

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Сибирский государственный индустриальный университет

*Посвящается 90-летию Сибирского
государственного индустриального университета*

**МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО
«Металлургия – 2019»**

23 – 24 октября 2019 г.

*Труды
XXI Международной научно-практической конференции
Часть 2*

**Новокузнецк
2019**

УДК 669(06)+658.012.056(06)
М 540

Редакционная коллегия
академик РАН Л.А. Смирнов, д.т.н., профессор Е.В. Протопопов,
д.т.н., профессор М.В. Темлянцев, д.т.н., профессор Г.В. Галевский,
д.т.н., профессор Н.А. Козырев, д.т.н., профессор А.Р. Фастыковский,
к.т.н., доцент С.Г. Коротков

М 540 Металлургия: технологии, инновации, качество : труды XXI Международной
научно-практической конференции: в 2-х ч. Ч. 2 / под ред. Е.В. Протопопова;
Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2019. – 463 с. : ил.

ISSN 2542-1670

Труды конференции включают доклады по актуальным вопросам теории и
технологии производства, обработки и сварки металлов, энергоресурсосбережения,
рециклинга и экологии в металлургии.

ОРГАНИЗАТОРЫ И ПАРТНЕРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Администрация Кемеровской области
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
АО «ЕВРАЗ ЗСМК»
АО «Русал Новокузнецк»
АО «Кузнецкие ферросплавы»
ОАО «Черметинформация»
Издательство Сибирского отделения РАН
Журнал «Известия вузов. Черная металлургия»
Журнал «Вестник СибГИУ»
Журнал «IOP conference series: materials science and engineering»
АО «Кузбасский технопарк»
Западно – Сибирское отделение Российской Академии естественных наук
Совет молодых ученых Кузбасса

ISSN 2542-1670

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2019

ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ, ОТЖИГ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ 10

Прудников А.Н., Прудников В.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия, a.prudnikov@mail.ru*

Аннотация. Приведены результаты влияния термоциклическойковки и отжига в интервале 100÷900°С на микроструктуру, коэрцитивную силу и линейное расширение стали 10. Использование предварительной термоциклической деформации повышает коэрцитивную силу не более чем на 8 %. Показана возможность снижения коэрцитивной силы листовой стали, изготовленной с использованием термоциклическойковки, почти в 3 раза по сравнению с исходным необработанным состоянием за счет последующего отжига при 900°С в течение 10 ч. Кроме того, данный режим отжига снижает температурный коэффициент линейного расширения листовой стали в среднем на 6 % в интервале температур испытания 50-450 °С.

Ключевые слова: сталь, структура, термоциклическая ковка, коэрцитивная сила, температурный коэффициент линейного расширения.

THERMOCYCLIC DEFORMATION, ANNEALING AND PHYSICAL PROPERTIES OF LOW CARBON STEEL 10

Prudnikov A.N., Prudnikov V.A.

*Siberian State Industrial University
Novokuznetsk, Russia, a.prudnikov@mail.ru*

Abstract. The results of the influence of thermocyclic forging and annealing in the range of 100 ÷ 900 ° C on the microstructure, coercive force and linear expansion of steel 10. The use of preliminary thermocyclic deformation increases the coercive force by no more than 8%. The possibility of reducing the coercive force of sheet steel made using thermocyclic forging is shown to be almost 3 times lower than the initial untreated state due to subsequent annealing at 900 ° C for 10 hours. In addition, this annealing mode reduces the average linear expansion temperature coefficient of sheet steel by 6% in the temperature range of the test 50-450 °C.

keywords: steel, structure, thermocyclic forging, coercive force, linear expansion temperature coefficient.

Введение

В большинстве отраслей промышленности подавляющая часть заготовок, деталей и конструктивных элементов изделий из различных материалов используется после упрочняющих технологий – деформационных, термических или поверхностных химико-термических обработок. Однако, все более ужесточающиеся требования к материалам, используемым в современной технике, привели к появлению комплексных технологий, включающих совместное применение различных способов и приемов формирования и управления структурой и, следовательно, свойствами этих материалов. К таким технологиям относятся термомеханическая, механотермическая и более сложный вид – деформационная термоциклическая обработка (ДТЦО). Технологические режимы этих обработок совмещают различные виды холодной и горячей деформации с нагревами, выдержками при фиксированных температурах и охлаждением в широком диапазоне скоростей (в воде, на воздухе или с печью). ДТЦО – отличается повторяемостью циклов обработки. Причем количество циклов обработки и его параметры (температура нагрева и охлаждения; температурный интервал деформирования;

вид и степень деформации в цикле; общая степень деформации и др.). В литературе довольно широко освещается ДТЦО как технология, применяемая для упрочнения черных и цветных металлов и сплавов, в том числе сталей, чугунов и алюминиевых сплавов [1-7]. Гораздо меньше внимания уделено проблеме улучшения электрических, магнитных, тепловых и других физических свойств различных материалов. К таким публикациям можно отнести работы авторов [1,8-10]. Одним из перспективных направлений использования ДТЦО может быть придание конструкционной низкоуглеродистой стали свойств, приближающихся к свойствам некоторых групп магнитно-мягких материалов, в частности технически чистого железа и электротехнической стали, сочетающихся с повышенными механическими и технологическими свойствами. Кроме того, дополнительным резервом улучшения свойств низкоуглеродистой стали, может послужить последующая термическая обработка, оказывающая влияние на ее структуру и наиболее важные свойства. Для магнитно-мягких материалов такими свойствами могут являться электрические, магнитные и тепловые (удельное электрическое сопротивление, электрическая проводимость, потери на перемагничивание при различных частотах, коэрцитивная сила, коэффициент теплового расширения и др.). Поэтому целью работы явилось исследование воздействия предварительной термоциклическойковки и последующего отжига на физические свойства, в частности коэрцитивную силу и линейное расширение, листовой горячекатаной стали 10.

Материалы и методика исследований

В качестве материала исследования была взята низкоуглеродистая качественная сталь 10сп. Сталь была выплавлена в ОАО «НКМК» (г. Новокузнецк). Химический состав опытной стали приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав опытной листовой стали 10

Марка стали	Компоненты стали, вес. %									
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	As	Fe
10сп	0,13	0,22	0,42	0,014	0,018	0,05	0,04-	0,20	0,06	ост.

Сляб из опытной стали размером 900×700×500 мм подвергали горячей циклической ковке. Схемаковки – однопроходная протяжка плоскими бойками с кантовкой заготовки. Деформацию слябов проводили в кузнечно-термическом цехе ОАО ЗСМК (г. Новокузнецк) на гидравлическом ковочном прессе усилием 20 МН. Технология предварительной термоциклическойковки описана в работе [10], а ее основные параметры и режим приведены ниже. Температура нагрева под ковку составляла 1250 °С, время выдержки сляба в печи перед ковкой – 2 ч (без учета времени прогрева заготовки). Для нагрева заготовок под деформацию использовали методическую газовую печь. Охлаждение поковок проводили на воздухе до 200-300°С. Количество цикловковки – 10, степень деформации в каждом цикле составляла 6÷8 %. Суммарная степень деформации равнялась 65÷68 % при величине общего коэффициента уковки ~ 1,90. Высота заготовки послековки составляла 300÷310 мм при ширине 490÷500 мм. В дальнейшем заготовки были перевезены в ОАО «НМЗ» им. А.Н. Кузьмина (г. Новосибирск) и прокатаны на лист толщиной 3 мм на полунепрерывном прокатном стане 810 по промышленной технологии изготовления горячекатаного листа из стали 10. Перед прокаткой заготовки нагревали в газовой печи. Температура нагрева заготовок под прокатку составляла 1120÷1250 °С, время выдержки – 2÷2,5 ч. Температура конца прокатки для листа толщиной 3 мм составляла 800÷860°С. Более подробно технологический режим изготовления листа из стали 10 приведен в работе [2].

Отжиг образцов, вырезанных из листа, проводили в печах сопротивления типа СНОЛ 2.2,5.2/12,5-И1 и электрических сушильных шкафах СНОЛ 3,5.3,5.3,5/3,5-И2. Для исследования микроструктуры стали использовали оптический микроскоп OLYMPUS GX-51F. Для определения истинного и среднего температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР) стальных образцов при различных температурах использовали высокотемпературный дилатометр DIL 402С с цифровой обработкой данных и погрешностью изме-

рения $0,1 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$. Определение коэрцитивной силы проводили на коэрцитиметре КИФМ-1 с феррозондовым датчиком (ток размагничивания магнитопровода $8 \cdot 10^{-3} \text{ А}$) на листовых образцах прямоугольной формы толщиной 3 мм и размером 90×120 мм. Погрешность измерения составила 4 А/м.

Результаты и обсуждение

Одним из важнейших свойств магнитно-мягких материалов является коэрцитивная сила, определяющая потери энергии на перемагничивание элементов магнитных цепей. В первую очередь, это относится к сердечникам магнитопроводов, имеющих сложную конфигурацию, статоров и роторов высокочастотных машин, дросселей, трансформаторов и других конструктивных элементов [11]. В связи с этим была определена величина коэрцитивной силы для горячекатаной стали 10, изготовленной по промышленному режиму прокатки и с использованием предварительной ДТЦО. В первом случае она составила 214 А/м, а в случае использования термоциклическойковки – 232 А/м. Такое повышение коэрцитивной силы за счет использования режимов предварительной термоциклическойковки при изготовлении листовой горячекатаной стали 10 можно объяснить изменениями, происходящими в ее микроструктуре. Это, прежде всего, измельчение зерен феррита и перлитных колоний, ориентированных вдоль направления прокатки, что согласуется с результатами металлографических исследований, проведенных в работе [2]. Такое измельчение структурных составляющих и, следовательно, увеличение протяженности межфазных границ зерен, являющихся местами скопления дефектов кристаллического строения (дислокаций, вакансий и др.), в структуре листовой стали 10, изготовленной с использованием ДТЦО, является причиной повышения величины ее коэрцитивной силы.

Довольно часто в специальных областях промышленности магнитные элементы работают при повышенных и пониженных температурах, в том числе широко распространенные пластинчатые наборные сердечники с электроизоляционным покрытием, герметизированные магнитные контакты (герконы) и другие подобного рода изделия. Поэтому для магнитно-мягких материалов, из которых изготавливают такие изделия, одной из важных характеристик является характеристика теплового расширения – температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР). Проведенные исследования по воздействию режима термоциклическойковки на линейное расширение стали 10 показали, что использование ДТЦО практически не оказывает влияния на истинный температурный коэффициент линейного расширения. Величина его изменения после циклическойковки и прокатки на лист не превышает 5 % (рисунок 1). Однако можно отметить тенденцию превышения коэффициента в области низких температур испытания (до 300 °С) на 5 % по сравнению с коэффициентом горячекатаной стали промышленного изготовления и противоположное изменение значений ТКЛР для более высоких температур испытаний (300-450 °С).

В дальнейшем исследовали влияние последующего отжига в течение 10 ч на физические свойства листовой стали 10 (толщина 3 мм), подвергнутой ДТЦО. Установлено, что увеличение температуры отжига от 100 до 900 °С с шагом 100 °С приводит к последовательному снижению величины коэрцитивной силы стали (рисунок 2). Ее интенсивное снижение отмечено при более высоких температурах отжига начиная от 600°С. Минимальное значение коэрцитивной силы соответствует отжигу при температуре 900°С и составляет 83 А/м, что почти в 3 раза ниже, чем у образцов без термической обработки. По-видимому, снижение величины коэрцитивной силы листовой стали, изготовленной с использованием ДТЦО, с увеличением температуры отжига объясняется общим снижением уровня напряжений и дефектов кристаллического строения (вакансий, дислокаций и др.), формирующегося в металле в результате, используемых режимов деформации и охлаждения, а также значительным ростом зерна феррита и некоторым уменьшением объемной доли перлитных колоний.

Кривые температурной зависимости линейного расширения стали 10, изготовленной с использованием термоциклическойковки от температуры испытаний после отжига в течение 10 ч при 600, 700, 800 и 900 °С и без термической обработки приведены на рисунке 3.

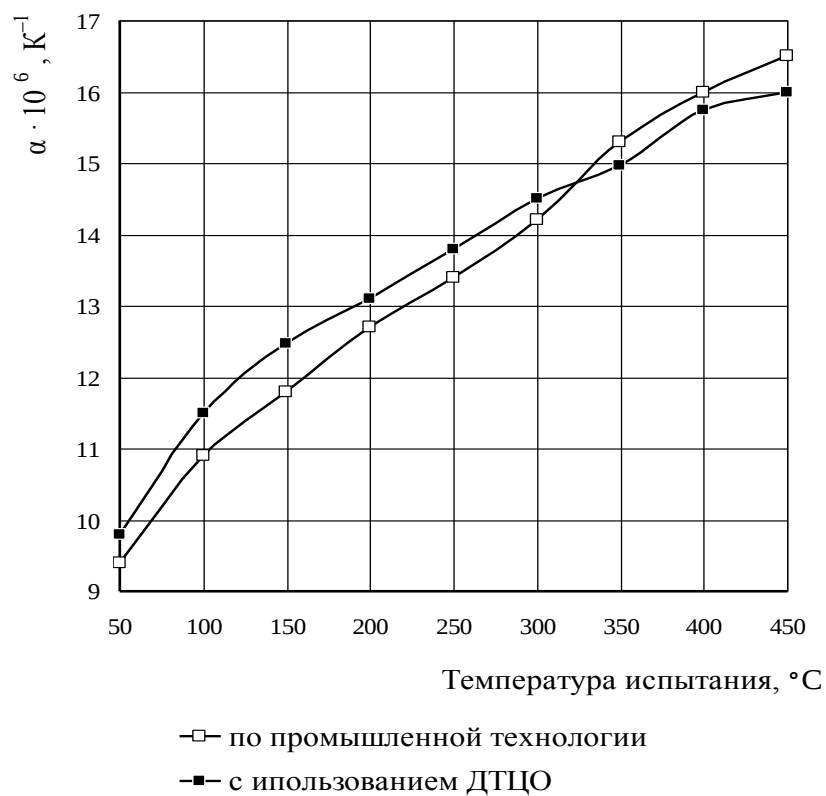
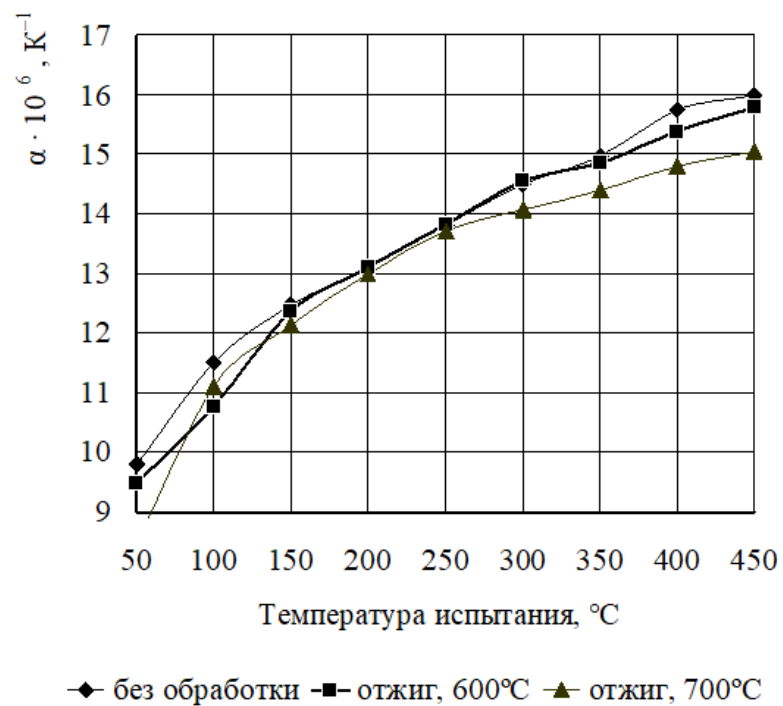


Рисунок 1 – Влияние термоциклическойковки на линейное расширение листовой горячекатаной стали 10 (толщина листа 3 мм)

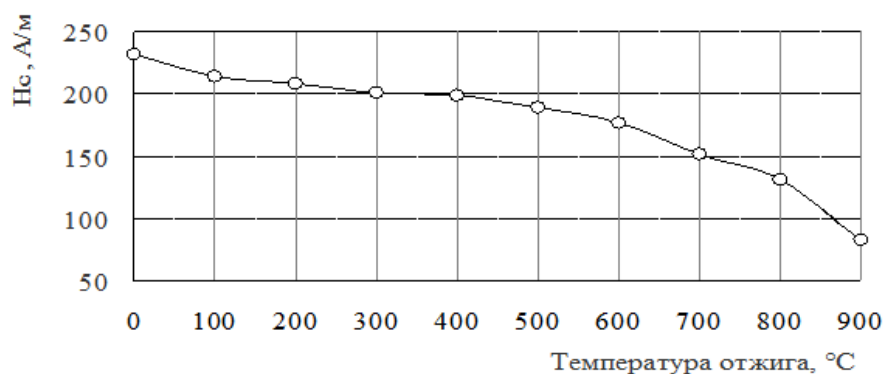
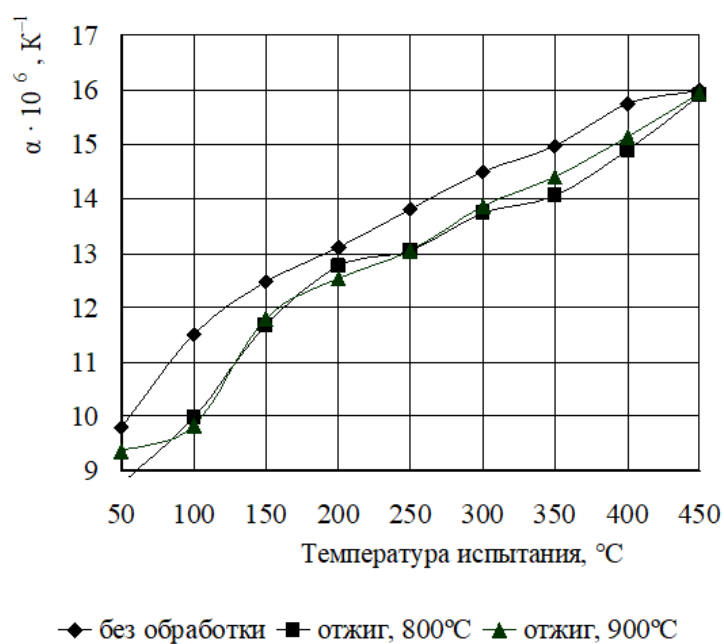


Рисунок 2 – Влияние температуры нагрева с охлаждением в печи на коэрцитивную силу стали 10, изготовленной с использованием ДТЦО

а



б

Рисунок 3 – Влияние температуры отжига при 600, 700 °C (а) и 800, 900 °C (б) при времени выдержки 10 ч на линейное расширение листовой горячекатаной стали 10, изготовленной с использованием ДТЦО

На основании анализа кривых температурной зависимости истинного коэффициента термического расширения стали 10, изготовленной с использованием предварительной термоциклическойковки, после отжига в течение 10 ч при 600, 700, 800 и 900 °C построены графические зависимости среднего коэффициента по интервалам температур испытания от температуры отжига (рисунок 4).

Полученные зависимости $\alpha - T_{\text{исп}}$ и $\alpha_{\text{ср}} - T_{\text{исп}}$ позволяют сделать вывод о снижении способности стали 10 к термическому расширению после отжига при всех исследуемых температурах. Причем отжиг стали при 800 и 900 °C снижает температурный коэффициент линейного расширения более значительно. Это снижение составляет в среднем более 6 % во всем температурном интервале испытаний (до 450 °C). Кроме того, наиболее значительно отжиг при 800 и 900 °C уменьшает величину среднего ТКЛР в области низких температур 50-100 и 50-200 °C. Так, после отжига при 800°C это уменьшение составляет 8 и 12 %, а после отжига при 900 °C – 7 и 12 % соответственно по сравнению с термически необработанными образцами.

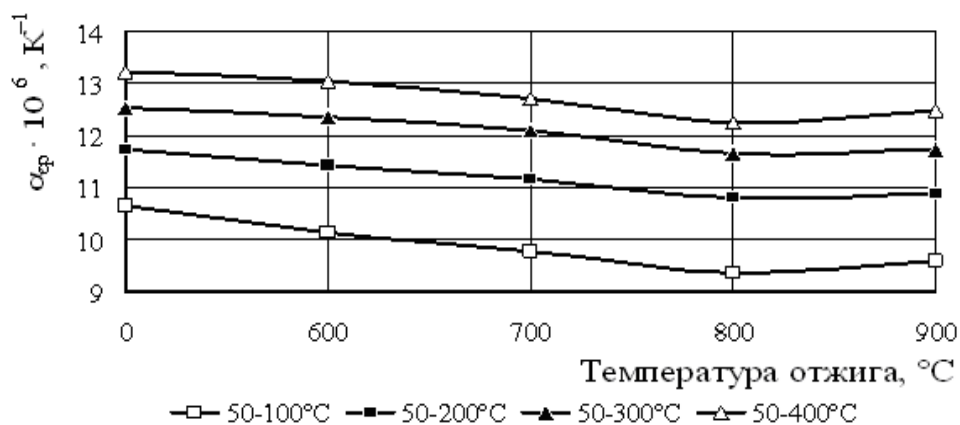


Рисунок 4 – Влияние температуры отжига на средний ТКЛР в различных интервалах температур испытания листовой горячекатаной стали 10, изготовленной с использованием ДТЦО

Выводы

1. Использование термоциклическойковки для изготовления листа из стали 10сп (толщина 3 мм) повышает величину ее коэрцитивной силы не более чем на 8 % по сравнению с промышленным режимом и не оказывает существенного влияния на термическое расширение.
2. Последующий высокий отжиг (900 °C) в течение 10 ч листовой стали 10, изготовленной с использованием термоциклическойковки, позволяет снизить ее коэрцитивную силу почти в 3 раза по сравнению с термически необработанной сталью, а также уменьшить истинные значения ТКЛР в среднем более чем на 6 % в интервале до 450 °C
3. Наибольшее снижение среднего коэффициента термического расширения стали 10 после данного режима отжига для различных температур испытаний наблюдается в низкотемпературной области (от 50 до 200 °C) и составляет 7-10 % по сравнению с ее исходным состоянием.

Библиографический список

1. Федюкин В.К. Термоциклическая обработка металлов и деталей машин/ В.К. Федюкин, М.Е. Смагоринский – Ленинград : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989.– 255 с.
2. Prudnikov A.N. Influence of Thermal-Cyclic Deformation and Hardening Heat Treatment on the Structure and Properties of Steel 10 // A.N. Prudnikov, V.A. Prudnikov // Applied Mechanics and Materials. – Vol. 788. – pp. 187 - 193.
3. Прудников А.Н. Структурно-технологические основы разработки прецизионных силуминов с регламентированным содержанием водорода / Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.16.09 / НГТУ, Новосибирск, 2013.– 40 с.
4. Патент 20130084 РФ Способ термоциклической обработки чугуна / В.К. Афанасьев, Н.В. Чибряков, А.Н. Прудников, М.К. Сарлин. – Заявл. 07.07.1998. – Оpubл. 10.05.1999. – Б. И. № 13. – С. 455.
5. Prudnikov, A. Production, structure and properties of engine pistons made from transeutectic deformable silumin // Steel in Translations – 2009 –v. 39.– pp. 391-393.
6. Прудников А.Н. Комплексное воздействие отжигов и термоциклическойковки на структуру и свойства заэвтектических силуминов // Деформация и разрушение материалов.– 2014.– № 2.– С. 14 - 20.
7. Прудников А.Н. Использование термоциклической деформации для получения полужабуриков из заэвтектических силуминов / А.Н. Прудников, В.А. Прудников / В сборнике материалов 19-й Межд. научно-практической конф. «Металлургия: технологии, инновации, качество», 15-16 ноября 2015 г., г. Новокузнецк.– Новокузнецк, СибГИУ, 2015.–С. 15-18.
8. Furuya Y. Thermal cyclic deformation and degradation of shape memory effect in Ti-Ni alloy

// Y. Furuya, Y. C. Park // Nondestructive testing and evaluation. – 1992 – Vol. 8(1). – pp. 541-554/.

9. Беллавин А.Д. Влияние термоциклической обработки на физические свойства спеченных алюминиевых сплавов / А.Д. Беллавин, М.Е. Смагоринский, И.Ф. Шилов // Новые материалы и упрочняющие технологии на основе методов термической и химико-термической обработки. – М.:1986. – С. 86-87.

10. Прудников А.Н. Оценка структуры, свойств и загрязненности неметаллическими включениями деформационно-термоциклически обработанной стали 10 / А.Н. Прудников, В.А. Прудников, Е.В. Богонос / Сб. материалов XIX Межд. научн.-практ. конф. «Металлургия: технология, инновации, качество» – 15-16 ноября 2015 г. – Новокузнецк, изд-во СибГИУ, 2015. – С. 35 - 39.

11. Кекало И.Б. Физическое металловедение прецизионных сплавов. Сплавы с особыми магнитными свойствами / И.Б. Кекало, Б.А. Самарин. – М. : Металлургия, 1989. – 496 с.

УДК 621.74.002.6:681.3

ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ АСУ КАЧЕСТВОМ ОТЛИВОК

Князев С.В., Усольцев А.А., Скопич Д.В., Соколов Б.М., Ознобихина Н.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия, krookia@mail.ru*

Аннотация. Внедрение «Автоматизированной системы пооперационного контроля производства отливок (АС ПКПО)» является первым этапом и основой комплексной автоматизированной системы управления производством. Она выполняет три основные задачи: контроля и учета (хода производства, изделий, материалов и пр.), повышения качества литья и оперативно-го управления технологическими процессами. Второй этап основан на математической обработке и анализе данных, поступающих от АС ПКПО, позволяет определить оптимальные диапазоны параметров технологических процессов - «Автоматизированная система оптимизации и анализа хода производства (АС ОАХП)». АС ОАХП состоит из двух подсистем: анализа качества (ПАК) и управления технологией (ПУТ). Первая решает задачи анализа данных и моделирования, вторая – расчета в реальном времени оптимальных параметров процессов и прогнозирования. Задачи первого и второго этапов конкурируют за доступ к разным аппаратным ресурсам. Наиболее критичным параметром для АС ПКПО является производительность дисковых массивов сервера, для АС ОАХП - производительность процессора. В том и другом случае масштабирование системы эффективно решается за счет распараллеливания операций по разным серверам, образующим кластер, и по разным процессорам (ядрам) на одном сервере.

Ключевые слова: отливка, процесс, дефекты, контроль, автоматизация, прогнозирование, моделирование, управление.

SOFTWARE-HARDWARE COMPLEX AU FOR QUALITY ANALYSIS OF CASTS

Knyazev S.V., Usoltsev A.A., Skopich D.V., Sokolov B.M., Oznobikhina N.V.

*Siberian State industrial University,
Novokuznetsk, Russia, krookia@mail.ru*

Abstract. The introduction of "stage-by-stage automated system controls the production of castings (CPC)" is the first step and the Foundation of integrated automated control system of production. It performs three main tasks: monitoring and accounting (proceedings, products, materials, etc.), improving the quality of castings and the operational control of technological processes. The second stage is based on the mathematical processing and analysing data from AU CPC to de-

СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЮМИНИДА НИКЕЛЯ, ЛЕГИРОВАННОГО ЦИРКОНИЕМ, ПОЛУЧЕННОГО SPS-МЕТОДОМ <i>Немолочнов Д.А., Шевицова Л.И., Скороход К.А., Зимоглядова Т.А., Черкасова Н.Ю.</i>	200
ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПЕРВИЧНЫХ ЛИТЕЙНЫХ СИЛУМИНОВ <i>Немчинова Н.В., Кузьмин М.П., Тимофеев А.А.</i>	205
ИНСТРУМЕНТ ИЗ ДОМЕНННОГО ЧУГУНА БЕЗ ВЫДЕЛЕНИЙ ГРАФИТА <i>Афанасьев В.К., Попова М.В., Сагалакова М.М., Черныш А.П.</i>	209
ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ, ОТЖИГ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ 10 <i>Прудников А.Н., Прудников В.А.</i>	214
ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ АСУ КАЧЕСТВОМ ОТЛИВОК <i>Князев С.В., Усольцев А.А., Скопич Д.В., Соколов Б.М., Ознобихина Н.В.</i>	220
КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ БЕЛОГО НЕЛЕГИРОВАННОГО ДОМЕНННОГО ЧУГУНА <i>Афанасьев В.К., Попова М.В., Черныш А.П., Сагалакова М.М., Прудников А.Н.</i>	224
ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ И ТЕПЛОВОЕ РАСШИРЕНИЕ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ AL-SI-CU <i>Афанасьев В. К., Попова М.В., Малюх М.А.</i>	228
ОБРАБОТКА СТАЛИ НАНОСЕКУНДНЫМИ ЛАЗЕРНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ <i>Ноздрин О.В., Мельников А.Г., Зыков И.Ю., Ципилев В.П.</i>	235
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АЖ2.18 С ПРАЗЕОДИМОМ <i>Эсанов Н.Р., Ганиев И.Н., Хакимов А.Х.¹, Иброхимов Н.Ф.</i>	240
ВЛИЯНИИ ДОБАВОК СВИНЦА НА КИНЕТИКУ ОКИСЛЕНИЯ СПЛАВА АЖ4.5, В ТВЕРДОМ СОСТОЯНИИ <i>Ганиев И.Н., Сафаров А.Г., Одинаев Ф.Р., Якубов У.Ш.¹, Ганиева Н.И.</i>	245
ВЛИЯНИИ ДОБАВОК ИТТРИЯ НА ТЕМПЕРАТУРНУЮ ЗАВИСИМОСТЬ ТЕПЛОЕМКОСТИ И ИЗМЕНЕНИЙ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ АЛЮМИНИЕВО-МАГНИЕВЫХ СПЛАВОВ МАРОК АМГ2, АМГ3 И АМГ4	250
<i>Ганиев И.Н., Норова М.Т., Иброхимов Н.Ф., Иброхимов С.Ж.</i>	250
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ СПЛАВОВ СВИНЦА С БЕРИЛЛИЕМ, МАГНИЕМ И АЛЮМИНИЕМ <i>Ганиев И.Н., Умаров М.А., Махмадуллозода Х., Муллоева Н.М.</i>	255
КИНЕТИКА ОКИСЛЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АЖ5К10 С КАЛЬЦИЕМ <i>Якубов У.Ш., Ганиев И.Н., Хакимов А.Х., Ганиева Н.И., Джайлоев Дж.Х.</i>	260
КИНЕТИКА ОКИСЛЕНИЯ СВИНЦОВОГО СПЛАВА ССУЗ С КАЛЬЦИЕМ, В ТВЕРДОМ СОСТОЯНИИ <i>Ганиев И.Н., Ниезов О.Х., Муллоева Н.М., Якубов У.Ш.</i>	265
СЕКЦИЯ 3: ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЦЕССОВ СВАРКИ, ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ	271
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СИНТЕЗА СОЕДИНЕНИЙ ХРОМА В НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ <i>Ширяева Л.С., Галевский Г.В., Саркенов Б.Б., Гладких И.В.</i>	271
КЛАССИФИКАЦИЯ И АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПРОИЗВОДСТВА И СФЕР ПРИМЕНЕНИЯ ПОРОШКА МОЛИБДЕНА <i>Ширяева Л.С., Галевский Г.В., Саркенов Б.Б., Гладких И.В.</i>	276
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЦЕССА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ <i>Ким К.К., Иванов С.Н.</i>	280
ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО РАЗРЯДА ПРИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОМ ПОЛУЧЕНИИ УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО ПОРОШКА НИКЕЛЯ <i>Ким С.В., Байкенов М.И., Ибишев К.С.</i>	287
О ВОЗМОЖНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ТУГОПЛАВКИХ БЕСКИСЛОРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В СИСТЕМАХ В ₄ C-MEВ ₂ (ME = TI, V, CR, ZR) <i>Гудыма Т.С., Крутский Ю.Л., Уваров Н.Ф., Крутская Т.М., Дубровская М.В., Саломатина А.А.</i>	290
ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БРОНЗОВЫХ ПОКРЫТИЙ, НАНЕСЕННЫХ НА КОНСТРУКЦИОННУЮ СТАЛЬ ЭЛЕКТРОИСКРОВОМ ЛЕГИРОВАНИЕМ <i>Куксёнова Л.И., Козлов Д.А.</i>	294