

2. На основі математичного моделювання запропоновані схеми охолодження валків, які можуть забезпечити стабілізацію теплового стану валків у реверсивних клітках і в неперервних групах клітей – перспективну і економічну. Завдяки цьому час прокатки сляба, скорочується з 180с. до 80с.

Список літератури. 1. *Тришевский О. И., Салтавец Н. В.* Разработка математической модели теплового состояния полосы при прокатке // «Сталь». 2009. №2. С.42 – 46. 2. *Тришевский О. И., Салтавец Н. В.* Разработка математической модели теплового состояния валков при прокатке // «Сталь». 2011. № 12. С. 22 -26. 3. *Крейд Ф., Блэк У.* Основы теплопередачи. Пер. с англ.– М.: Мир, 1983.–512 с. 4. *Stevens P. G., Ivens K. P., Harper P.* Increasing work-roll by improved roll-cooling practice // Journal of the Iron Steel Institute. – 1971. – №1. – Р. 3-13. 5. Экспериментальное исследование усилий прокатки в чистой клетке стана 2250. Комитет промышленной политики Украины. ОАО Алчевский металлургический комбинат, ЧК НКП «Аверс», УкрНИИМет. Харьков, 2000, 39 с.

Надійшла до редколегії 20.09.2012

УДК 628.16:621.981.3

Аналіз теплового стану валків гарячої прокатки смуги при існуючих та перспективних схемах їх охолодження/ Тришевський О. І., Салтавець М. В., Бондаренко С. М.// Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХП». – 2012. – №47(953). – С. 199–204. – Библиогр.: 5 назв.

Приведены результаты теоретических исследований теплового состояния валков для горячей прокатки листа на примере чистой клетки стана 2250 Алчевского металлургического комбината. Даны рекомендации по применению эффективных схем охлаждения валков.

Ключевые слова: горячая прокатка, математическая модель, тепловое состояние валка, системы принудительного охлаждения.

The results of theoretical investigations of the thermal state of the rolls for hot-rollers on the example sheet finishing mill stand 2250 Alchevsk Steel plant. Recommendations for the use of effective schemes of cooling rolls.

Keywords: hot rolling, the mathematical model, the thermal state of the roll, the system of forced cooling.

УДК 621.771

А. Н. ТУМКО, канд. техн. наук, зам. начальника ЦЗЛ по передельному производству, ПАО «Электрометаллургический завод «Днепроспецсталь» им. А.Н. Кузьмина», Запорожье

О. А. ЯРОШЕНКО, начальник передельного производства – главный прокатчик, ПАО «Электрометаллургический завод «Днепроспецсталь» им. А.Н. Кузьмина», Запорожье

Ф. А. ГОЛУБИЦКИЙ, старший калибровщик ПАО «Электрометаллургический завод «Днепроспецсталь» им. А.Н. Кузьмина», Запорожье

А. В. ЖУПАНЕНКО, калибровщик ПАО «Электрометаллургический завод «Днепроспецсталь» им. А.Н. Кузьмина», Запорожье

Я. И. СПЕКТОР, канд. техн. наук, зав. лабораторией физического металловедения ГП «УкрНИИ Спецсталь», Запорожье

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОКАТА ДИАМЕТРОМ 40–75 ММ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ В УСЛОВИЯХ ПАО «ДНЕПРОСПЕЦСТАЛЬ»

В условиях ПАО «Днепроспецсталь» на станах 550 и 325 разработаны и внедрены технологии прокатки никелевых жаропрочных сплавов на прутки диаметром 40–75 мм, что позволило производить прокат ЖПС в непрерывном размерном сортаменте диаметром от 20 до 75 мм. Прокатка кругов диаметром 40 и 42 мм стала возможна на стане 325 за счёт замены квадратного калибра специальным ребровым калибром, который обеспечил необходимую устойчивость прокатываемой в нём овальной полосы и получение прямоугольного профиля для последующей прокатки в предчистовом овальном калибре. Усилия прокатки в предчистовом проходе уменьшены в 2–3 раза. Проведены исследования реологических свойств сплавов ЭИ893-ВД и ЭИ435 на торсионном пластометре.

© А. Н. Тумко, О. А. Ярошенко, Ф. А. Голубицкий, А. В. Жупаненко, Я. И. Спектор, 2012

Ключевые слова: жаропрочный сплав, прокатка, ребровой калибр, овальный калибр, усилие прокатки, схема прокатки, предчистовой проход, сопротивление деформации.

Введение. ПАО «Днепрспецсталь» имеет богатый опыт выплавки и деформирования жаропрочных сплавов. Однако опыт деформационного передела таких сплавов приобретён, главным образом, при изготовлении поковок на прессах и молотах. Прокат из жаропрочных сплавов производили только диаметром 20–38 мм на мелкосортном линейном стане 325, для которого разработана специальная технология прокатки сплавов ЭИ437Б-ВД (ХН77ТЮР-ВД), ЭИ787-ВД (ХН35ВТЮ-ВД), ЭП693-ВД (ХН68ВМТЮК-ВД), ЭП202-ВД (ХН67МВТЮ-ВД).

Большое количество проката производили из сплава ХН77ТЮР-ВД (ЭИ437Б-ВД) для лопаток турбинных двигателей. Этот сплав характеризуется широким температурным интервалом пластичности (950–1200 °С) и достаточно высокой скоростью последеформационной рекристаллизации [1, 2], что обеспечивает необходимую технологичность материала для прокатки.

Прутки диаметром 45–75 мм из жаропрочных сплавов традиционно производили ковкой на молотах. Однако при всех своих достоинствах ковка является малопроизводительным, энергоёмким процессом с большими потерями металла в окалину, кусковые отходы, абразивную пыль и стружку, что обуславливает высокую себестоимость поковок и низкую их рентабельность. Проведённая реконструкция крупносортного стана 550 за счёт повышения жёсткости клетей и увеличения мощности привода рабочих клетей позволила начать освоение прокатки кованных заготовок жаропрочных сплавов на прутки диаметром 45–75 мм вместоковки.

Наиболее подходящим материалом для экспериментальных работ стала жаропрочная сталь ЭП33-ВД (10Х11Н23ТЗМР-ВД), которая имеет высокую пластичность при температуре от 950° до 1050° С, приемлемую для обработки давлением в интервале температур 900–1080° С. Повышение температуры выше 1100° С приводит к полной потере пластичности, а при 900° С металл обладает высоким сопротивлением деформации.

Сравнив реологические свойства стали ЭП33-ВД со свойствами стали 10Х17Н13М2Т [3], легко прокатываемой на сортовых станах, пришли к выводу о возможности прокатки стали ЭП33-ВД на стане 550. При этом температурные условия деформации выбирали с учётом опытаковки этой стали на прессах и молотах. Для прокатки использовали кованую заготовку сечением 115x115 мм, нагретую в методической печи до 1060–1080 °С, и режим деформации для быстрорежущих сталей.

При прокатке жаропрочной стали ЭП33-ВД на стане 550 расходный коэффициент составил 1,037, при обточке и сдаче – 1,176. При ковке этой стали на молотах расходный коэффициент равен 1,089, при последующей обдирке кованных прутков – 1,267. Замена операцииковки на молотах прокаткой на стане 550 для стали ЭП33-ВД позволила уменьшить расходы по переделу в 5 раз.

Более сложной задачей явилось освоение прокатки на крупносортном стане жаропрочных сплавов на никелевой основе ЭИ893-ВД (ХН65ВМТЮ-ВД) и ЭИ435 (ХН78Т), химический состав которых приведён в табл. 1.

Сплав ЭИ435 обладает однородной структурой твёрдого раствора хрома в никеле. Низкое содержание титана, азота и углерода обуславливает образование небольшого количества карбидов и нитридов титана, которое не оказывает заметного влияния на пластичность металла. Сплав ЭИ893-ВД содержит 20–25 % упрочняющей интерметаллидной γ' -фазы и некоторое количество карбидов, выделяющихся из раствора при температуре ниже 1100° С. Из-за высокого содержания легирующих элементов γ' -фаза в сплаве ЭИ893-ВД выделяется интенсивно и в больших количествах при температуре ниже 1000° С, из-за

чего этот сплав характеризуется узким температурным интервалом горячей пластичности, меньшей пластичностью и высоким сопротивлением деформации.

Таблица 1. Химический состав жаропрочных сталей и сплавов

Сталь (сплав)	Массовая доля элементов, %											
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Al	W	Mo	Fe	B	Ce
ЭП33-ВД	Не более 0,1 0,6 0,6			10,0 12,5	21,0 25,0	2,6 3,2	н.б. 0,8	– –	1,0 1,6	Основа	н.б. 0,02	– –
ЭИ893-ВД	Не более 0,05 0,6 0,5			15,0 17,0	Основа	1,2 1,6	1,2 1,6	8,5 10,0	3,5 4,5	Не более 3,0 0,01 0,025		
ЭИ435	Не более 0,12 0,8 0,7			19,0 22,0	Основа	0,15 0,35	н.б. 0,15	– –	– –	н.б. 1,0	– –	– –

Известные данные по реологическим свойствам жаропрочных сплавов[3] не всегда воспроизводятся, так как существенное влияние на пластичность и сопротивление деформации оказывают технологические особенности выплавки, переплава и деформирования.

Металл, полученный в условиях «Днепрспецстали» путём индукционной выплавки и последующего вакуумно-дугового переплава, по реологическим свойствам отличается от металла, полученного открытой дуговой выплавкой на других заводах. В связи с этим выплавленные на «Днепрспецстали» сплавы ЭИ893-ВД и ЭИ435 исследовали на торсионном пластометре IRSID фирмы Setaram (Франция), установленном в ГП «УкрНИИ Спецсталь» (г.Запорожье). Испытания на пластометре проводили со скоростями деформации 0,5 и 5 с⁻¹, доводя образец до разрушения при непрерывном и дробном кручении.

Так как высокотемпературное кручение характеризуется неравномерностью деформации, которая изменяется от максимальных значений на поверхности до минимальных значений в центре цилиндрического образца, первичные диаграммы крутящий момент – число скручиваний пересчитывали в диаграммы истинное напряжение – истинная деформация, используя следующие соотношения:

$$\sigma = \sqrt{3} \tau, \varepsilon = \gamma / \sqrt{3},$$

где σ – истинное напряжение; τ – напряжение сдвига, определяемое отношением

$$\tau = 3M/2 \pi r,$$

где M – крутящий момент; r – радиус рабочей части образца,

ε – истинная деформация; γ – относительный сдвиг, равный

$$\gamma = r\varphi/l,$$

где φ – угол закручивания; l – длина рабочей части образца.

При непрерывном деформировании сплава ЭИ893-ВД (табл. 2) установили, что рациональная температура нагрева, исходя из сохранения пластических свойств сплава, равна 1220° С. Следует отметить, что при 1250° С сплав обладает достаточной пластичностью при кручении (9,3 оборота до разрушения) при скорости деформации 5 с⁻¹, но поведение кривой упрочнение-разупрочнение носит аномальный характер: нет стадии упрочнения в начале деформации, а сразу же начинается разупрочнение, что не согласуется с физическими законами пластической деформации.

Уменьшение скорости деформации от 5 до 0,5 с⁻¹ снижает максимальное значение сопротивления деформации на 30 % при 1220° С, на 36 % – при 1140° С и на 24 % – при 1000° С

(см. табл. 2), что указывает на склонность сплава к значительному разупрочнению в процессе горячей деформации за счёт динамических процессов возврата, полигонизации и рекристаллизации. Это подтверждает опыт с дробным деформированием, моделирующим процесс прокатки на стане 550, который включал нагрев образцов до 1220° С, выдержку в течение 5 мин и многократное кручение со степенью деформации 25 % при каждом акте деформирования со скоростью 5 с⁻¹ и междеформационными паузами 5 с.

Таблица 2. Результаты пластометрических испытаний

Марка стали, сплава	Температура деформации, °С	Максим. крутящий момент, М _{max} , кГс-м	Максимальное сопротивление деформации σ _{max} , МПа	Число скручиваний до разрушения, обор.	Суммарная степень деформации, %
скорость деформации 0,5 с ⁻¹					
ЭИ435	900	144	432	6,1	132,6
	1000	115	345	17,7	384,8
	1100	82	246	33,2	721,7
	1220	50	150	59,3	1289,1
	1250	50	150	45,6	991,3
ЭИ893 ^x пл. 751476	1000	158	474	8,2	178,3
	1100	120	360	9,4	204,3
	1140	100	300	15,1	328,3
	1180	64	192	14,9	323,9
	1220	71	213	13,6	293,7
	1250	64	192	9,3	202,2
ЭИ893 ^{xx} пл. 751623	1030	150	450	7,1	154,3
	1125	122	366	16,6	360,9
	1200	94	282	12,2	265,2
	1220	90	270	12,4	269,6
	1250	60	180	8,3	180,4
скорость деформации 0,5 с ⁻¹					
ЭИ435	900	118	354	11,0	239,1
	1000	56	168	37,4	813,0
	1220	32	96	68,2	1482,6
ЭИ893	1000	120	360	23,1	502,2
	1140	64	192	52,4	1139,1
	1220	50	150	25,3	550,0

Образец во время испытания охлаждался с печью и разрушился при 1020° С, когда суммарная степень деформации составила 1200 % (число скручиваний до разрушения 55,1). При этом максимальное сопротивление деформации при 1220° С составило 249 МПа, при 1020° С – 384 МПа.

Таким образом, дробное деформирование повышает ресурс пластичности сплава ЭИ893-ВД более чем в 3 раза и снижает максимальное сопротивление деформации на 15–20 %.

Пластометрические исследования сплава ЭИ435 показали, что данный материал обладает достаточными технологическими свойствами для прокатки при 1250–1000° С (табл. 2). Для него характерно большое влияние скорости деформации на сопротивление деформации: уменьшение скорости деформации с 5 до 0,5 с⁻¹ снижает максимальное зна-

чение сопротивления деформации (σ_{max}) при 900° С на 18 %, при 1100° С – на 32 %, при 1220° С – на 37 % (см. табл. 2).

На основании результатов пластометрических исследований разработан температурный и деформационный режимы прокатки кованой заготовки сечением (115x115–120x120) мм жаропрочных сплавов на сортовые прутки диаметром 45–75 мм. Нагрев заготовок производили в методической печи при температуре в сварочной и томильной зонах 1200° С для сплава ЭИ893-ВД и 1180° С для сплава ЭИ435. Заготовки прокатывали в первой клети стана 550 в системе ящичных калибров за четыре прохода до сечения 100x100 мм, во второй клети – по системе ромб-квадрат за два-шесть проходов (в зависимости от размеров чистового профиля). В третьей клети с целью уменьшения усилия прокатки осуществляли два прохода в овальных калибрах: в подготовительном овале и в предчистовом овале (рис. 1). В четвертой клети за один проход из овала получали чистовой круглый профиль.

Суммарный коэффициент вытяжки в зависимости от диаметра готового проката изменялся от 2,9 до 6,2. Температура конца прокатки составляла 1010–1030° С. Усилие прокатки оценивали по силе тока на якоре двигателя, которая при оптимальном температурно-деформационном режиме прокатки не превышала 80 % максимально допустимых значений.

По разработанной технологии произведены промышленные партии проката диаметром 45–75 мм с последующей обточкой на диаметр 42–70 мм. Всего получено более 300 т проката из жаропрочных сплавов. Расходные коэффициенты при прокатке и последующей обточке приведены в табл. 3. Они значительно ниже, чем при ковке на молотах.

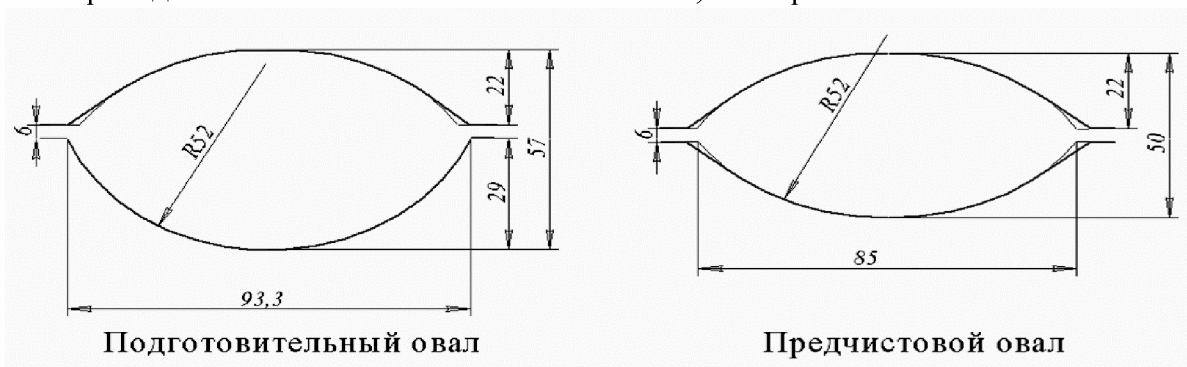


Рис. 1 – Овальные калибры для прокатки ЖПС на стане 550.

Механические свойства полученного проката (табл. 4) значительно превышают требования технических условий и стандартов.

О качестве металла получены положительные отзывы от потребителей, в том числе и от западноевропейских.

Таблица 3. Расходные коэффициенты при производстве проката из жаропрочных сплавов на стане 550

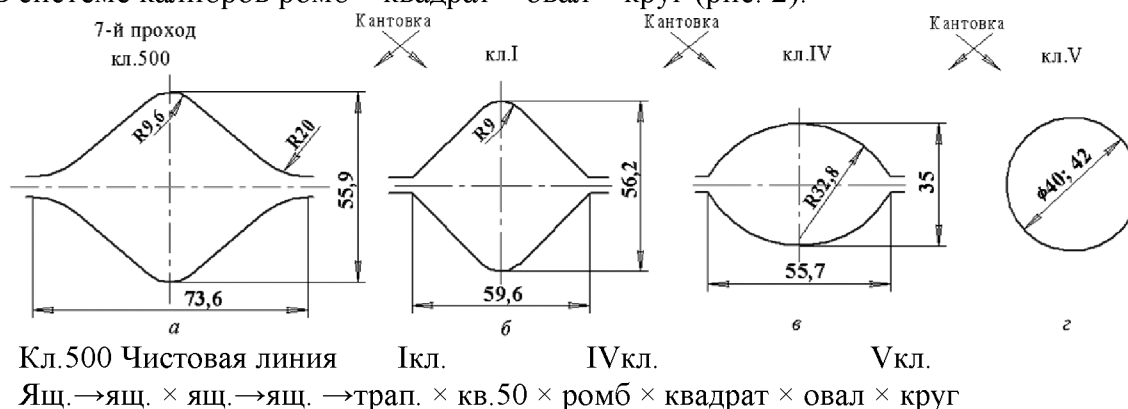
Сплав	Расходный коэффициент		
	при прокатке	при обточке	сквозной
ЭИ435	1,070	1,134	1,231
ЭИ893-ВД	1,080	1,119	1,209
ЭП33-ВД	1,037	1,176	1,220

Таблица 4. Механические свойства проката жаропрочных сплавов

Сплав	Температура испытания, °С	Предел текучести, σ_t , Н/мм ²	Предел текучести, σ_b , Н/мм ²	Относит. удлинен. δ_5 , %	Относит. сужение Ψ , %	Ударная вязкость КСУ, Дж/см ²
ЭИ893-ВД	20	560–630	1005–1140	42–46	45–51	60–120
	750	560–630	690–830	42–52	47–56	60–120
ЭИ435	20	220–250	680–710	51–54	68–77	60–120
ЭП33-ВД	20	800–890	1130–1280	24–28	36–48,5	62–91

Таким образом, в Украине на ПАО «Днепрспецсталь» было освоено производство проката никелевых и железоникелевых жаропрочных сплавов в круглых профилях диаметром 20–38 и 45–75 мм, и не было технологии прокатки прутков ЖПС диаметром 40–42 мм, потребность в которых в энергетическом машиностроении весьма значительная. Заказы на эту высокорентабельную металлопродукцию не принимали и потребители в том числе и украинские такие заказы вместе с сопутствующими профилями жаропрочных сплавов размещали на других предприятиях-конкурентах. Завод при этом терял и рынки сбыта, и дополнительную прибыль. Поэтому освоение производства проката диаметром 40–42 мм и расширение марочного сортамента на стане 325 из жаропрочных сплавов на никелевой основе было актуальной технологической задачей.

Действующая схема прокатки кругов $\varnothing 40$ –42 мм на стане 325 включает деформацию в системе калибров ромб – квадрат – овал – круг (рис. 2).

Рис. 2 – Действующая схема прокатки кругов $\varnothing 40$ –42 мм на стане 325.

При такой схеме прокатки жаропрочных марок сталей на круг $\varnothing 40$ –42 мм расчетные нагрузки при деформации квадрата в овале IV-й клетки превышают допустимые нагрузки на клеть (110т) и составляют ~148–151 т.

Для снижения нагрузок при прокатке ЖПС в чистовой линии стана на первом этапе была разработана и опробована калибровка валков, предусматривающая два дополнительных прохода на обжимной клетке 500, а на первой клетке – транспортный овальный калибр для передачи раската от клетки 500 на IV клетку чистовой линии стана (рис. 3)

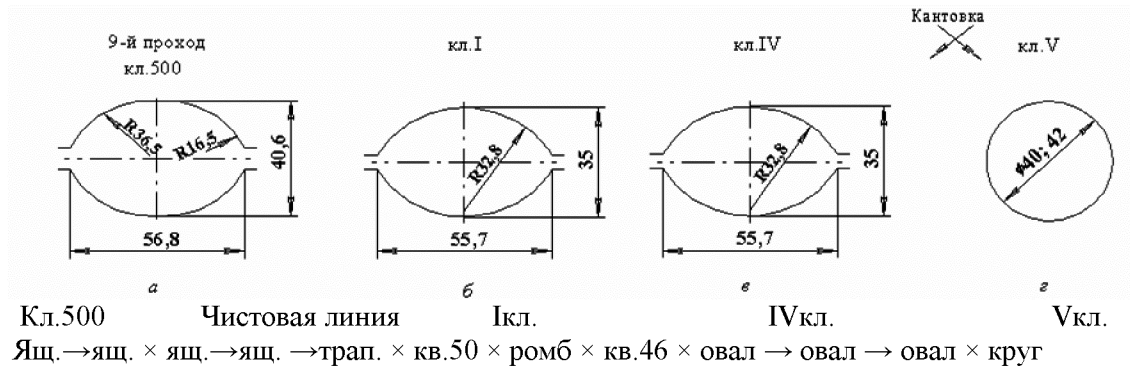


Рис. 3 – Схема прокатки для кругов $\varnothing 40\text{--}42\text{мм}$ с двумя дополнительными проходами на клети 500

Расчетные нагрузки при такой схеме прокатки ЖПС в IV клети чистовой линии были значительно снижены. Однако такая схема прокатки имела ряд недостатков:

- из-за дополнительных двух проходов на клети 500 значительно увеличилось общее время прокатки с потерей пластичности сплава в последних проходах;
- раскат из последнего овального калибра клети 500 выходил винтообразным, что приводило к невозможности задачи такого раската в первую клеть чистовой линии.

Устранить сильное кручение овального раската в последнем проходе на обжимной клети 500 не удалось, поэтому от прокатки металла по данной схеме отказались.

На основании результатов проведенных экспериментов, опыта производства жаропрочных сплавов на станах 325 и 550, а также анализа различных схем прокаток на втором этапе освоения прокатки ЖПС кругов $\varnothing 40\text{--}42\text{ мм}$ была разработана калибровка валков, приведенная на рис.4

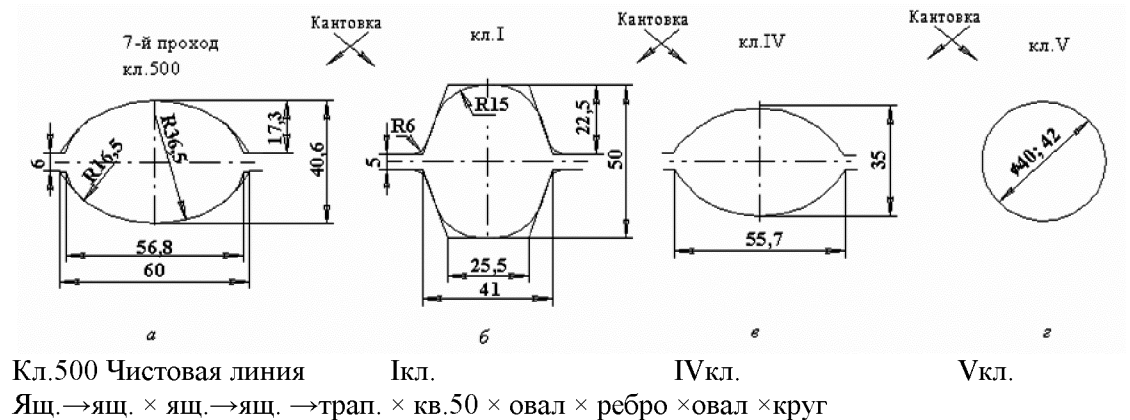


Рис. 4 – Схема прокатки для кругов $\varnothing 40\text{--}42\text{ мм}$ с ребровым калибром на I-й клети чистовой линии

Отличительной особенностью данной схемы прокатки явилось то, что на первой клети чистовой линии был применен специальный ребровой калибр (рис. 5а), который обеспечил хорошую устойчивость металла при прокатке в нем овальной полосы. Позже для улучшения качества поверхности готового профиля дно калибра скруглили радиусом R15 мм (рис. 5б).

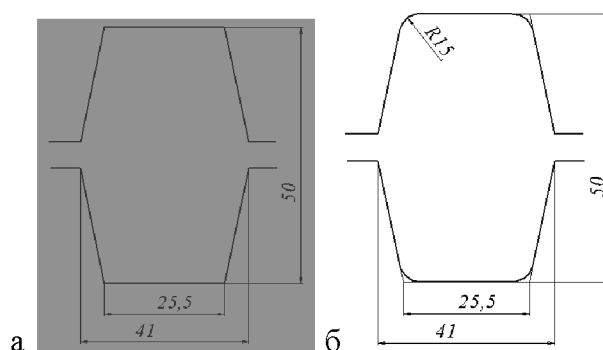


Рис. 5 – Ребровой калибр I-й клетки чистовой линии стана 325:
а – без закругления дна калибра; б – с закруглением дна калибра.

Предварительные расчеты энергосиловых параметров показывали, что при прокатке кругов $\varnothing 40$ и 42 мм особо труднодеформируемого сплава ЭИ893 нагрузка на 4-й клетки составят $\approx 27 - 46$ т, что значительно ниже допустимой (110т). В связи с тем, что на стане 325 отсутствуют средства измерения усилий прокатки, также были рассчитаны токовые нагрузки на главные привода клетки 500 и чистовой линии (табл. 5).

Таблица 5. Усилия и токовые нагрузки на стане 325 при прокатке жаропрочного сплава ЭИ893 на круг $\varnothing 42$ мм

Клеть Параметры	Кл.500							Чистовая линия		
	ящ.	ящ.	ящ.	ящ.	трап.	кв.	ов.	I	IV	V
Приведенное обжатие, мм	13	15	21	21	13	32	7	3	1	12
Вытяжка μ	1,14	1,18	1,15	1,24	1,39	1,48	1,21	1,02	1,04	1,24
Скорость деформации, c^{-1}	7,1	8,6	7,7	10,5	14,8	15	14,9	5,6	9,1	19,2
Температура, $^{\circ}C$	1150	1145	1140	1135	1130	1120	1110	1090	1060	1030
Соппротивление деформации, $кг/мм^2$	22,1	24,4	24,8	29,3	34,6	38,8	34,3	13,7	19,4	41,9
Усилие прокатки, т	189	211	170	223	291	252	144	14	27	98
Сила тока, кА	2,0	2,3	2,0	2,9	3,7	4,0	1,5	0,1	0,1	1,2

Опытная прокатка конструкционных марок сталей, а затем и жаропрочных сплавов ЭИ602-ВД в круге $\varnothing 42$ мм и ЭИ893-ВД в круге $\varnothing 40$ мм подтвердила возможность производства проката из никелевых жаропрочных сплавов по разработанной схеме прокатки. Произведено более 20т проката диаметром 40–42 мм. Расчетные значения усилий прокатки и токовых нагрузок, а также фактические токовые нагрузки при прокатке на стане 325 приведены в табл. 6.

Таблица 6. Усилия и токовые нагрузки на стане 325 при прокатке жаропрочного сплава ЭИ602 на круг $\varnothing 42$ мм

Клеть		Кл.500							Чистовая линия			
Калибр		ящ.	ящ.	ящ.	ящ.	трап.	кв.	ов.	I	IV	V	
Нагрузки	Расчёт-ные	Усилие, т	195	222	182	243	322	280	160	15	30	109
		Сила тока, кА	2,0	2,3	2,0	2,9	3,7	4,0	1,5	0,1	0,1	1,2
	Факти-ческие	Сила тока, кА	2,3	2,8	3,2	2,7	3,1	2,7	1,5	0,2	0,2	1,1

Выводы. В условиях ПАО «Днепроспецсталь» на станах 550 и 325 разработаны и внедрены технологии прокатки никелевых жаропрочных сплавов на прутки диаметром 40–75 мм, что позволило производить прокат ЖПС в непрерывном размерном сортаменте диаметром от 20 до 75 мм.

Список литературы: 1. *Полищук Н.Ф.* Улучшение свойств жаропрочного сплава ХН77ТЮР-ВД / Н.Ф. Полищук, А.Н. Тумко, В.Т. Жадан, В.А. Трусов // Сталь. -1997.- № 11. – С. 48-52. 2. *Спектор Я.И.* Термокинетические диаграммы рекристаллизации аустенита при горячей прокатке специальных сталей / Я.И. Спектор, И.Н. Куничкая, Ю.В. Яценко, Р.В. Яценко, А.Н. Тумко // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2008. – № 7 (637).-С. 6-9. 3. *Полухин П.И.* Сопротивление пластической деформации металлов и сплавов. Справочник / П.И. Полухин, Г.Я. Гун, А.М. Галкин. – М.: Металлургия, 1983. – 352 с.

Надійшла до редколегії 15.10.2012

УДК 621.771

Разработка и внедрение технологии производства проката диаметром 40–75 мм жаропрочных сплавов в условиях ПАО «ДНЕПРОСПЕЦСТАЛЬ» / Тумко А. Н., Ярошенко О. А., Голубицкий Ф. А., Жупаненко А. В., Спектор Я. И. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХП». – 2012. – №47(953). – С. 204-212. –Библиогр.: 3 назви.

В умовах ПАТ «Дніпроспецсталь» на станах 550 і 325 розроблені і впроваджені технології прокатки нікелевих жароміцних сплавів на прутки діаметром 40–75 мм, що дозволило виробляти прокат ЖПС в безперервному розмірному сортаменті діаметром від 20 до 75 мм. Прокатка кіл діаметром 40 і 42 мм стала можлива на стані 325 за рахунок заміни квадратного калібру спеціальним ребровим калібром, який забезпечив необхідну стійкість прокатуваної в ньому овальної смуги та отримання прямокутного профілю для подальшої прокатки в предчистовому овалному калібрі. Зусилля прокатки у предчистовому проході зменшені в 2–3 рази. Проведені дослідження реологічних властивостей сплавів ЭИ893-ВД і ЭИ435 на торсіонному пластометрі.

Ключові слова: жароміцний сплав, прокатка, ребровий калібр, овальний калібр, зусилля прокатки, схема прокатки, предчистовий прохід, опір деформації.

rolling technology of bars 40-75 mm in diameter of nickel heat-resistant alloys was developed and implemented on mills 550 and 325 in PJSC "DSS", which allowed producing rolling heat-resistant steel in a continuous size schedule from 20 mm to 75 mm in diameter. Rolling of bars 40 and 42 mm in diameter became possible on the mill by replacing on the 325 mill the square pass by special edging groove, which provided the necessary stability of the rolled strip in it and getting a rectangular section for subsequent rolling in prefinishing oval pass. Roll force in prefinishing is reduced in 2-3 times. The research of the rheological properties of the alloys ЭИ893-ВД and ЭИ435 was conducted on torsion plastometer.

Keywords: heat-resistant alloy, rolling, edging groove, oval pass, roll force, rolling schedule, prefinishing, strain resistance.

УДК 37.011.33

В. О. ЄВСТРАТОВ, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХП»,
Я. В. КУТЕЦЬКИЙ, інженер-програміст, НТУ «ХП»

РОЛЬ ТЕРМІНА І ОБРАЗУ В НАВЧАННІ СТУДЕНТА

Статтю присвячено опису важливих підходів до педагогіки вищої школи, зокрема термінології та єдності терміна і його образу у свідомості студента.

Ключові слова: фактологічна школа, методологічна школа, термін, універсальна схема визначення будь-якого поняття, вербальна, графічна, математична мови, образ,

Вступ. Кінець ХХ і початок ХХІ століть призвели до усвідомлення надзвичайного факту: у зв'язку з тим, що об'єм знань подвоюється кожні 7... 10 років, а строки навчання в

© В. О. Євстратов, Я. В. Кутецький, 2012