

ISSN 2224-5227

2015 • 4

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ
БАЯНДАМАЛАРЫ

ДОКЛАДЫ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

REPORTS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ЖУРНАЛ 1944 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1944 г.
PUBLISHED SINCE 1944



Б а с р е д а к т о р
ҚР ҰҒА академигі **М.Ж. Жұрынов**

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

хим.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әдекенов С.М.** (бас редактордың орынбасары), эк.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әділов Ж.М.**, мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Арзықұлов Ж.А.**, техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Бишімбаев У.К.**, а.-ш.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Есполов Т.И.**, техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Мұтанов Г.М.**, физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Өтелбаев М.О.**, пед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Пралиев С.Ж.**, геогр.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Северский И.В.**; тарих.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Сыдықов Е.Б.**, физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Тәкібаев Н.Ж.**, физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Харин С.Н.**, тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбүсейітова М.Х.**, экон. ғ. докторы, проф., ҰҒА корр. мүшесі **Бейсембетов И.К.**, биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Жамбакин К.Ж.**, тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Кәрібаев Б.Б.**, мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Локшин В.Н.**, геол.-мин. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Өмірсеріков М.Ш.**, физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Рамазанов Т.С.**, физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Садыбеков М.А.**, хим.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Сатаев М.И.**; ҚР ҰҒА құрметті мүшесі, а.-ш.ғ. докторы, проф. **Омбаев А.М.**

Р е д а к ц и я к ең е с і:

Украинаның ҰҒА академигі **Гончарук В.В.** (Украина), Украинаның ҰҒА академигі **Неклюдов И.М.** (Украина), Беларусь Республикасының ҰҒА академигі **Гордиенко А.И.** (Беларусь), Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Дука Г.** (Молдова), Тәжікстан Республикасының ҰҒА академигі **Илолов М.И.** (Тәжікстан), Қырғыз Республикасының ҰҒА академигі **Эркебаев А.Э.** (Қырғызстан), Ресей ҒА корр.мүшесі **Величкин В.И.** (Ресей Федерациясы); хим.ғ. докторы, профессор **Марек Сикорски** (Польша), тех.ғ. докторы, профессор **Потапов В.А.** (Украина), биол.ғ. докторы, профессор **Харун Парлар** (Германия), профессор **Гао Энджун** (КХР), филос. ғ. докторы, профессор **Стефано Перни** (Ұлыбритания), ғ. докторы, профессор **Богуслава Леска** (Польша), философия ғ. докторы, профессор **Полина Прокопович** (Ұлыбритания), профессор **Вуйцик Вольдемар** (Польша), профессор **Нур Изура Удзир** (Малайзия), д.х.н., профессор **Нараев В.Н.** (Ресей Федерациясы)

Главный редактор
академик НАН РК **М.Ж. Журинов**

Редакционная коллегия:

доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **С.М. Адекенов** (заместитель главного редактора), доктор экон. наук, проф., академик НАН РК **Ж.М. Адилов**, доктор мед. наук, проф., академик НАН РК **Ж.А. Арзыкулов**, доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **В.К. Бишимбаев**, доктор сельскохозяйств. наук, проф., академик НАН РК **Т.И. Есполов**, доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **Г.М. Мутанов**, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **М.О. Отелбаев**, доктор пед. наук, проф., академик НАН РК **С.Ж. Пралиев**, доктор геогр. наук, проф., академик НАН РК **И.В. Северский**, доктор ист. наук, проф., академик НАН РК **Е.Б. Сыдыков**, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Н.Ж. Такибаев**, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **С.Н. Харин**, доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Х. Абусеитова**, доктор экон. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **И.К. Бейсембетов**, доктор биол. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **К.Ж. Жамбакин**, доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Б.Б. Карибаев**, доктор мед. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **В.Н. Локшин**, доктор геол.-мин. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Ш. Омирсериков**, доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.С. Рамазанов**, доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.А. Садыбеков**, доктор хим. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.И. Сатаев**; почетный член НАН РК, доктор сельскохозяйств. наук, проф., **А.М. Омбаев**

Редакционный совет:

академик НАН Украины **Гончарук В.В.** (Украина), академик НАН Украины **И.М. Неклюдов** (Украина), академик НАН Республики Беларусь **А.И. Гордиенко** (Беларусь), академик НАН Республики Молдова **Г. Дука** (Молдова), академик НАН Республики Таджикистан **М.И. Илолов** (Таджикистан), член-корреспондент РАН **Величкин В.И.** (Россия); академик НАН Кыргызской Республики **А.Э. Эркебаев** (Кыргызстан), д.х.н., профессор **Марек Сикорски** (Польша), д.т.н., профессор **В.А. Потапов** (Украина), д.б.н., профессор **Харун Парлар** (Германия), профессор **Гао Энджун** (КНР), доктор философии, профессор **Стефано Перни** (Великобритания), доктор наук, профессор **Богуслава Леска** (Польша), доктор философии, профессор **Полина Прокопович** (Великобритания), профессор **Вуйчик Вольдемар** (Польша), профессор **Нур Изура Удзир** (Малайзия), д.х.н., профессор **В.Н. Нараев** (Россия)

«Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан» ISSN 2224-5227

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5540-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год. Тираж: 2000 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 218-220, тел. 272-13-19, 272-13-18

<http://наука-нанрк.kz>, reports-science.kz

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75

©Национальная академия наук Республики Казахстан, 2015 г.

Editor-in-chief

M.Zh. Zhurinov, academician of NAS RK

Editorial board:

S.M. Adekenov (deputy editor in chief), Doctor of Chemistry, prof., academician of NAS RK; **Zh.M. Adilov**, Doctor of Economics, prof., academician of NAS RK; **Zh.A. Arzykulov**, Doctor of Medicine, prof., academician of NAS RK; **V.K. Bishimbayev**, Doctor of Engineering, prof., academician of NAS RK; **T.I. Yespolov**, Doctor of Agriculture, prof., academician of NAS RK; **G.M. Mutanov**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **M.O. Otelbayev**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **S.Zh. Praliyev**, Doctor of Education, prof., academician of NAS RK; **I.V. Seversky**, Doctor of Geography, prof., academician of NAS RK; **Ye.B. Sydykov**, Doctor of Historical Sciences, prof., academician of NAS RK; **N.Zh. Takibayev**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **S.N. Kharin**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **M.Kh. Abuseitova**, Doctor of Historical Sciences, prof., corr. member of NAS RK; **I.K. Beisembetov**, Doctor of Economics, prof., corr. member of NAS RK; **K.Zh. Zhambakin**, Doctor of Biological Sciences, prof., corr. member of NAS RK; **B.B. Karibayev**, Doctor of Historical Sciences, prof., corr. member of NAS RK; **V.N. Lokshin**, Doctor of Medicine, prof., corr. member of NAS RK; **M.Sh. Omirserikov**, Doctor of Geology and Mineralogy, prof., corr. member of NAS RK; **T.S. Ramazanov**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., corr. member of NAS RK; **M.A. Sadybekov**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., corr. member of NAS RK; **M.I. Satayev**, Doctor of Chemistry, prof., corr. member of NAS RK; **A.M. Ombayev**, Honorary Member of NAS RK, Doctor of Agriculture, prof.

Editorial staff:

V.V. Goncharuk, NAS Ukraine academician (Ukraine); **I.M. Neklyudov**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.I. Gordienko**, NAS RB academician (Belarus); **G. Duca**, NAS Moldova academician (Moldova); **M.I. Iolov**, NAS Tajikistan academician (Tajikistan); **A.E. Erkebayev**, NAS Kyrgyzstan academician (Kyrgyzstan); **V.I. Velichkin**, RAS corr.member (Russia); **Marek Sikorski**, Doctor of Chemistry, prof. (Poland); **V.A. Potapov**, Doctor of Engineering, prof. (Ukraine); **Harun Parlar**, Doctor of Biological Sciences, prof. (Germany); **Gao Endzhun**, prof. (PRC); **Stefano Perni**, Doctor of Philosophy, prof. (UK); **Boguslava Leska**, dr, prof. (Poland); **Pauline Prokopovich**, Doctor of Philosophy, prof. (UK); **Wójcik Waldemar**, prof. (Poland), **Nur Izura Udzir**, prof. (Malaysia), **V.N. Narayev**, Doctor of Chemistry, prof. (Russia)

Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

ISSN 2224-5227

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of Information and Archives of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan N 5540-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 2000 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of.219-220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

<http://nauka-nanrk.kz> / reports-science.kz

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2015

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 4, Number 302 (2015), 66 – 77

**PHYSICAL MODELING OF HOT ROLLING AND COOLING THIN
STRIPS ON THE LONGITUDINAL WEDGE MILL AND COLLECTING
ROLLER TABLE OF NEW CONSTRUCTION**

Mashekov S.A.¹, Absadykov B.N.², Sembayev N.S.³, Masheкова A.S.¹, Alimbetov A.B.¹

¹Kazakh national technical university named after K.I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan,

²Kazakh-British technical university, Almaty, Kazakhstan,

³Pavlodar state university named after S. Toraigyrov, Pavlodar, Kazakhstan

mashekov.1957@mail.ru, b_absadykov@mail.ru

Key words: resistance to deformation, compression, austenite, ferrite, pearlite microstructure experiment hardening softening recrystallization.

Abstract. In this article, using modern high-precision installation Gleeble 3500, the changes in resistance patterns of deformation and microstructure of the steel A1 in the physical modeling of rolling and cooling at a new longitudinal wedge mill and collecting roller table were investigated. With one voice behavior of steel A1 at multistage crimp at different temperatures and strain rates was described. The analysis of the influence of temperature on the microstructure of cooling modes A1 steel in transit on the new collecting roller table was conducted. The kinetics of growth and decomposition of austenite, marked by conditions of formation of fine-grained structure, was regarded.

УДК 669.35.074.669.539.5

**ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ И
ОХЛАЖДЕНИЯ ТОНКИХ ПОЛОС НА ПРОДОЛЬНО-КЛИНОВОМ
СТАНЕ И ОТВОДЯЩЕМ РОЛЬГАНГЕ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ**

¹Машеков С.А., ²Абсадыков Б.Н., ³Сембаев Н.С., ¹Машекова А.С., ¹Алимбетов А.Б.

¹Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан

²Казахстанско-Британский технический университет, г. Алматы, Республика Казахстан

³Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, Республика
Казахстан

mashekov.1957@mail.ru, b_absadykov@mail.ru

Ключевые слова: сопротивление деформации, сжатие, аустенит, феррит, перлит, микроструктура, эксперимент, упрочнение, разупрочнение, рекристаллизация.

Аннотация. В статье с использованием современной высокоточной установки Gleeble 3500 исследованы закономерности изменения сопротивления деформации и микроструктуры стали А1 при физическом моделировании прокатки и охлаждения на новом продольно-клиновом стане и отводящем рольганге. С единой позиции описано поведение стали А1 при многоступенчатом обжате при различных температурах и скоростях деформирования. Выполнен анализ влияния температурных режимов охлаждения на микроструктуру стали А1 при транспортировке на новом отводящем рольганге. Рассмотрена кинетика роста и распада аустенита, отмечены условия образования мелкозернистой структуры.

Введение

В настоящее время обеспечение высокого качества тонкого проката (0,6–2,0 мм) является

наиболее перспективным направлением развития производства горячекатаных полос [1-6]. Горячекатаные полосы можно использовать взамен более дорогих холоднокатаных полос. Применение тонких горячекатаных полос в качестве подката, используемого при производстве сверхтонких холоднокатаных полос, позволяет значительно снизить себестоимость последних (минимум на 20%) [1,7]. Однако замена холоднокатаных полос горячекатаным возможна лишь в том случае, когда горячекатаный прокат будет полностью удовлетворять ряду технологических требований, т.е. иметь удовлетворительную микроструктуру, требуемый уровень механических свойств и т.д.

Эффективным инструментом воздействия на формирование структуры и свойств стали является целенаправленная горячая прокатка листов на соответствующем стане в сочетании с контролируемым охлаждением [8,9]. Поэтому использование резервов повышения качества листов за счет совершенствования конструкции стана и температурно-деформационных режимов прокатки становится одной из важнейших задач, стоящих перед производителями проката.

Известно, что горячая деформация аустенита с контролируемым температурно-деформационным режимом и последующее охлаждение проката являются одним из наиболее эффективных способов повышения свойств проката [10]. Разработаны и активно используются многочисленные схемы термомеханической обработки (ТМО) проката. При производстве углеродистых листов большой интерес представляет схема ТМО с получением структуры перлита, основанная на пластической деформации стали в аустенитном состоянии и последующем изотермическом превращении аустенита в перлитной области.

При прочих равных условиях увеличение скорости охлаждения приводит к повышению прочностных свойств прокатанного металла [8]. При этом снижаются пластические свойства. При очень высокой скорости охлаждения на поверхности полосы образовывается подкаленный слой металла. К несоответствию механических свойств горячекатаного проката требованиям стандартов, т.е. получению брака, может привести неоднородность микроструктуры по толщине полосы, повышенная твердость и «хрупкость» подкаленной поверхности.

Таким образом, микроструктура горячекатаных тонких полос, произведенных на известных станах, часто характеризуется значительной разнотекстурностью (крупное зерно на поверхности), что приводит при использовании такого металла для холодной штамповки к образованию различных дефектов [11]. Основной причиной разнотекстурности тонких полос является неправильное назначение температурно-деформационных режимов прокатки и охлаждения.

Поскольку станы горячей прокатки существенно различаются между собой по конструкции (по количеству и расположению клетей, моталок, длине промежуточных и отводящих рольгангов, мощности главных приводов и др.), технология производства на них листовой продукции также отличается. Технологические решения, эффективные для одного стана, часто оказываются неприемлемыми для другого [12]. Поэтому исследование влияния температурных режимов прокатки и смотки, а также режимов охлаждения полос на качество горячекатаного проката, полученного и охлажденного на новом стане и отводящем рольганге, имеет большое значение.

При деформировании металлических листов в условиях высоких температур активно протекают конкурирующие неравновесные процессы, связанные с их упрочнением и разупрочнением [13]. Основной вклад в упрочнение вносит увеличение в металле плотности дислокаций. Разупрочнение в сплаве происходит за счет динамического возврата, полигонизации и рекристаллизации [14]. В некоторых сплавах при определенных температурно-скоростных условиях деформации обеспечивается динамическое блокирование свободных дислокаций примесными атомами и включениями [15,16], что приводит к росту напряжения деформирования.

Протекание упрочняющих и разупрочняющих процессов в сплаве приводит к изменению конечной микроструктуры сплава, что, в свою очередь, отражается на свойствах листовой продукции [13]. Поэтому для понимания и моделирования процессов, происходящих в ходе деформации материала, необходимо знать термомеханические условия возникновения упрочнения и разупрочнения.

Необходимо отметить, что положительный эффект применения ТМО основан на измельчении колоний и субколоний перлита, что приводит к повышению важнейших механических свойств проката (ударной вязкости, трещиностойкости и температуры хладноломкости) [17]. Однако

определение рациональных режимов технологического процесса прокатки и его промышленное освоение по-прежнему вызывают значительные трудности. Решение этой проблемы возможно только при комплексном анализе процессов формоизменения и структурообразования в ходе прокатки и охлаждения стали.

Целью работы является определение рациональных режимов технологического процесса прокатки и охлаждения, способствующих получению полос высокого качества путем физического моделирования различных режимов прокатки и охлаждения на новом продольно-клиновом стане и отводящем рольганге.

Оборудование, материалы и методика исследования

С целью прокатки качественных листов из металлов и сплавов предлагается новый агрегат для прокатки тонких полос [18]. Данный агрегат содержит: сталеразливочный ковш 1, промежуточный ковш 2, валковый кристаллизатор 3, погружной стакан, отверстие для подачи инертного газа, тянущие ролики 4, индукционный подогреватель 6, продольно-клиновое устройство 7, отводящий рольганг 8, правильно-тянущее устройство 9, тянущие ролики 10, летучие ножницы 11, моталки 12 (рисунок 1).

Продольно-клиновое устройство данного агрегата содержит: рабочие клетки, электродвигатели 1, редукторы 2, муфты 3, шестеренные клетки 4, универсальные шпиндели 5, рабочие 6 и опорные 7 валки, станину 9, опорную плиту 10, нажимные механизмы 11 (рисунок 2) [19].

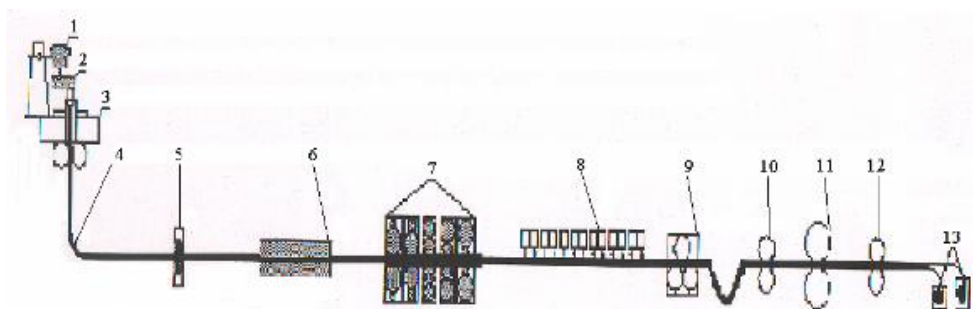


Рисунок 1 – Схема расположения оборудования двухвалкового литейно-прокатного агрегата для производства тонкой жести

В предлагаемом стане в последовательно расположенных рабочих клетях диаметры рабочих валков уменьшаются в направлении прокатки, при этом горизонтальные оси верхних и нижних валков первых трех клеток без нажимного механизма смещаются от оси прокатки в вертикальном направлении.

В приводе, реализуемом от трех двигателей 1, редукторов 2, муфт 3, шестеренных клеток 4 и шпинделей 5, вращение валков рабочих клеток осуществляется через две шестивалковые и одну двухвалковую шестеренные клетки, при этом первые три клетки стана изготовлены с двумя опорными валками 7, а последние две клетки – с четырьмя опорными валками 8 диаметрами

$$D_4 = \frac{h_3 \cdot R_3 \cdot n_3 (1+s_3)}{h_4 \cdot n_4 (1+s_4)}; \quad D_5 = \frac{h_4 \cdot D_4 \cdot n_4 (1+s_4)}{h_5 \cdot n_5 (1+s_5)},$$

где h_3 , h_4 и h_5 – толщина прокатываемой полосы в 3, 4 и 5 клетях; n_3 , n_4 и n_5 – частота вращения валков 3, 4 и 5 клеток; s_3 , s_4 и s_5 – опережение на выходе из валков в 3, 4 и 5 клетях.

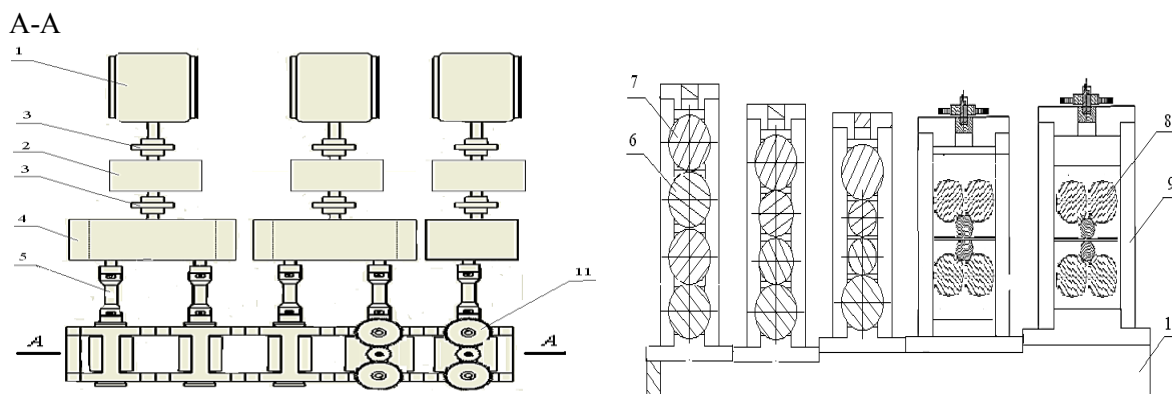


Рисунок 2 - Продольно-клиновой стан

Необходимо отметить, что при разработке конструкции клеток стана с рабочими валками малого диаметра нами созданы две клетки, имеющие высокую жесткость при более простой валковой системе. В данных клетях для предотвращения прогиба рабочих валков малого диаметра в горизонтальной плоскости использовались расположенные с 2-х сторон опорные ролики. Приводными являются опорные валки.

Отводящий рольганг предлагаемого агрегата содержит непрерывные ряды секций с пустотелыми роликами и индивидуальные приводы [20]. Каждая секция отводящего рольганга снабжена электродвигателем, шестеренной клетью, вентилятором, пустотелым роликом, шпинделем, подшипниковой опорой, индивидуальным вентилятором. При этом корпус вентилятора выполнен в виде лопастей с углом атаки $35 - 40^\circ$, а лопатки – с изменяющимся поперечным сечением и углом атаки $10 - 12^\circ$ (рисунок 3, где 1 – электродвигатель; 2 – шестеренная клетка; 3 – вентилятор высокого давления; 4 – пустотелый ролик; 5 – шпиндель; 6 – подшипниковая опора).

Транспортирование горячекатаных полос осуществляется следующим образом. Из трансформатора в электродвигатели 1 поступает постоянный либо переменный ток. Электродвигатели вращают валы шестеренной клетки 2, выходные валы шестеренной клетки в свою очередь вращают пустотелые ролики 5, а также лопатки вентилятора 3. Лопатки вентилятора, вращаясь, подсасывают воздух, и направляют его под большим давлением на транспортируемую полосу. Все это приводит к приподнятию листового проката в вертикальном направлении и снижению трения между полосой и роликами, а также передвижению полосы от последней клетки стана до моталки. Снижение трения способствует повышению качества листового проката и уменьшению износа роликов отводящего рольганга.

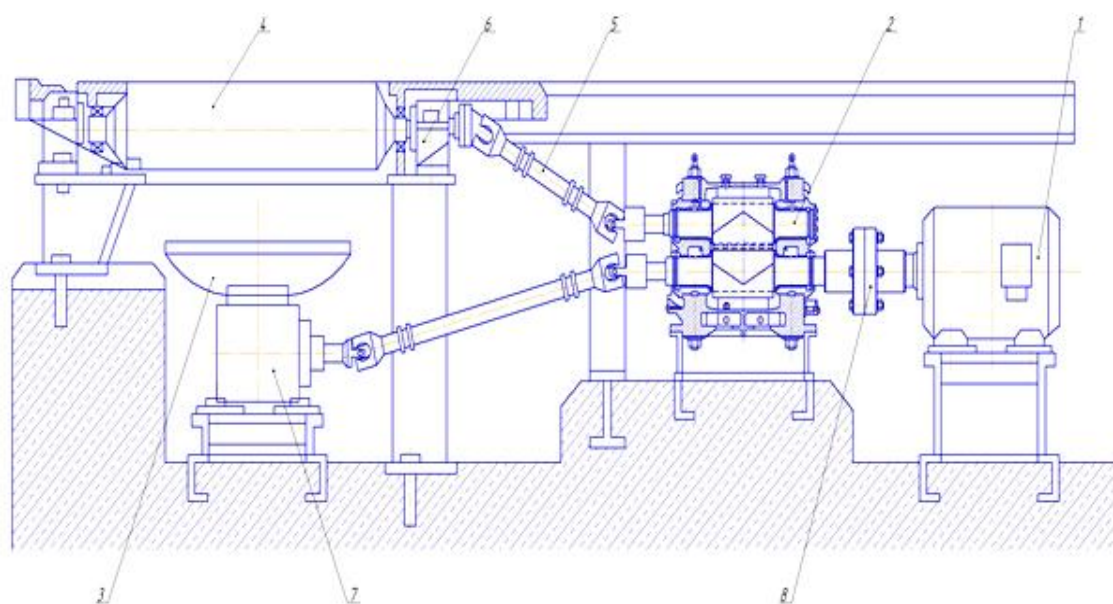


Рисунок 3 – Отводящий рольганг новой конструкции

При углах атаки лопастей корпуса вентилятора в $35 - 40^\circ$ и лопаток в $10 - 12^\circ$ обеспечиваются наибольшие подъемные силы, действующие на прокатываемую полосу, при этом силы сопротивления воздуха – наименьшие. При углах атаки корпуса вентилятора $< 35^\circ$ и лопаток $< 10^\circ$ подъемные силы, действующие на прокатываемую полосу, будут наименьшими, а при углах атаки корпуса вентилятора $> 40^\circ$ и лопаток $> 12^\circ$ увеличиваются силы сопротивления воздуха и, тем самым, уменьшается подъемная сила, действующая на полосу.

Охлаждение горячекатаных полос в отводящем рольганге осуществляется с прокатного нагрева путем отведения тепла охлаждающей средой (водно-воздушная смесь), подаваемой на поверхность горячего раската.

В работе исследовалось влияние охлаждения водно-воздушной смесью на структуру и свойства прокатанных листов из стали А1, имеющей следующий химический состав, %: С – 0,15; Мn – 0,95; Si – 0,29; P – 0,011; S – 0,012; V – 0,11; Ti – 0,012; Cu – 0,20; As – 0,020. Аналогом экспериментальной стали А1 является сталь Ст3Гсп стран СНГ (С – 0,14...0,2; Мn – 0,8...1,1; Si – 0,15...0,3; P – до 0,04; S – до 0,05; Ni – до 0,3; Cr – до 0,3; N – до 0,008; Cu – до 0,3; As – до 0,08).

Для установления влияния степени деформации и последующего водно-воздушного охлаждения на структуру стали А1 образцы размером $\varnothing 10,0 \times 15,0$ мм испытывали сжатием на испытательном комплексе Gleeble-3800. Характеристика комплекса Gleeble представлена на сайтах www.gleeble.com и <http://tmslab.spbstu.ru>.

Пластическую деформацию образцов из стали А1 выполняли на модуле «растяжение – сжатие». Нагрев образцов проводили со скоростью $100^\circ\text{C}/\text{с}$ до температуры в 1100°C и выдерживали при этой температуре 60 мин. Далее, каждый нагретый образец охлаждали до температуры в $800, 850$ и 900°C , деформировали циклическим сжатием при скоростях прокатки продольно-клинового стана (таблица 1). В промежутках циклического деформирования, после выключения электропривода установки, образец оставался зажатым бойками, и активное нагружение сменялось стадией релаксации. В последующем образцы охлаждали воздухом, водно-воздушной смесью и естественным способом до комнатной температуры.

Таблица 1 – План эксперимента физического моделирования

№ вар.	ε_1 , %	t_1 , с	ε_2 , %	t_2 , с	ε_3 , %	t_3 , с	ε_4 , %	t_4 , с	ε_5 , %	τ_B , с	$\tau_{B,0}$, с
Температура испытания – 800 °С											
1.	25	4	20	3	17	2,4	15	1,8	12	2	9
2.	25	4	20	3	17	2,4	15	1,8	12	5	6
3.	25	4	20	3	17	2,4	15	1,8	12	8	3
Температура испытания – 900 °С											
4.	25	4	20	3	17	2,4	15	1,8	12	2	9
5.	25	4	20	3	17	2,4	15	1,8	12	5	6
6.	25	4	20	3	17	2,4	15	1,8	12	8	3
Температура испытания – 1000 °С											
7.	25	4	20	3	17	2,4	15	1,8	12	2	9
8.	25	4	20	3	17	2,4	15	1,8	12	5	6
9.	25	4	20	3	17	2,4	15	1,8	12	8	3
Примечание: ε_1 - единичное обжатие в первой клетки; t_1 - междеформационная пауза после первой клетки; ε_2 - единичное обжатие во второй клетки; t_2 - междеформационная пауза после второй клетки; ε_3 - единичное обжатие в третьей клетки; t_3 - междеформационная пауза после третьей клетки; ε_4 - единичное обжатие в четвертой клетки; t_4 - междеформационная пауза после четвертой клетки; ε_5 - единичное обжатие в пятой клетки; τ_B - время охлаждения на воздухе; $\tau_{B,0}$ - время охлаждения водно-воздушной смесью.											

Шлифы для металлографического исследования готовились по традиционной методике на шлифовальных и полировочных кругах. Для травления образцов использован раствор азотной кислоты в этиловом спирте.

Металлографический анализ провели с помощью универсального микроскопа NEOPHOT 32 (Karl Zeiss, Jena) (Германия). Микроскоп Neophot 32 предназначается для металлографической микроскопии и создания фотоснимков. Наблюдение может производиться методом светлого и темного поля, в поляризованном свете, с изменением кратностей увеличения. Увеличение микроскопа, крат: от 10 до 2000. Микроскоп оснащен цифровым зеркальным фотоаппаратом Olympus с выводом полученного изображения и сохранением снимков на компьютере.

Результаты и их обсуждение

С использованием вышеизложенной методики проведено исследование влияния температуры, обжатия, скорости деформирования и междеформационной паузы на сопротивление деформации стали А1. Известно [13], что скоростной эффект при высокой температуре определяется скоростью протекания таких процессов, как упрочнение и разупрочнение. Возрастанию скорости деформирования соответствует более упрочненное состояние, так как уменьшается вероятность частичного разупрочнения металла при пластической деформации.

Данные о скоростной зависимости сопротивления деформации сталей, имеющиеся в различных источниках, во многих случаях противоречивы [13], и не всегда позволяют определенно судить о влиянии этого фактора на сопротивление деформации. В большинстве исследований отмечается возрастание величин сопротивления деформации с увеличением скорости деформирования.

Необходимо отметить, что в проведенных нами экспериментах с увеличением скорости деформирования в циклических обжатиях величина сопротивления деформации по величине уменьшается.

На рисунке 4 представлены законы изменения сопротивления деформации σ в зависимости от циклического деформирования с различными обжатиями ε и скоростями деформирования.

Из анализа и сопоставления кривых упрочнения стали А1 следует, что сопротивление деформации данной стали при температурах 800, 900 и 1000 °С с увеличением скорости деформации вначале увеличивается, а затем уменьшается от нагружения к нагружению. По нашему мнению, здесь существенное влияние на кривые сопротивления деформации оказывают динамическое и статическое разупрочнение и тепловой эффект деформации.

Таким образом, с увеличением обжатия и, тем самым, скорости деформирования, характер

кривых упрочнения меняется. При малых скоростях деформирования идет монотонное упрочнение металла, т.е. увеличивается сопротивление деформации в конце процесса обжатия образца. При переходе от одного цикла осадки к другому циклу осадки максимальные значения сопротивления деформации уменьшаются. Наличие такой особенности реологического поведения исследуемой стали можно объяснить протеканием динамической и статической рекристаллизации во время осадки и в междеформационных паузах.

Если сопоставить максимальные значения сопротивления деформации образцов, осаженных при различных температурах, то можно увидеть, что на величину сопротивления деформации существенно влияет температура. При повышении температуры уменьшается величина сопротивления деформации. При этом увеличивается разность сопротивлений деформации в первом и пятом циклах деформирования, т.е. увеличивается величина $\Delta\sigma = \sigma_1 - \sigma_5$, уменьшается остаточное упрочнение, так как процессы возврата и рекристаллизации успевают пройти более полно. Все это свидетельствует о прохождении динамической и статической рекристаллизации при повышенных температурах.

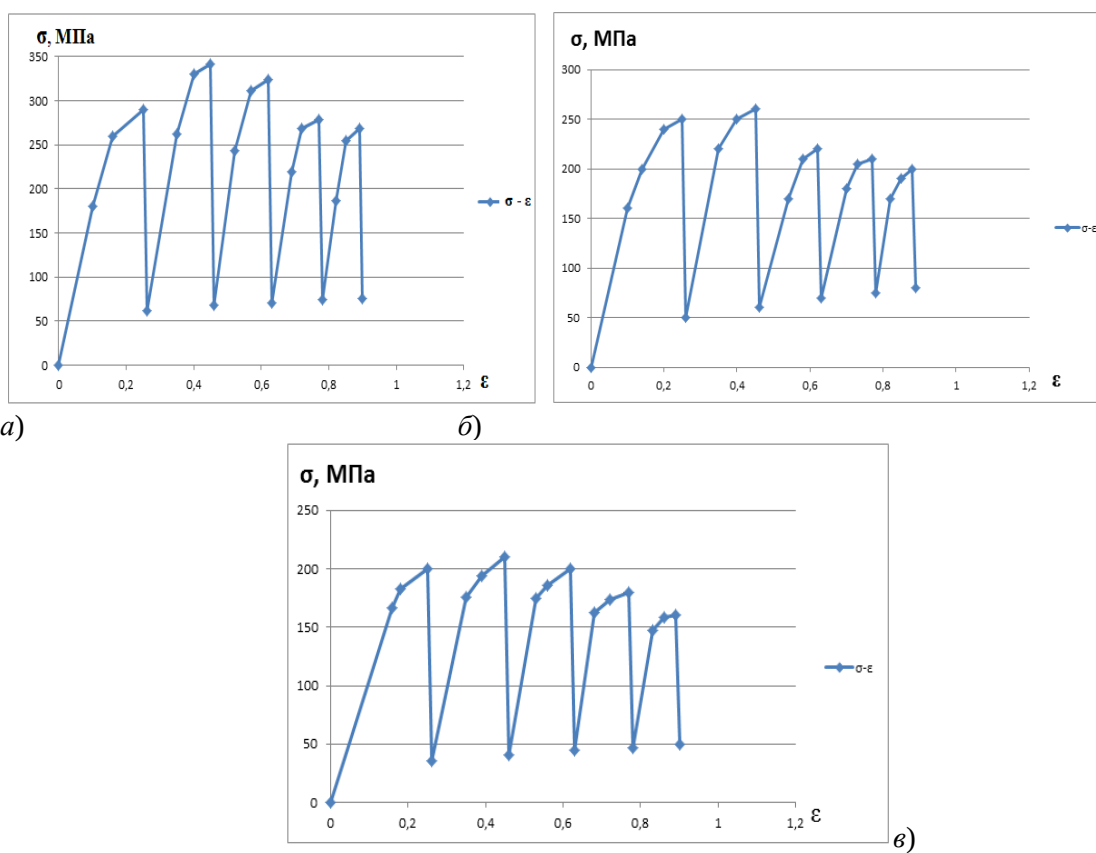


Рисунок 4 – Изменение сопротивления деформации при физическом моделировании прокатки на продольно-клиновом стане по режимам 1, 2 и 3

На рисунках 5, 6 и 7 показана микроструктура образцов из стали А1, полученных при температурно-деформационных режимах прокатки тонких листов на продольно-клиновом стане.

Исследование исходной структуры стали А1 показало, что в структуре образца находятся сравнительно крупные зерна со средним размером 185 мкм. Зерна распределены достаточно равномерно, при этом они вытянуты вдоль оси симметрии образца.

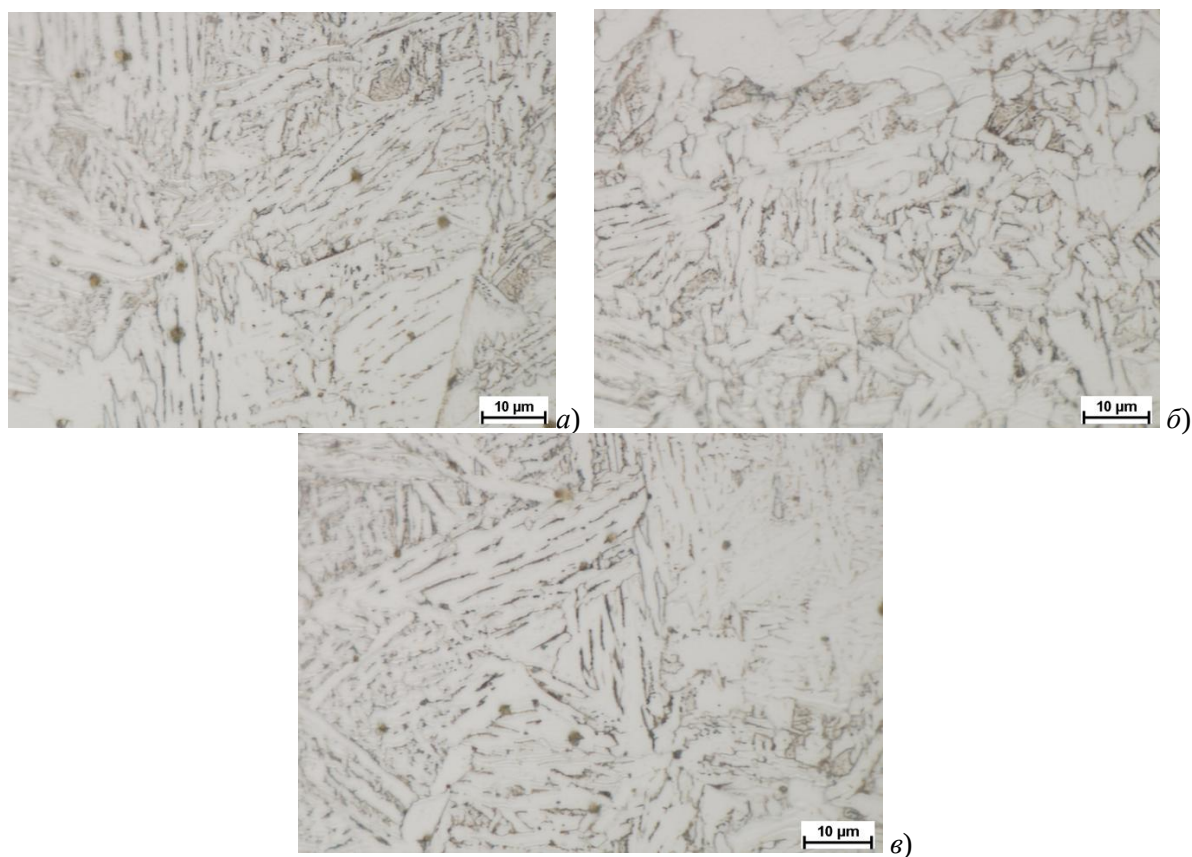
Исследования структуры образцов, обработанных по вышеприведенным режимам, показали, что наиболее равномерная и мелкозернистая структура перлита формируется при температуре осадки 900 °C и режиме деформирования и охлаждения по варианту 1 (деформация заканчивается в однофазной области) (рисунок 5,а). Формирование равномерных и мелкозернистых зерен

перлита связано с деформацией стали в однофазной аустенитной области и снижением температуры образца до 600–650 °С при раннем режиме охлаждения полосы. Такой режим деформирования и охлаждения способствует интенсивному выделению цементита.

Анализ микроструктуры стали А1, деформированной при температуре 900°С, позволил сделать вывод, что образцы, прокатанные и охлажденные по варианту 1, имеют структуру феррит + перлит с размером феррита 16 – 21 мкм. Ускоренное охлаждение образца в температурном интервале интенсивного выделения цементита способствует образованию очень мелких выделений цементита (1 – 2 балла) (рисунок 5,а).

Деформирование при температуре 900°С и охлаждение образцов по вариантам 2 и 3 приводит к формированию структуры пластинчатого перлита с межпластинчатым расстоянием $n = 0,62 - 0,71$ мкм и размерами колонии 42 – 57 мкм. Структура состоит из среднего феррита, размерами 32 – 66 мкм, и избыточного цементита (2 – 3 балла) (рисунки 5,б и 5,в).

Формирование такой сравнительно среднезернистой структуры при осадке и охлаждении образцов по вариантам 2 и 3 можно пояснить прохождением первичной рекристаллизации в аустенитной матрице и наследованием среднезернистой структуры феррит + перлит металлом при медленном охлаждении. Однако величина цементитных выделений соответствует баллам 2 – 3, что является нерациональным.



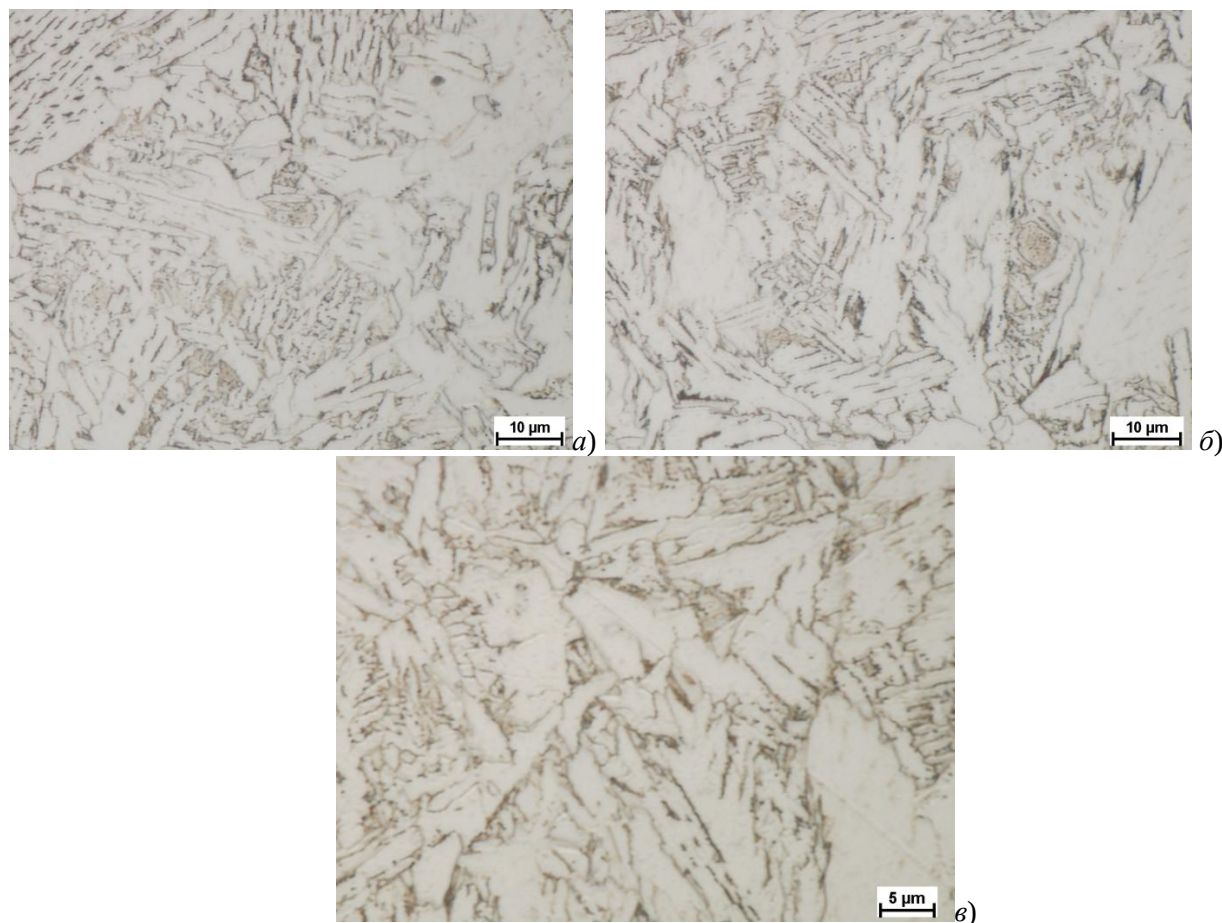
а — вариант 1; б — вариант 2; в — вариант 3

Рисунок 5 – Микроструктура стали А1, осажденной при температуре 900 °С

Повышение температуры осадки до 1000 °С приводит к общему укрупнению зерна (рисунок 6). Так, образцы, осажденные и охлажденные по вариантам 1, 2 и 3, имеют структуру крупного феррита с размерами 84 – 97 мкм, толстопластинчатого перлита, состоящего из чередующихся пластин феррита и цементита, со средним межпластинчатым расстоянием $n = 0,82 - 0,91$ мкм. Размер колоний грубопластинчатого перлита достигает 66 – 83 мкм, при этом размеры избыточного цементита соответствуют 3 – 4 баллу.

Образование такой крупнозернистой структуры при осадке и охлаждении по вариантам 1, 2 и

3 можно объяснить созданием условий для прохождения полной первичной рекристаллизации в деформированной аустенитной матрице при высокотемпературной осадке, а также увеличением размеров аустенитных зерен при высокой температуре. Известно, что, чем больше размер исходного аустенитного зерна, тем крупнее наследуемая структура феррит + перлит.

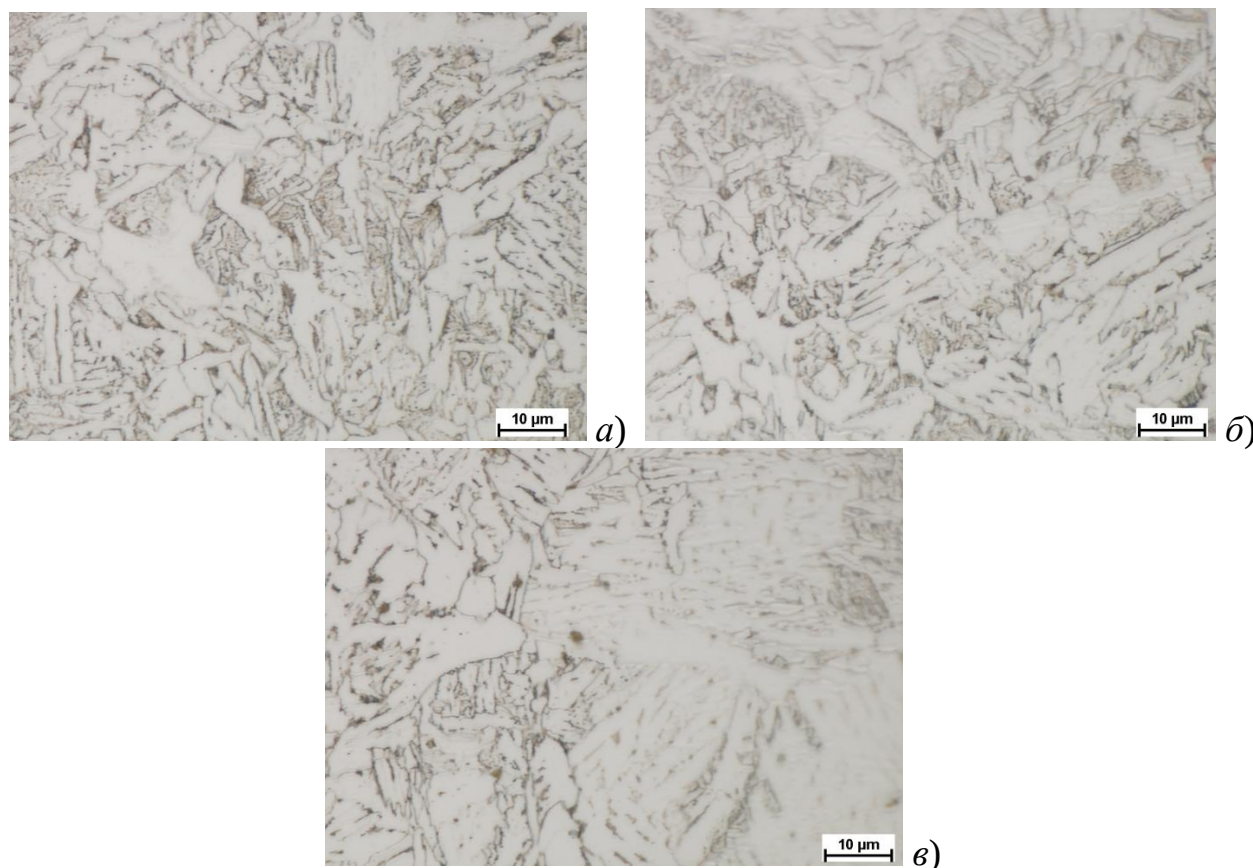


a — вариант 1; *б* — вариант 2; *в* — вариант 3

Рисунок 6 – Микроструктура стали А1, осажденной при температуре 1000 °С

Размеры зерен, деформированных по варианту 1 при температуре 800 °С, увеличились (рисунок 7) по сравнению с размерами зерен, деформированных при температуре 900 °С. По нашему мнению, все это связано с тем, что снижение температуры осадки в последних этапах дробного деформирования до температуры 800 °С, а также последующее медленное охлаждение водно-воздушной смесью приводит к формированию грубопластинчатого перлита с межпластинчатым расстоянием $n = 0,72 - 0,89$ мкм и размерами колоний 53 – 112 мкм, а также полосчатого феррита размером 48 – 97 мкм и избыточным цементитом баллом 2 – 3 (рисунки 5,б и 5,в).

В микроструктуре образцов, деформированных при температуре 800 °С и охлажденных по варианту 1 (таблица 1), произошли значительные изменения (рисунок 5,а). Так, осадка по варианту 1 и последующее быстрое охлаждение водно-воздушной смесью приводит к образованию пластинчатого сорбида с межпластинчатым расстоянием $n = 0,12 - 0,32$ мкм и различными размерами колоний 32 – 83 мкм. Кроме того, происходит уменьшение размеров цементита (балл 1 – 2) и формируется феррит неправильной формы с плохо очерченными границами, а также с различными размерами (28 – 94 мкм).



a — вариант 1; *б* — вариант 2; *в* — вариант 3

Рисунок 7 – Микроструктура стали А1, осажденной при температуре 800 °С

Наличие таких крупных зерен при осадке и охлаждении по варианту 1 можно объяснить градиентом наклепа аустенитных и ферритных зерен по всему сечению полосы при пониженной температуре деформации. При медленном охлаждении рекристаллизация в условиях такой градации наклепа вызывает усиленный рост зерен по сечению образца.

Необходимо отметить, что причиной образования разнотернистой структуры по сечению образца при температуре 800 °С может явиться также неравномерность деформации. Так как при пониженных температурах прокатки поверхностные слои полосы охлаждаются сильнее, они в меньшей степени подвергаются деформации, в то время как в центральных слоях деформация локализуется.

Выводы

Таким образом, из анализа микроструктуры стали А1 можно сделать вывод, что равномерная мелкозернистая по толщине образцов структура получается при деформировании и охлаждении водно-воздушной смесью по варианту 1 (рисунок 5, *a*).

По результатам исследования структуры установлено, что при позднем режиме охлаждения внутренняя структура стали А1 формируется по одинаковым закономерностям.

По полученным данным установлено, что для обеспечения рациональной структуры подката из стали А1 необходимо производить прокатку полос с температурой конца прокатки 900 °С, температурой охлаждения 600–650 °С, при этом горячекатаные полосы на отводящем рольганге необходимо охлаждать водно-воздушной смесью по раннему режиму охлаждения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Barret R. Thin hot rolled strip chips away at cold rolled markets // Metal Bull.Mon. – 1999. – Apr., Suppl. – P.25,27–29.

- [2] Innovative technologies for strip production / W. Bald, Q. Knepppe, D. Rosenthal, P. Sudau // Steel Times Int. – 2000. 24. №5. – P.16–19.
- [3] Дегнер М., Хеллер Т., Тезе П. Разработки в области производства сверхтонкой горячекатаной полосы // Черные металлы. 2001. №3. – С. 24–26.
- [4] Matsuoka S., Fumkiini O., Obara T. Процесс непрерывной горячей прокатки тонких стальных полос // Netsu shori - J. Jap. Soc. Heat Treat. 1996. 36. P. 299–304. (РЖ Металлургия. 6Д70. 1997).
- [5] Новые разработки фирмы Danieli United для горячей прокатки полос толщиной менее 1,0 мм // НЧМ. 1999. № 4. – С. 85–88.
- [6] Flick F., Djumlija G. Conroll. Технология производства тонкой горячекатаной полосы // Steel Times International. 1997. №3. P. 15 – 23 (НЧМ. 1998, № 2. – С. 50 – 61).
- [7] Повышение качества листового проката / В.Л. Мазур, А.П. Качайлов, В.Г. Иванченко и др. – К.: Техника, 1979. – 143 с.
- [8] Рудской А.И., Лунев В.А. Теория и технология прокатного производства: Учебное пособие. – СПб.: Наука, 2005. – 540 с., 377 ил.
- [9] Зотов, В.Ф. Производство проката. – М.: Интернет Инжиниринг, 2000. – 352 с.
- [10] Брунзель Ю.М., Виравовский Ю.Г., Фомин И.М. Особенности превращения деформированного аустенита в изотермических условиях при термомеханической обработке сталей на перлитную структуру // МИТОМ. -1994.-№11. - С.4-8.
- [11] Алдунин А.В. Основные принципы оптимизации процессов горячей прокатки полос по структуре и пластичности металла // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия, 2008. – № 5. – С.23–26.
- [12] Выбор технологических режимов горячей прокатки тонких полос / В.Л. Мазур, Л.А. Чмелев, В.А. Мазур и др. // Сталь, 1984. – № 3. – С. 37–40.
- [13] Горелик С.С., Добаткин С.В., Капуткина Л.М. Рекристаллизация металлов и сплавов. М.: МИСИС, 2005. 432 с.
- [14] Пастухова Ж.П., Рахштадт А.Г., Каплун Ю.А. Динамическое старение сплавов. М.: Металлургия, 1985. 223 с.
- [15] Бабич В.К., Гуль Ю.П., Долженков И.Е. Деформационное старение стали. М: Металлургия, 1972. 320 с.
- [16] Полухин П.И., Гун Г.Я., Галкин А.М. Сопротивление пластической деформации металлов и сплавов. Справочник. М.: Металлургия, 1983. 352 с.
- [17] Влияние прокатки в двухфазной области на дисперсность перлитной составляющей в стали 1кп. / А.А. Морозов, В.Н. Уриев, В.И., Дегтярев и др. // Сб. науч. тр. Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением / Под ред. В.М. Салганика. - Магнитогорск: МГТУ, 2000. - С. 121 - 124.
- [18] Инновационный патент №26446/С.А. Машеков, Г.Ж. Нуржанова, А.Б. Абилямажинова//Литейно-прокатный агрегат продольно-клиновой прокатки. Оpubл. в Б.И. №12, 14.02.2012. 5 с. с ил.
- [19] Машеков С.А., Нуртазаев А.Е., Нугман Е.З. и др. Непрерывный стан для прокатки тонких полос из стали и сплавов. Патент РК № 24533 . Оpubл. 15.09.2011, бюл. №9. 3 с.: ил.
- [20] Машеков С.А., Курмангалиева Л.А., Алимбетов А., Машекова А.С. / Отводящий рольганг широкополосных прокатных станов // Патент РК № 27722. Оpubл. 18.12.2013, бюл. №12. 3 с.: ил.
- [21] Матюнин В.М. Механические и технологические испытания и свойства конструкционных материалов. – М.: Изд-во МЭИ, 1996, 124 с.

REFERENCES

- [1] Barret R. Thin hot rolled strip chips away at cold rolled markets // Metal Bull.Mon. – 1999. – Apr., Suppl. – P.25,27–29.
- [2] Innovative technologies for strip production / W. Bald, Q. Knepppe, D. Rosenthal, P. Sudau // Steel Times Int. – 2000. 24. №5. – P.16–19.
- [3] Degner M., Heller T., Tese P. Developments in the field of production of ultrathin hot strip. Ferrous metals. 2001. №3. - p. 24-26. (in Russ.).
- [4] Matsuoka S., Fumkiini O., Obara T. Процесс непрерывной горячей прокатки тонких стальных полос // Netsu shori - J. Jap. Soc. Heat Treat. 1996. 36. P. 299–304.
- [5] New developments of the Danieli United company for hot strip thickness of less than 1.0 mm // LFM. 1999. № 4. - pp 85-88. (in Russ.).
- [6] Flick F., Djumlija G. Conroll. Технология производства тонкой горячекатаной полосы // Steel Times International. 1997. №3. P. 15 – 23.
- [7] Mazur V.L., Kachaylov A.P., Ivanchenko V.G., et al. Improving the quality of sheet metal / - K.: Engineering, 1979. - 143 p. (in Russ.).
- [8] Rudskoy A.I., Lunev V.A. Theory and technology of rolling production: manual. - SPb.: Nauka, 2005. - 540 p., 377 ill. (in Russ.).
- [9] Zotov V.F. Production of rolled products. - M.: Internet Engineering, 2000. - 352 p. (in Russ.).
- [10] Brunzel Y.M., Virahovsky Yu.G., Fomin I.M. Features deformed austenite transformation under isothermal conditions at thermomechanical treatment of steels pearlite structure. Mitomo. -1994.-№11. - p.4-8. (in Russ.).
- [11] Aldunin A.V. Basic principles of optimization of hot strip of metal structure and plasticity. News of higher educational institutions. Iron and steel, 2008. - № 5. - p.23-26. (in Russ.).
- [12] Mazur V.L., Chmeliev L.A., Mazur V.A., et al. The choice of technological modes of hot rolling thin strips. Steel, 1984. - № 3. - p. 37-40. (in Russ.).

- [13] Gorelik S.S., Dobatkin S.V., Kaputkina L.M. Recrystallization of metals and alloys. M.: MISA, 2005. 432 pp. (in Russ.).
- [14] Pastukhova Zh.P., Rahshtadt A.G., Kaplun Yu.A. Dynamic aging alloys. M.: Metallurgy, 1985. 223 pp. (in Russ.).
- [15] Babich V.K., Gul Y.P., Dolzhenkov I.E. Strain aging steel. M: Metallurgy, 1972. 320 pp. (in Russ.).
- [16] Poluhin P.I., Gun G.Y., Galkin A.M. Resistance to plastic deformation of metals and alloys. Directory. M.: Metallurgy, 1983. 352 pp. (in Russ.).
- [17] Morozov A.A., Urtsev V.N., Degtyarev V.I., et al. The effect of rolling in the two-phase region in the dispersion of the perlite component in steel 1kp. Proc. scientific. w. Modeling and development of metal forming processes. Ed. VM Salganik. - Magnitogorsk: Bauman, 2000. - p. 121-124. (in Russ.).
- [18] Innovative patent №26446. S.A. Mashekov, G.Zh. Nurzhanova, A.B. Abilmazhinova. Casting and Rolling machine longitudinal wedge rolling. Publ. in BI №12, 14.02.2012. 5 p. (in Russ.).
- [19] Mashekov S.A., Nurtazaev A.E., Nugman E.Z., et al. Continuous rolling mill for thin strips of steel and alloys. Patent RK № 24533. Publ. 15.09.2011, Bull. №9. 3 p. (in Russ.).
- [20] Mashekov S.A., Kurmangaliyeva L.A., Alimbetov A., Masheкова A.S. The discharge roller broadband rolling mills. Patent RK № 27722. Publ. 12.18.2013, Bull. №12. 3 p. (in Russ.).
- [21] Matyunin V.M. Mechanical and technological tests and the properties of constructional materials. - M.: Publishing House of the Moscow Power Engineering Institute, 1996, 124 p. (in Russ.).

**Жаңа бойлық-сыналы орнақта және тасымалдаушы рольгангте жаймалауды және салқындатуды
физикалық модельдеу**

¹Машеков С.А., ²Абсадықов Б.Н., ³Сембаев Н.С., ¹Машекова А.С., ¹Алиббетов А.Б.

¹Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті, Алматы қ., Қазақстан,

²Қазақстан-Британ техникалық университеті, Алматы қ., Қазақстан,

³С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., Қазақстан

Аннотация. Мақалада қазіргі заманғы, дәлдігі жоғары Gleeble 3500 қондырғысын қолдана отырып, жаңа бойлық-сыналы орнақта және тасымалдаушы рольгангте жаймалауды және салқындатуды физикалық модельдеу жолымен, А1 болатының деформацияға кедергісі және микроқұрылымының өзгеру заңдылықтары зерттелген. Әр түрлі температуралар мен деформация жылдамдықтарын қолданып, А1 болатынан жасалған жолақты көпсатылы жаншумен деформациялағанда пайда болатын жүріс-тұрыстар бейнеленген. Жаңа тасымалдаушы рольгангте А1 болатынан жасалған жолақты тасымалдаған кезде, оның құрылымына салқындатудың температуралық режимдерінің әсері талданған. Аустениттің өсу және ыдырау заңдылықтары қаралған, ұсақ түйіршікті құрылымның құрылу заңдылықтары анықталған.

Түйін сөздер: деформация кедергісі, қысу, аустенит, феррит, перлит, микроқұрылым, тәжірибе, беріктену, беріксіздену, рекристаллизация.

¹Машеков С.А., д.т.н., профессор, ²Абсадықов Б.Н., д.т.н., профессор, ³Сембаев Н.С. к.т.н., доцент, ¹Машекова А.С., докторант, ¹Алиббетов А.Б., докторант

¹Казахский национальный технический университет имени К.И.Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан

²Казахстанско-Британский технический университет, г. Алматы, Республика Казахстан

³Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, Республика Казахстан

Поступила 11.07.2015 г.

**PUBLICATION ETHICS AND PUBLICATION MALPRACTICE
IN THE JOURNALS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the originality detection service Cross Check <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

<http://www.reports-science.kz/index.php/ru/>

Редакторы *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов*
Верстка на компьютере *С.К. Досаевой*

Подписано в печать 11.08.2015.
Формат 60x88^{1/8}. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
15,7 п.л. Тираж 2000. Заказ 4.