

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»**

**НАУКА И МОЛОДЕЖЬ:
ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ**

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ВЫПУСК 27

*Труды Всероссийской научной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
16 – 17 мая 2023 г.*

ЧАСТЬ I

Под общей редакцией профессора С.В. Коновалова

**Новокузнецк
2023**

МИКРОСТРУКТУРА СТАЛИ 10 ПОСЛЕ ДЕФОРМАЦИОННОЙ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И ОТЖИГА

Прудников А.Н., Закирова Ш.К.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: a.prudnikov@mail.ru*

Изучено воздействие отжига на структуру стали 10 после ее циклического нагрева иковки. Температуру нагрева изменяли от 100 до 900 °С, а время выдержки составляло 1 ч. Установлено, что с повышением температуры отжига от 500 до 900 °С в структуре стали повышается размер зерна феррита и уменьшается величина колоний перлита. Наряду с этим при 900 °С наблюдается значительная разнотеренность феррита.

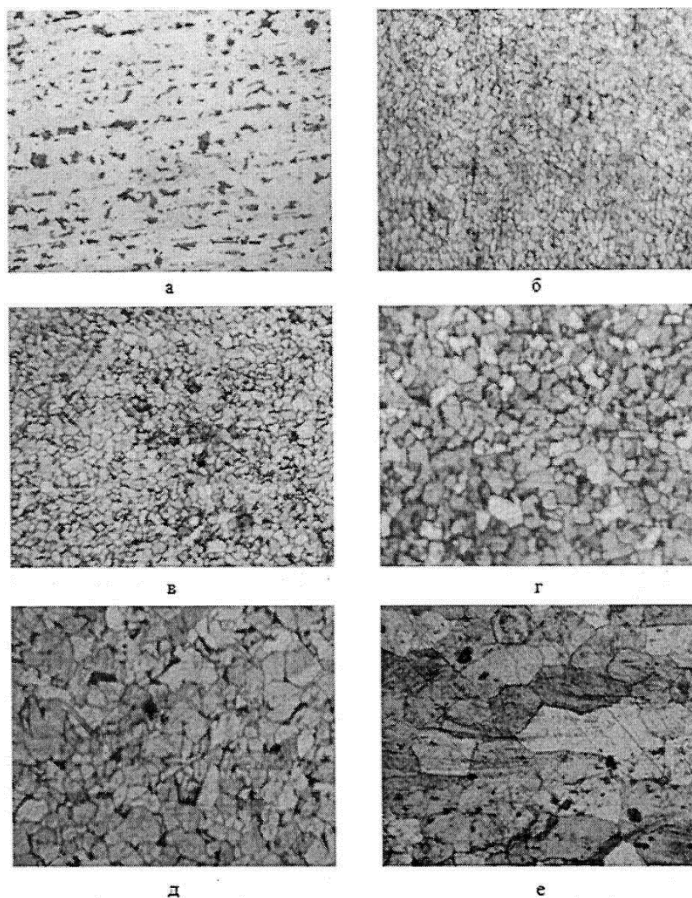
Ключевые слова: низкоуглеродистая сталь, деформационная термоциклическая обработка, отжиг, структура, феррит, перлит

Одним из способов повышения механических характеристик сталей является разнотеренность термической обработки – термомеханическая обработка (ТМО), включающая совместное воздействие температуры и деформации. Существует довольно большое количество видов ТМО, в том числе высокотемпературная, низкотемпературная, термоциклическая и другие. В данной работе было исследовано влияние деформационной термоциклической обработки (ДТЦО), на свойства низкоуглеродистой стали. Довольно часто ДТЦО используют для улучшения структуры и повышения механических характеристик различных металлов и сплавов [1-5]. В меньшей степени целью обработки являлось улучшение физических свойств [6-8]. Целью настоящей работы являлась определение воздействия последующего после проведения ДТЦО отжига на структуру стали 10.

Для изучения воздействия ДТЦО и отжига на структуру низкоуглеродистых сталей была взята сталь 10сп. Состав стали соответствует ГОСТ 1050-2013 Углеродистая качественная конструкционная сталь.

Для реализации ДТЦО стали применяли термоциклическую ковку в диапазоне 1250-1100 °С и последующий прокат полуфабриката толщины до 3 мм. Технология обработки приведена в работе [9]. Отжиг проводили в лабораторных печах кафедры ОМДиМ. Микроструктуру образцов изучали на оптическом микроскопе ЛабоМет-И1.

Микроструктура листовой стали, изготовленной с использованием режимов ДТЦО (термоциклическойковки), после отжига при температурах от 500 до 900 °С через 100 °С в течение 1 ч приведена на рисунке 1. Из рисунка 1 видно, что микроструктура стали 10 после ДТЦО представляет собой смесь зерен феррита и колоний перлита, а также, что в результате прокатки колонии перлита выстраиваются по направлению деформации.



а – без обработки; б – 500 °С; в – 600 °С; г – 700 °С; д – 800 °С; е – 900 °С

Рисунок 1 – Влияние температуры отжига (время выдержки 1 ч) на микро-структуру стали 10, изготовленной с использованием ДТЦО, $\times 200$

Нагрев и выдержка при низких температурах не оказывают значительного воздействия на структуру стальных образцов. В результате отжига при температурах 400 и 500 °С структура представляет собой смесь зерен феррита и колоний перлита с той лишь разницей, что строчечное расположение колоний перлита не наблюдается и структура становится более равновесной. Кроме того, объемная доля перлита с увеличением температуры отжига также уменьшается. При увеличении температуры отжига стальных образцов до 600 °С эти процессы усиливаются, т.е. увеличивается размер зерна феррита и уменьшается количество колоний перлита. Отжиг в течении 1 часа при температуре 700 °С приводит к более значительному росту зерна феррита, что хорошо видно на рисунке 1 (г). Дальнейшее повышение температуры отжига стали приводит к еще большему увеличению размеров зерна феррита и

уменьшению количества перлита. Однако при дальнейшем повышении температуры отжига до 800 и 900 °С в структуре обработанных образцов проявляется разнотеренность феррита.

Таким образом, с повышением температуры отжига от 500 до 900 °С стали 10, изготовленной с использованием ДТЦО, в структуре увеличивается размер зерна феррита и уменьшается величина колоний перлита. Наряду с этим при 900 °С наблюдается значительная разнотеренность феррита.

Библиографический список

1. Федюкин В.К. Термоциклическая обработка металлов и деталей машин / В.К. Федюкин, М.Е. Смагоринский – Ленинград: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1989.– 255 с.
2. Prudnikov A.N. Hardening low carbon steel 10 by using of thermalcyclic deformation and subseautent heat treatment // A.N. Prudnikov, V.A. Prudnikov // Materials science. Nonequilibrium pahse transformations. – 2016. – № 4. – pp. 10 -13.
3. Патент 20130084 РФ. Способ термоциклической обработки чугуна / В.В. Афанасьев, Н.В. Чибряков, А.Н. Прудников и др. – Заявл. 07.07.1998. – Оpubл. 10.05.1999. – Б. И. № 13. – С. 455.
4. 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.
5. Прудников А.Н. Комплексное воздействие отжигов и термоциклической ковки на структуру и свойства заэвтектических силуминов // Деформация и разрушение материалов.– 2014.– № 2.– С. 14-20.
6. 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 Mechaniecs and Materials. – 2015.– Vol. 788. – pp. 187-193.
7. Прудников А.Н. Влияние термической обработки на электрические свойства низкоуглеродистой стали, изготовленной с использованием ДТЦО / А.Н. Прудников, В.А. Прудников // Инновации в машиностроении: Сб. материалов VII Межд. науч.-практ. конф.– Кемерово: КГТУ, 2015.– С. 377-380.
8. Прудников А.Н. Влияние термоциклической ковки и последующего отжига на коэрцитивную силу и линейное расширение стали 10 / А.Н. Прудников, В.А. Прудников // Актуальные проблемы в машиностроении: – 2016.– № 3.– С. 451-456.
9. Прудников А.Н. Влияние термоциклической ковки и последующего отжига на коэрцитивную силу и линейное расширение стали 10 / А.Н. Прудников, В.А. Прудников // Актуальные проблемы в машиностроении: – 2016.– № 3.– С. 451-456.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА $\text{CoCrFe}_x\text{Mn}(40-x)\text{Ni}$ С ПОМОЩЬЮ РАСЧЕТА ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ <i>Панова В.С., Кузнецова В.А., Осинцев К.А., Коновалов С.В., Панченко И.А.</i>	172
СТРУКТУРА ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА СИСТЕМЫ CoCrFeMnNi <i>Панченко И.А., Коновалов С.В., Гостевская А.Н., Дробышев В.К.</i>	174
ВЛИЯНИЕ НАВОДОРОЖИВАНИЯ НА СТРУКТУРУ КРУПНОГАБАРИТНЫХ СЛИТКОВ ИЗ ЭВТЕКТИЧЕСКОГО СИЛУМИНА <i>Прудников А.Н., Прудников В.А., Рексис В.С.</i>	177
ВОЗДЕЙСТВИЕ СТАРЕНИЯ НА ЛИНЕЙНОЕ РАСШИРЕНИЕ ТРАКТОРНОГО ПОРШНЯ ИЗ СПЛАВА AK21M2,5N2,5 <i>Прудников А.Н., Закирова Г.К.</i>	181
МИКРОСТРУКТУРА СТАЛИ 10 ПОСЛЕ ДЕФОРМАЦИОННОЙ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И ОТЖИГА <i>Прудников А.Н., Закирова Ш.К.</i>	184
ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ВСТРОЕННОГО ТЕПЛООБМЕННИКА РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ <i>Баяндина М.М., Кустов А.В.</i>	187
ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УСЛОВИЯХ ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА АО «ЕВРАЗ ЗСМК» <i>Князев С.В., Куценко А.А., Нечепорук А.И., Сорокин А.А.</i>	192
СИСТЕМА ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И КОМФОРТА В ОБЖИМНОМ ЦЕХЕ <i>Куценко А.А., Назаров М.А.</i>	195
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ПУТЕМ ЗАМЕНЫ ТЯГОДУТЬЕВЫХ АГРЕГАТОВ ГО МОЗ НА АСПИРАЦИОННЫЕ ГАЗО-ЖИДКОСТНЫЕ УСТАНОВКИ <i>Куценко А.А., Назаров М.А.</i>	198
ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ Al-Zn-Mg-Cu <i>Дробышев В.К., Лабунский Д.Н., Коновалов С.В., Панченко И.А.</i>	201
ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТАЛЛОТЕРМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ МАРГАНЦА <i>Сафонов С.О., Лопатина А.О., Дида Н.И., Савичева Д.Н., Тархнишвили Г.Э.</i>	204
ПРОИЗВОДСТВО СОРТОВЫХ ПРОФИЛЕЙ ПО ТЕХНОЛОГИИ ПРОКАТКИ-РАЗДЕЛЕНИЯ <i>Вахроломеев В.А., Фастыковский А.Р.</i>	210
ЦИФРОВОЙ ПОДХОД В ОЦЕНКЕ ПРОЧНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ПРОКАТНОЙ КЛЕТИ <i>Раковский В.С., Чернова А.А., Наумченко Д.М., Щербак А.Н., Фастыковский А.Р.</i>	213