

2. Барановский, Д. С. Совершенствование прокатки по «слигтинг-процессу» в контрольном калибре стана 320 ОАО «БМЗ» / Д. С. Барановский, И. В. Астапенко // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XXI Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 22–23 апр. 2021 г. В 2 ч. Ч. 1 / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – С. 93–97.
3. Астапенко, И. В. Оборудование прокатных цехов : практикум по выполнению лаборатор. работ для студентов специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалообработка (по направлениям)», направления 1-42 01 01-01 «Металлургическое производство и материалообработка (металлургия)», специализации 1-42 01 01-02 01 «Обработка металлов давлением» днев. и заоч. форм обучения / И. В. Астапенко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2015. – 47 с.
4. Королев, А. А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов / А. А. Королев. – М. : Metallurgia, 1985. – 375 с.
5. Илюкович, Б. М. Прокатка и калибровка. В 6 т. Т. 1. Основы теории калибровки. Калибровка блюмов и заготовки, кругов и шестигранников, квадратной стали, проволоки и арматуры : справочник / Б. М. Илюкович, Н. Е. Нехаев, С. Е. Меркурьев ; под ред. Б. М. Илюковича. – Дніпропетровськ : ДніпроВАЛ, 2002. – 506 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И РЕЖИМА ДВУХСТАДИЙНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ПРИ ОСВОЕНИИ ПРОИЗВОДСТВА АРМАТУРЫ № 6 КЛАССА А500

А. А. Кучков, Г. А. Слепнев

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель И. В. Астапенко

Проведены исследования по оптимизации химического состава и режима двухстадийного охлаждения в процессе освоения производства бунтовой арматурной катанки № 6 на стане 370/150.

Ключевые слова: горячая прокатка, бунтовая арматура, двухстадийное охлаждение, химический состав, катанка.

Цель работы – провести анализ технологического процесса двухстадийного охлаждения катанки в условиях СПЦ-2 для его совершенствования на второй стадии воздушного охлаждения на рольганге конструкции Стельмора с целью получения требуемой микроструктуры проката.

Поставленная цель достигается решением следующих задач:

- определение и корректировка оптимального химсостава НЛЗ;
- определение оптимального режима двухстадийного охлаждения для получения требуемых механических свойств;
- анализ результатов и формулирование выводов и предложений производству.

Объектом исследования в работе является технологический процесс горячей прокатки арматуры № 6 класса А500С конфигурации формы 2ф (рис. 1) по ГОСТ 34028–2016 [1] в условиях линии катанки стана 370/150 ОАО «Белорусский металлургический завод».

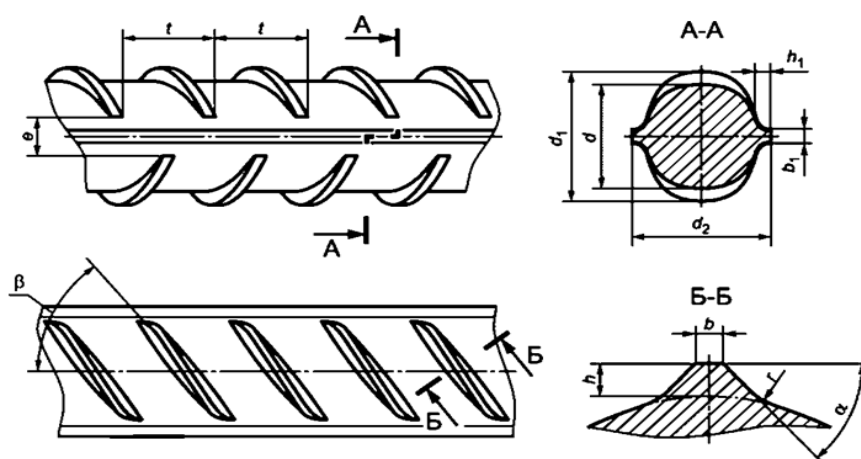


Рис. 1. Конфигурации периодического профиля формы 2ф арматуры № 6 по ГОСТ 34028–2016

Согласно современным тенденциям по увеличению выпуска инновационной продукции, повышению доходности от производимой продукции, а также выход на новые рынки сбыта, на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» была рассмотрена и опробована технологическая возможность производства арматуры периодического профиля номинального диаметра 6,0 мм класса А500С в бухтах по требованиям ГОСТ 34028–2016 на стане 370/150. Прокатано в общем объеме 3260 кг.

Производство на стане 370/150 СПЦ-2 арматуры периодического профиля № 6 осуществлялось согласно требованиям штатной технологической инструкции по утвержденной таблице калибровки [2, 3]. Под прокатку использовалась исходная заготовка сечением 140 × 140 мм, а также блюм сечением 250 × 300 мм. При прокатке опытной партии использовался химический состав непрерывнолитых заготовок для производства арматуры № 8 класса А500С, представленный в табл. 1.

Таблица 1

Массовая доля элементов в химическом базовом составе, %

ТД	Марка, класс	Номер арматуры	Диапазон	С	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	N	С _{экв}	
ГОСТ 34028	А500С	6	Минимум	–	–	–	–	–	Не регламентируется		–	–	0,28 (№ 6)	
			Максимум	0,22 (0,24)	0,90 (0,95)	1,60 (1,70)	0,050 (0,055)	0,050 (0,055)	–	–	0,50 (0,55)	0,012 (0,013)	0,50 (0,52)	
Рекомендуемые пределы			Минимум	0,18	0,25	1,00	–	–	–	–	–	–	0,42	
			Цель	0,20	–	1,10	–	–	–	–	–	–	–	–
			Максимум	0,22	0,45	1,20	0,030	0,035	0,29	0,29	0,30	0,012	0,50	

Примечание. $C_{\text{экв}} = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$.

В ходе эстафетной прокатки заготовок (8 штук) базового химического состава был опробован режим двухстадийного охлаждения (табл. 2), который позволил получить определенные механические свойства (табл. 3).

Таблица 2

Режимы двухстадийного охлаждения

Класс	Номер профиля	Скорость прокатки, м/с	Температура после гидросбива, °С	Температура подката и круга, °С		Вентиляторы		Скорость секторов рольганга		Положение крышек роликового транспорта по номерам
				На входе в 10-клетевой блок BGV	В зоне виткообразователя	Номер рабочих вентиляторов	Мощность включения, %	«Мастер» скорость, м/с	Номер сектора/%	
A500C	6	46÷55	1020÷1060	900÷940	580±20	1÷5	20	0,45÷0,55	2÷14/+2 15÷18/0 19/(-30) 20/+2	1÷32 открыты

Таблица 3

Механические свойства проката по базовому варианту

Плавка	Предел текучести Re, Н/мм ²	Предел прочности Rm, Н/мм ²	Пластичность, Rm/Re
1	504	645	1,28
2	514	650	1,26
3	536	661	1,23
4	501	644	1,29
5	509	646	1,27
6	523	652	1,25
7	511	651	1,27
8	536	658	1,23
Средние значения	516,8	650,9	1,26
Требования ГОСТ 34028	Не менее 500	Не менее 600	Не менее 1,05

Полученные значения по пределу текучести находились на нижнем пределе допускаемых значений и не позволяли считать, что предложенные режимы обеспечат гарантированное производство продукции в рамках требований ГОСТ 34028–2016.

С целью повышения механических свойств арматуры принято решение повысить нижний предел следующих элементов: углерод с 0,18 до 0,19 %; кремний с 0,25 до 0,35 %; марганец с 1,00 до 1,17 % (табл. 4), а также увеличили охлаждение с 20 до 30 % (табл. 5) в соответствии с методикой, изложенной в работе [4].

Таблица 4

Массовая доля элементов в оптимизированном химическом составе, %

ТД	Марка, класс	Номер арматуры	Диапазон	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	N	C _{экв}
ГОСТ 34028–2016 (1684)	A500C	6	Минимум	–	–	–	–	–	Не регламентируется	–	–	–	0,28 (№ 6)
			Максимум	0,22 (0,24)	0,90 (0,95)	1,60 (1,70)	0,050 (0,055)	0,050 (0,055)					0,50 (0,55)

Окончание табл. 4

ТД	Марка, класс	Номер арматуры	Диапазон	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	N	C _{экв}	
Рекомендуемые пределы			Минимум	0,19	0,35	1,17	–	–	–	–	–	–	0,43	
			Цель	0,215	0,45	1,25	–	–	–	–	–	–	–	0,49
			Максимум	0,22	0,50	1,30	0,030	0,035	0,29	0,29	0,30	0,012	0,50	

Таблица 5

Режимы двухстадийного охлаждения арматуры периодического профиля

Класс	Номер профиля	Скорость прокатки, м/с	Температура после гидробива, °С	Температура подката и круга, °С		Вентиляторы		Скорость секторов рольганга		Положение крышек роликового транспорта по номерам
				На входе в 10-клетевой блок BGV	В зоне виткообразователя	Номер рабочих вентиляторов	Мощность включения, %	«Мастер» скорость, м/с	Номер сектора/%	
A500C	6	46÷55	1020÷1060	900÷940	580±20	2÷6	30	0,45÷0,55	2÷14/+2 15÷18/0 19/(-30) 20/+2	1÷32 открыты

В период с 26 по 30 сентября 2022 г. была вторая кампания, в которой произведен прокат заготовок (28 штук) с оптимизированным химическим составом и двухстадийным охлаждением. Результаты испытаний представлены в табл. 6.

Таблица 6

Механические свойства проката по оптимизированному варианту

Плавка	Предел текучести Re, Н/мм ²	Предел прочности Rm, Н/мм ²	Пластичность, Rm/Re
Средние значения	568,8	735,1	1,295
Требования ГОСТ 34028	Не менее 500	Не менее 600	Не менее 1,05

Таким образом, анализ механических свойств проката показывает, что оптимизированные режим двухстадийного охлаждения и химический состав заготовок позволяют получать арматуру № 6 класса A500C конфигурации формы 2ф с гарантированным выполнением требований ГОСТ 34028–2016.

Литература

1. Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия : ГОСТ 34028–2016. – Взамен ГОСТ 5781–82, ГОСТ 10884–94 ; введ. приказом Федер. агентства по техн. регулированию и метрологии 2019–01–01. – М. – 47 с.
2. Васильков, Д. М. Исследование параметров очага деформации полосы при прокатке в валах с ящичными калибрами черновой группы клеток стана 370/150 ОАО «БМЗ» / Д. М. Васильков, И. В. Астапенко // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XVIII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 26–27 апр. 2018 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомель.

- гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2018. – С. 178–182.
3. Астапенко, И. В. Оборудование прокатных цехов : практикум по выполнению лабораторных работ для студентов специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)», направления 1-42 01 01-01 «Металлургическое производство и материалобработка (металлургия)», специализации 1-42 01 01-02 01 «Обработка металлов давлением» днев. и заоч. форм обучения / И. В. Астапенко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2015. – 47 с.
 4. Совершенствование технологического процесса производства подшипниковых марок стали на стане 370/150 / В. С. Путеев [и др.] // Литье и металлургия. – 2021. – № 3. – С. 65–73. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-3-65-73>.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ДВУХСТАДИЙНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ В ЛИНИИ КАТАНКИ СТАНА 370/150

Г. А. Слепнев

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель И. В. Астапенко

Проведены исследования изменения температуры проката в зависимости от подачи воздуха вентилятором № 1 рольганга-холодильника линии катанки стана 370/150. Построены диаграммы по контрольным точкам и определены математические зависимости для определения изменения температуры витков катанки в зоне вентилятора № 1.

Ключевые слова: двухстадийное охлаждение, рольганг-холодильник, катанка, горячая прокатка, шарикоподшипниковая сталь.

Цель работы – провести анализ технологического процесса двухстадийного охлаждения катанки в условиях СПЦ-2 для его совершенствования на второй стадии воздушного охлаждения на рольганге конструкции Стельмора с целью получения требуемой микроструктуры проката.

Поставленная цель достигается решением следующих задач:

- определение влияния режимов работы вентилятора № 1 на динамику охлаждения;
- определение расчетных зависимостей изменения температуры катанки при разных величинах подачи воздуха вентилятором № 1;
- анализ результатов и формулирование выводов.

Объектом исследования в работе является технологический процесс двухстадийного охлаждения проката Ø 8 мм из стали ШХ15 в линии катанки стана 370/150 ОАО «Белорусский металлургический завод».

Катанка диаметром 8 мм прокатывается в линии катанки из непрерывнолитой заготовки 250 × 300 или 140 × 140 мм согласно универсальной схеме калибровки [1]. С загрузочных решеток НЛЗ нагреваются в методической печи до температуры 1100 °С и прокатываются во всех группах клетей. В конце линии осуществляется двухстадийное охлаждение, позволяющее получить требуемую микроструктуру превращения аустенита [2].

Двухстадийное охлаждение в линии катанки (рис. 1) осуществляется на первой стадии водой в секциях № 1–3 после 10-клетьевого блока и в секциях № 4, 5 после 4-клетьевого чистового блока до температуры 850 °С [3].