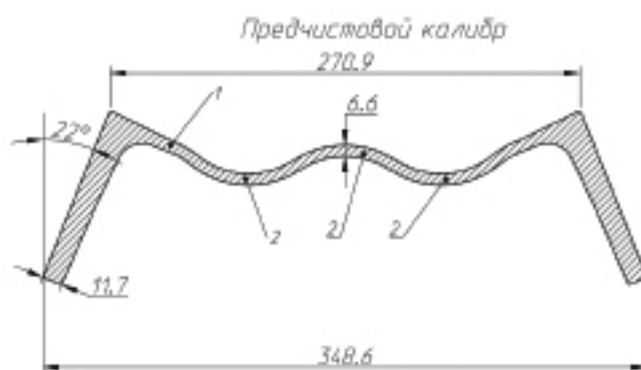


Рис. 2. Поперечное сечение раската крупногабаритного швеллерного профиля, сформированное в предчистовом прямополочном калибре открытого типа, используемом для «растягивания» стенки раската

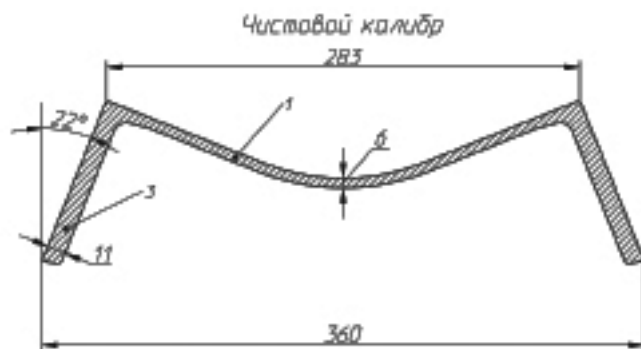


Рис. 3. Поперечное сечение раската швеллера № 30П в чистовом закрытом калибре, используемом для «сглаживания» стенки раската

к вертикали и становятся перпендикулярными внешней поверхности стенки, приобретающей в процессе холодной правки плоскую форму.

Таким образом, с помощью роликоправильной машины (РПМ), в процессе холодной правки получается готовый профиль швеллера № 30П с заданными конечными геометрическими размерами.

Основные технические показатели, характеризующие разработанный для среднесортного стана «550» способ прокатки крупногабаритного прокатного профиля швеллера № 30П – площадь поперечного сечения калибров (S), изменение (уменьшение) площади поперечного сечения калибров в количественном и процентном содержании (ΔS), коэффициент вытяжки (λ), полученный в данном калибре приведены в табл. 3.

Согласно таблицы 3, суммарный коэффициент вытяжки для профиля швеллера № 30П составляет:

$$(\lambda_{\text{сумм.}}) = (\lambda_1) \cdot (\lambda_2) \cdot (\lambda_3) \cdot (\lambda_4) \cdot (\lambda_5) \cdot (\lambda_6) \cdot (\lambda_7) \times \text{обжим} = 8,98.$$

Использование данного разработанного способа производства крупногабаритного швеллерного профиля позволяет производить швеллер № 30П, входящий в сортамент рельсобалочных станов, в условиях среднесортного стана «550», что не представляется возможным добиться никаким другим известным в настоящее время способом.


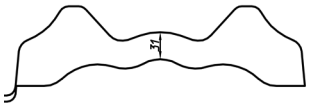
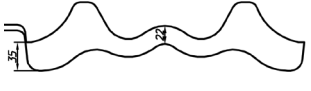
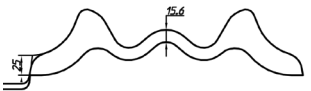
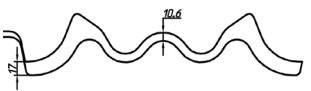
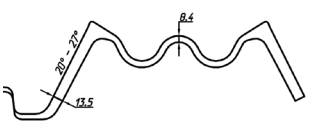
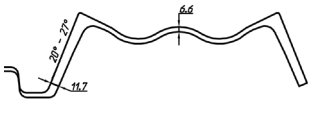
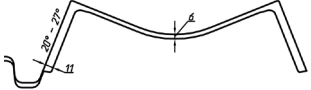
Выводы

Использование разработанного комплекса новых технических решений, задействованных в процессе прокатки на среднесортном стане «550» ПАО «ЕВРАЗ-ДМЗ им. Петровского» крупногабаритного прокатного профиля швеллера № 30П позволило:

– разработать новый метод расчёта развёрнутой калибровки валков для прокатки крупных номеров швеллеров, который заключается в использовании нового, общего для всех черновых фасонных калибров принципа формирования начальной конфигурации

Таблица 3

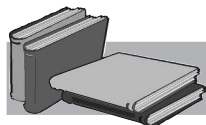
Технические показатели способа прокатки швеллера № 30П

Номер калибра	Конфигурация формы калибра (исходной заготовки)	Площадь поперечного сечения калибра (заготовки) S , мм ²	Уменьшение площади поперечного сечения калибра ΔS , мм ²	Уменьшение площади поперечного сечения калибра ΔS , %	Коэффициент вытяжки, полученный в данном калибре, λ
-	исходная заготовка	37800	-	-	-
обжим в три прохода		23842	13958	36,92	1,58
7		16847	6998	29,35	1,41
6		13000	3847	22,83	1,29
5		10354	2646	20,3	1,25
4		7146	3208	30,95	1,44
3		5565	1581	22,12	1,28
2		4689	876	15,74	1,18
1		4065	624	15,35	1,15

стенки швеллерного раската, с проведением последующей её активной деформации (растягивания и сглаживания) в открытом предчистовом и закрытом чистовом прямополочном калибре;

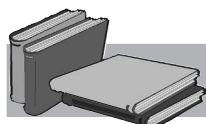
– повысить технологическую гибкость среднесортного стана «550» путём унификации геометри-

ческих параметров исходной заготовки, с целью возможности её дальнейшего использования при производстве не одного, а нескольких крупногабаритных швеллерных профилей.



ЛИТЕРАТУРА

1. Бергеман Г. В. Настрой на позитив и продуктивную работу / Г. В. Бергеман. – Новости науки Приднепровья. – 2012. – № 3-4. – С. 3-5.
2. Применение развернутой калибровки с использованием предчистового калибра нового типа при производстве швеллеров в условиях среднесортного стана 550 ОАО «ДМЗ им. Петровского»: темат. зб. наук. пр.: в 4-х т. Т. 4. Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні / Г. В. Бергеман, А. Н. Белик, С. М. Антонюк и др. – Краматорськ: ДДМА, 2006. – С. 242-247.
3. Прокатные станы: справочник: в 3-х т. Т.1. Обжимные, заготовочные и сортовые прокатные станы 500-950 / В. Г. Антипин, С. В. Тимофеев, Д. К. Нестеров и др. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Metallurgy, 1992 – 492 с.
4. Стефанов В. Е. Калибровка швеллеров методом постепенного сгибания / В. Е. Стефанов, Н. Ф. Протасов. – Сталь. – 1963. – № 8. – С. 724-728.
5. Жадан В. Т. Прокатка швеллера № 30 способом постепенного сгибания / В. Т. Жадан, В. Е. Стефанов // Сталь. – 1969. – № 2. – С. 158-159.
6. Илюкович Б. М. Прокатка и калибровка: справочник: Т. 5. / Б. М. Илюкович, Н. Е. Нехаев., В. П. Капелюшный. – Днепропетровск: РИА «Днепр-Вал», 2004. – 375 с.
7. Пат. UA 75971 Украина, МПК (2006) B21B 27/02. Спосіб прокатки профілів швелерного типу / Г. В. Бергеман, А. М. Білик, С. М. Антонюк, В. І. Бойко, І. В. Пелих; заявитель и патентообладатель И. В. Пельх. – № 75971; заявл. 01.04.2004; опубл.; 15.06.2006, Бюл. № 6.
8. Совершенствование технологии производства швеллеров с применением развернутой калибровки валков / Г. В. Бергеман, С. М. Антонюк, М. В. Краев и др. – Днепропетровск: АРТ-ПРЕСС, 2007. – 64 с.



REFERENCES

1. Bergeman, G. V. (2012). *Nastroy na pozitiv I productivnuyu rabotu [The mood on the positive and productive work News Dnieper science]*, Vol 3-4, pp. 3-5. [in Russian].
2. Bergeman, G. V., Belik, A. N., Antoniuk, S. M. et al (2006). *Primenenie razvernutoy kalibrovki s ispol'zovaniem predchistovogo kalibra novogo tipa pri proizvodstve shvellerov v usloviyakh srednesortnogo stana 550 ОАО «DMZ im. Petrovskogo» [Applications expanded calibration using a new type of before-finishing caliber in the production of U-sections in the medium-section mill 550 conditions of JSC «DMZ them. Petrovsky»]* Improving processes and equipment forming in metallurgy and mechanical engineering: Temat. Coll. Science. pr.(Vols. 1-4, vol 4) – Kramatorsk: DSMA, 242-247. [in Russian].
3. Antipov, V. G., Timofeev, S. V., Nesterov, D. K. et al (1992). *Rolling mills. prokatye stany :spravochnik: в 3-х т. Т. 1. obzhymnye, zagotovochnye i sortovye prokatnye stany 500-950 [Rolling mills. Directory. in 3 volumes. V.1. Crimp, billet and section mills 500-950]. / Directory. in 3 volumes. V.1. Crimp, billet and section mills 500-950, 2-nd ed., Rev. and ext. – М.: Metallurgy, 492. [in Russian].*
4. Stepanov, V. E., Protasov, N. F. (1963). *Kalibrovka shvellerov metodom postepennogo sgibaniya [Calibrate U-sections by progressive flexion]*. Steel, 8, pp. 724-728. [in Russian].
5. Zhadan, V. T., Stepanov, V. E. (1969). *Prokatka shvellera no 30 sposobom postepennogo sgibaniya [Rolling sill № 30 way gradual bending]*. Steel, 2, pp. 158-159. [in Russian].
6. Ilyukovich, B. M., Nehaev, N. E., Kapelyushny, V. P. et al (2004). *Prokatka I kalibrovka: spravochnik [Rolling and Calibration: Reference Guide.](vol 5) Dnepropetrovsk: RIA «Dnepr-Val», Vol 5, 375. [in Russian].*
7. Bergeman, G. V. et al. *Sposib prokatky profilif shvelernogo typu [A method of rolling channel type]*. Patent Ukraine, no 75971, 2006.
8. Bergeman, G. V., Antoniuk, S. M., Grachev, M. V. et al (2007). *Sovershenstvovanie tekhnologii proizvodstva shvellerov s primeneniem razvernutoi kalibrovki valkov [Improving sills technology with expanded calibration rolls]*. Dnepropetrovsk: ART-Press, pp. 64. [in Russian].

Анотація

Бергеман Г. В.

Освоєння виробництва крупногабаритного профіля швелера № 30П в умовах середньосортного стану «550»

В умовах другого прокатного переділу ПАТ «Євраз - ДМЗ ім. Петровського» розроблений комплекс технічних рішень, що дозволяє зробити компактне розміщення на бочках сортопрокатних валків клітей середньосортного стану «550» групу розгорнутих калібрів спеціальної форми і використовувати їх при виробництві швелера № 30П, а також забезпечити виробництво даного прокатного профілю, який входить в асортимент рейкобалкових прокатних станів, на середньосортному прокатному стані з мінімально можливою витратою прокатних валків і енергії.

Ключові слова

швелерний прокатний профіль 30П, напівбезперервний середньосортний стан «550», система розгорнутих калібрів, коефіцієнт витяжки, нейтральна лінія калібрів

Summary

Bergeman G.

Development of oversized channel № 30P production using medium-section mill «550»

In the context of the second rolling redistribution of PJSC «EVRAZ-DMZ them. Petrovsky» a set of technical solutions developed that allows you to make a compact arrangement on the drums section rolling roll cages medium-section mill «550» group deployed caliber special forms and use them in the manufacture of № 30P sill, as well as to ensure the production of the profile included in the assortment of rail and rolling mills, on medium rolling mill with the lowest possible consumption of rolls and expended energy.

Keywords

30P trough rolling profile, semi-medium-section mill «550», the system is deployed caliber, coefficient hood, neutral line caliber

Поступила 16.02.2016