

Литература

1. Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия : ГОСТ 34028–2016. – Введ. 01.01.2019. – М. : Федерал. агенство по техн. регулированию. – М., 2019. – 47 с.
2. Васильков, Д. М. Исследование параметров очага деформации полосы при прокатке в валках с ящичными калибрами черновой группы клетей стана 370/150 ОАО «БМЗ» / Д. М. Васильков // 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, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель, 2018. – С. 178–182.
3. Астапенко, И. В. Оборудование прокатных цехов : практикум / 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. Путьев [и др.] // Литье и металлургия. – 2021. – № 3. – С. 65–73. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-3-65-73>
5. Сычков, А. Б. Освоение производства арматурного проката по новому ГОСТ 34028-2016 / А. Б. Сычков, М. В. Блохин // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования : тез. докл. 77-й Междунар. науч.-техн. конф., Магнитогорск, 22–26 апр. 2019 г. / Магнитог. гос. техн. ун-т им. Г. И. Носова. – Магнитогорск, 2019. – Т. 1. – С. 179.

УДК 621.771.252

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИКИ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ
КАТАНКИ МЕТОДОМ ПОСТРОЕНИЯ ДИАГРАММ ТЕМПЕРАТУР
ПО КОНТРОЛЬНЫМ ТОЧКАМ**

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.

**DETERMINATION OF THE DYNAMICS OF AIR COOLING
OF WIRE ROD BY CONSTRUCTING TEMPERATURE DIAGRAMS
AT CONTROL POINTS**

G. A. Slepnev

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

Science supervisor I. V. Astapenko

Research was carried out on the change in the temperature of rolled products depending on the air supply by fan N 1 of the roller table-cooler of the wire rod line of the 370/150 mill. Diagrams were constructed for control points and mathematical dependencies were determined to determine the change in the temperature of the coils of wire rod in the zone of fan N 1.

Keywords: two-stage cooling, roller-cooling table, wire rod, hot rolling, ball-bearing steel.

Цель работы – провести анализ динамики охлаждения катанки на вентиляторе № 1 в условиях СПЦ-2 для совершенствования второй стадии воздушного охлаждения рольганга-холодильника с целью получения требуемой микроструктуры проката.

Поставленная цель достигается решением следующих задач:

- определение влияния режимов работы вентилятора № 1 на динамику охлаждения катанки;
- 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 катанки из стали ШХ15 в линии катанки стана 370/150 ОАО «Белорусский металлургический завод» – управляющая компания холдинга «Белорусская металлургическая компания».

Процесс прокатки осуществлялся из непрерывнолитой заготовки 250×300 мм или 140×140 мм согласно универсальной схеме калибровки [1]. С загрузочных решеток заготовки нагреваются в методической печи до температуры 1100°C 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 1-й стадии водой в секциях 1–3 после 10-клетьевого блока и в секциях 4, 5 после 4-клетьевого чистового блока до температуры начала распада аустенита [3].

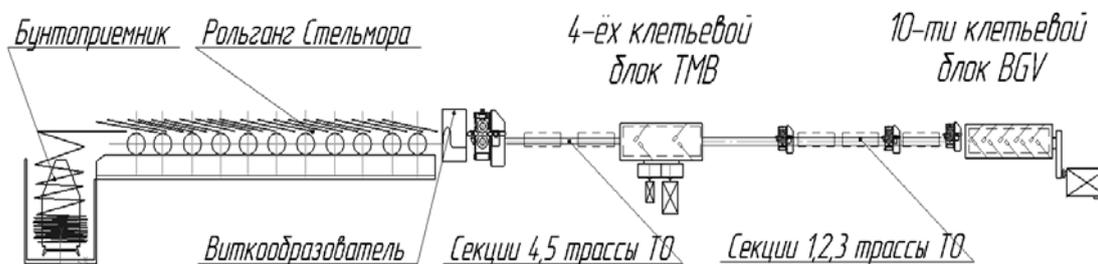


Рис. 1. Схема двухстадийного охлаждения проката в линии катанки стана 370/150

Поскольку на первой стадии водяного охлаждения настройки направлены на получение температуры начала распада аустенита на виткообразователе $800\text{--}900^\circ\text{C}$, то основной интерес представляет разработка расчетной методики получения требуемых скоростей охлаждения на второй стадии воздушного охлаждения. Рольганг термообработки имеет длину 120 м и оснащен 20 одинаковыми вентиляторами с возможностью регулирования потока воздуха от 0 до 100 % через 5 %. Над каналом рольганга также установлены крышки термоэкранов для замедления охлаждения. Посекционно можно менять скорость движения витков через 0,1 м/с до $v = 1,5$ м/с.

Для получения требуемой микроструктуры производитель оборудования предоставил ориентировочные графики температуры раската по дистанции. Однако настроечных параметров рольганга Стельмора предоставлено не было. Второй проблемой воздушного охлаждения является неравномерность охлаждения по краям и центру витков [4].

380 Перспективные направления совершенствования материалов и технологий

На первом этапе исследований нами были проведены натурные эксперименты по определению влияния величины подачи воздуха вентиляторов на охлаждение катанки диаметром 8 мм. Для этого по телеметрии стана и ручным пирометром измерялись температуры центра и краев витков катанки до и после первого вентилятора (рис. 2). Поток воздуха изменялся от 0 до 30 % через 10 %.

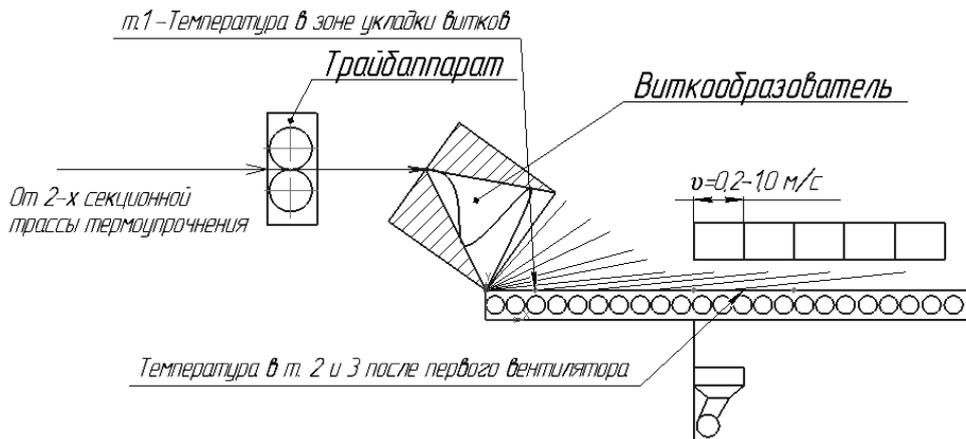


Рис. 2. Схема второй стадии воздушного охлаждения на рольганге конструкции Стельмора

Прокатка велась с одного посада заготовок одной и той же плавки с полным интервалом измерений (1 час). Для анализа принимались показатели одного и того же ручного пирометра с дублированием показаний стационарных пирометров по трем контрольным точкам (см. таблицу):

- точка 1 в зоне укладки витков перед вентилятором № 1;
- точка 2 после вентилятора № 1 по центру витка;
- точка 3 после вентилятора № 1 по краю витка.

Измерялись также параметры скорости прокатки, скорости движения витков по первой секции рольганга, температура и влажность воздуха в зоне виткообразователя. Особое внимание уделялось контролю разницы температур по краю и центру витка. Конструкция воздухопроводов вентиляторов позволяет распределять поток воздуха со смещением в 60–80 % на края витков, но разница температур остается значительной.

Результаты измерений температур витков катанки диаметром 8 мм в зоне вентилятора № 1 рольганга конструкции Стельмора

Температура в зоне укладки T_y в точке 1, °С	Температура после первого вентилятора, °С		Скорость прокатки $v_{пр}$, м/с	Скорость рольганга секции № 1 v_p , м/с	Уровень подачи воздуха вентилятором № 1 П, %
	$T_1^Ц$ в точке 2	$T_1^К$ в точке 3			
850	736	778	75,8	0,6	30
850	757	795	75,8	0,6	20
850	770	818	75,6	0,6	10
850	787	837	75,9	0,6	0

Далее по результатам измерений были построены графики изменения температур и определены линии тренда. Лучшая достоверность линий тренда была получена с линейной зависимостью. Она позволяет рассчитать температуру катанки от исходной в зоне укладки в зависимости от процента мощности вентилятора для края и центра витка. Полученные результаты представлены в рис. 3.

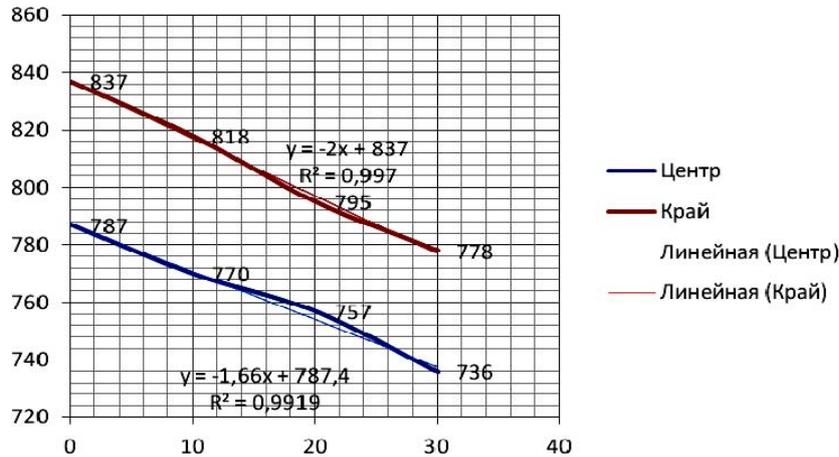


Рис. 3. Графики изменения температуры катанки и ее линии тренда в зависимости от подачи воздуха вентилятором № 1 на рольганге конструкции Стельмора

После обработки данных были выведены следующие формулы для определения температуры витков катанки диаметром 8 мм после первого вентилятора в зависимости от подачи воздуха:

– для края витка, °C: $T_1^k = T_y - 2П - 12$;

– для центра витка, °C: $T_1^ц = T_y - 1,66П - 62$.

Полученные зависимости позволяют выполнить расчет режимов подачи воздуха вентиляторами по всей дистанции рольганга в зависимости от требуемой скорости охлаждения катанки или спрогнозировать динамику изменения температуры.

Результаты исследования:

– изучен и выполнен анализ особенностей технологического процесса двухстадийного охлаждения катанки в условиях СПЦ-2;

– изучен и проанализирован процесс воздушного охлаждения второй стадии на рольганге Стельмора;

– выполнены измерения температур на вентиляторе № 1 при разных режимах его работы;

– определена математическая зависимость изменения температуры катанки на вентиляторе № 1 в зависимости от его подачи.

Литература

1. Астапенко, И. В. Анализ влияния гомогенизирующего отжига блюмов подшипниковых марок стали на качество проката / И. В. Астапенко, С. А. Савченко // Современные проблемы машиноведения : материалы XIII Междунар. науч.-техн. конф. (науч. чтения, посвящ. 125-летию со дня рождения П. О. Сухого), Гомель, 22 окт. 2020 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, Филиал ПАО «Компания «Сухой» ОКБ «Сухого» ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2020. – С. 100–102.
2. Астапенко, И. В. Оборудование прокатных цехов : практикум / И. В. Астапенко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2015. – 47 с.

3. Исследование факторов, способствующих снижению карбидной неоднородности в подшипниковых марках стали / И. А. Панковец [и др.] // *Черная металлургия : бюл. науч.-техн. и эконом. информ.* – 2021. – Т. 77, № 7. – С. 804–810. <https://doi.org/10.32339/0135-5910-2021-7-804-810>
4. Савченко, С. А. Совершенствование технологического процесса горячей прокатки шарикоподшипниковых сталей в условиях стана 370/150 ОАО «БМЗ» УКХ «БМК» / С. А. Савченко // *Беларусь в современном мире : материалы XII Междунар. науч. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 16–17 мая 2019 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, Гомел. обл. орг. о-ва «Знание» ; под общ. ред. В. В. Кириенко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019. – С. 282–285.*

УДК 621.965.01

**ЭНЕРГОСИЛОВОЙ АНАЛИЗ ЧИСЛЕННЫМ
МОДЕЛИРОВАНИЕМ РЕЗА АРМАТУРЫ № 16
ПРИ ТРЕХНИТОЧНОЙ ПРОКАТКЕ**

В. М. Полегаев

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

Научный руководитель И. В. Астапенко

Проведены исследования численным моделированием по методу конечных элементов основных параметров реза арматурного профиля № 16 для условий трехниточной горячей прокатки на стане 320. Определены динамика усилия реза и глубина вмятия, позволяющие сформулировать точную математическую зависимость для расчета энергосиловых параметров.

Ключевые слова: горячая прокатка, численное моделирование, метод конечных элементов, усилие реза, арматурный профиль.

**ENERGY-FORCE ANALYSIS BY NUMERICAL MODELING
OF CUTTING REINFORCEMENT № 16 DURING
THREE-THREAD ROLLING**

V. M. Poletaev

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

Science supervisor I. V. Astapenko

Numerical modeling studies using the finite element method were carried out on the main cutting parameters of reinforcing profile № 16 for the conditions of three-thread hot rolling on the 320 mill. The dynamics of the cutting force and the indentation depth were determined, which made it possible to formulate an exact mathematical relationship for calculating energy-power parameters.

Keywords: hot rolling, numerical modeling, finite element method, cutting force, reinforcement profile.

Цель работы – разработать методику расчета резки арматуры № 16 класса А500 при трехниточной прокатке для условий делительных ножниц холодильника стана 320.

Поставленная цель достигается решением следующих задач:

– проведение аналитического определения параметров резки арматуры № 16 по принятой эмпирической методике;