

Международная академия наук высшей школы
Академия наук высшей школы Российской Федерации
Сибирская академия наук высшей школы
Бурятский, Красноярский, Кузбасский, Новосибирский,
Омский, Томский научные центры САН ВШ
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники

Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС-25-2019)

25-я всероссийская
научно-практическая конференция

19 ноября 2019 г.
г. Томск, Россия

ДОКЛАДЫ
(Материалы конференции)

Томск
Издательство ТУСУРа
2019

УДК 553.3/.9+316.344.3[(571.1/.5)(063)
ББК 20.1+65.04+72(253)
П77

Организационный комитет:

А.А. Шелупанов – президент ТУСУРа (председатель),
Т.Р. Газизов – профессор ТУСУРа (зам. председателя),
Ю.А. Шурыгин, А.М. Кориков, Г.П. Литвинцева,
М.Ю. Катаев, Ю.С. Саркисов
Отв. редактор – Е.В. Прокопчук

Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири
П77 (СИБРЕСУРС-25-2019) : доклады (материалы конференции)
25-й всероссийской научно-практической конференции,
Томск, 19 ноября 2019 г. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та
систем упр. и радиоэлектроники, 2019. – 182 с.
ISBN 978-5-86889-850-1

Представлены материалы, отражающие результаты научной деятельности вузов Сибирского региона по эффективному использованию и развитию территориальных ресурсов в интересах экономики России.

Для ученых, специалистов, преподавателей, инженеров, аспирантов и студентов вузов и научных учреждений как в России, так и за рубежом.

УДК 553.3/.9+316.344.3[(571.1/.5)(063)
ББК 20.1+65.04+72(253)

ISBN 978-5-86889-850-1

© Сибирская академия наук
высшей школы, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

<i>Туев В.И.</i> РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПОВ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ РОБОТИЗИРОВАННОГО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СВЕТОВЫХ УСТРОЙСТВ	5
<i>Трубченинова И.А.</i> ПРАКТИКА КАК РЕСУРС КАДРОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ	10
<i>Куксенко С.П.</i> СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОЙ СЕТИ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ.....	15
<i>Московченко А.Д.</i> МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОГРАММА. ЭВОЛЮЦИОННОЕ КУЛЬТУРОЛОГИЧЕСКОЕ «КОЛЕСО». АТОМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО	21
<i>Суровцев Р.С.</i> ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ РАЗРАБОТКИ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЗАЩИТЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ ОТ СВЕРХКОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ НА ОСНОВЕ ПРОСТЫХ ПЕЧАТНЫХ СТРУКТУР.....	36

СЕКЦИОННЫЕ ДОКЛАДЫ

Секция 1. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ, ИНФОРМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ЗДОРОВЬЕМ

<i>Бакайтис В.И.</i> ПИЩЕВЫЕ ЛЕСНЫЕ РЕСУРСЫ: ПРОБЛЕМЫ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ.....	43
<i>Баранова И.В.</i> ПРОЕКТНОЕ ОБУЧЕНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ МОДЕРНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА	47
<i>Васильева Н.С.</i> ПРОАКТИВНЫЙ ПОДХОД К ВЫЯВЛЕНИЮ ПРЕДНАМЕРЕННОГО БАНКРОТСТВА ЭКОНОМИЧЕСКИХ СУБЪЕКТОВ.....	52
<i>Гребенюк Г.И., Вешкин М.С.</i> РАСЧЕТ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ ИЗ РАЗНОРОДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ УДАРНЫХ ИМПУЛЬСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСНОЙ МОДЕЛИ ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ	57

Шабашев В.А., Бахриева Ж.А.

ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОЕ ПАРТНЕРСТВО В РЕГИОНЕ	130
---	-----

Секция 2. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ

Белоусов А.О., Черникова Е.Б., Куксенко С.П.

АСИММЕТРИЯ МАТРИЦ ПОГОННЫХ ПАРАМЕТРОВ МНОГОПРОВОДНЫХ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧИ	138
--	-----

Болатов О.К., Сагиева И.Е. АДАПТИВНАЯ ПРОГРАММА
ДЛЯ ТРАНСЛИТЕРАЦИИ

ГАЗИЗОВ Р.Р., ГАЗИЗОВ Т.Т., КАЛИНИНА М.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ МАКСИМУМА НАПРЯЖЕНИЯ ВДОЛЬ С-СЕКЦИИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ЕЕ ДЛИНЫ	148
---	-----

Козлова Т.А. ИЗМЕНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
КОРРОЗИОННО-СТОЙКОЙ СТАЛИ 12Х18Н10Т
ПРИ РАСТЯЖЕНИИ В РАЗНЫХ СТРУКТУРНЫХ
СОСТОЯНИЯХ

МАЛЫГИН К.П., НОСОВ А.В., СУРОВЦЕВ Р.С. ФОРМУЛИРОВКА МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ ПО КРИТЕРИЯМ РАЗЛОЖЕНИЯ СВЕРХКОРОТКОГО ИМПУЛЬСА В МЕАНДРОВОЙ МИКРОПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ ИЗ ДВУХ ВИТКОВ	158
---	-----

Медведев А.В. ОСЛАБЛЕНИЕ СВЕРХКОРОТКОГО
ИМПУЛЬСА ПОСЛЕ ОТКАЗА ПРИ ТРЕХКРАТНОМ
МОДАЛЬНОМ РЕЗЕРВИРОВАНИИ

САМОЙЛИЧЕНКО М.А., САМОЙЛИЧЕНКО В.В. АСИММЕТРИЯ КАК РЕСУРС СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МОДАЛЬНОГО ФИЛЬТРА С ПАССИВНЫМ ПРОВОДНИКОМ В ОПОРНОЙ ПЛОСКОСТИ	168
--	-----

Филатов А.В. ОПТИЧЕСКИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ
КОЭФФИЦИЕНТА СПЕКТРАЛЬНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ
ЖИДКИХ СРЕД ДЛЯ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Научное издание
ПРИРОДНЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ СИБИРИ
(СИБРЕСУРС-25-2019)

25-я всероссийская научно-практическая конференция
19 ноября 2019 г., г. Томск, Россия

ДОКЛАДЫ

Подписано в печать 12.11.2019. Формат 60x84/16.
Усл. печ. л. 10,7. Тираж 100 экз. Заказ 470.

Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники.
634050, г. Томск, пр. Ленина, 40.
Тел. (3822) 533018.

Т.А. КОЗЛОВА, аспирант, ТУСУР, Томск

ИЗМЕНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОРРОЗИОННО-СТОЙКОЙ СТАЛИ 12Х18Н10Т ПРИ РАСТЯЖЕНИИ В РАЗНЫХ СТРУКТУРНЫХ СОСТОЯНИЯХ

Рассмотрено влияние криогенной обработки и последующих отжигов на конструкционную коррозионно-стойкую сталь 12Х18Н10Т. Изучены механические свойства при растяжении. Выявлено значительное уменьшение хрупкости стали после криогенной обработки и дополнительных отжигов.

Хромоникелетитановая аустенитная сталь 12Х18Н10Т – коррозионно-стойкая нержавеющая сталь, широко применяемая во множестве отраслей промышленности, например химической, пищевой и фармацевтической. Сталь обладает высокой коррозионной стойкостью в ряде жидких сред и устойчива против межкристаллитной коррозии после сварочного нагрева. Она сравнительно мало охрупчивается в результате длительного воздействия высоких температур и может быть применена в качестве жаропрочного материала при температурах до 600 °С. Эта сталь высокопластична в условиях глубокого холода и используется в установках для получения жидкого кислорода [1, 2]. Выполнен ряд исследований этой стали [3, 4]. Между тем актуально исследование сталей при работе в аномальных условиях.

Цель работы – исследовать изменение механических свойств стали 12Х18Н10Т при растяжении в разных структурных состояниях.

Для исследования взяты образцы конструкционной и коррозионно-стойкой стали 12Х18Н10Т после криогенной обработки (КО). Химический состав приведен в таблице 1.

Как видно, нержавеющая сталь 12Х18Н10Т дополнительно содержит до 10 % никеля, около 18 % хрома, около 1 % титана и до 12 % углерода. Такой состав сплава обеспечивает превосходные технические характеристики стали, делая ее универсальной.

Таблица 1 – Химический состав стали 12Х18Н10Т

Элемент	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Ti	Fe
Содержание, %	0,12	0,8	2	10	0,02	0,3	18	0,3	0,8	≈67

Образцы для механических испытаний имели форму двойной лопатки с размерами рабочей части 15×3×1 мм, вырезанной методом электроэрозионной резки. Поврежденный при резке поверхностный слой на образцах удаляли химической чисткой в растворе: 2 части HNO₃ + 3 части HCl. Затем образцы подвергали механической шлифовке и электролитической полировке в растворе 25 г CrO₃ + 210 мл H₃PO₄. Механические испытания на активное растяжение проводили на установке ИМАШ 20–78.

Перед криогенной обработкой горячекатаные заготовки стали отжигали при температуре 900 °С в течение 1 ч с последующим охлаждением на воздухе. Структура стали после отжига – аустенит с размером зерна около 30 мкм. Затем проводили прокатку заготовки с толщины 2,5 мм до 1 мм за 5 проходов. Перед каждой прокаткой заготовку предварительно охлаждали до температуры минус 196 °С (в жидком азоте). Валки прокатного стана имели комнатную температуру. Данная обработка привела к образованию мартенсита деформации. Таким образом, в первом структурном состоянии сталь имела мартенситную структуру с размером пластинок 180 нм.

Диаграммы растяжения образцов стали 12Х18Н10Т после КО и дополнительных отжигов при различной температуре приведены на рисунке 1.

Из рисунка 1 видно, что диаграммы значительно различаются. Так, образцы стали после КО и КО с дополнительным отжигом значительно отличаются как по пластичности, так и по прочности. Например, значение равномерной пластической деформации стали после дополнительных отжигов приблизительно в 30 раз больше, чем после КО.

Диаграмма образца стали после КО (кривая 1) характеризуется очень короткой стадией пластического течения (приблизительно до 1 %) с высоким коэффициентом деформационного упрочнения и стадией формирования шейки. Это косвенно свидетельствует, что сталь имеет мартенситную структуру.

На диаграммах растяжения после КО и дополнительных отжигов при температуре 650 °С и 800 °С (кривые 2 и 3 соответственно) хорошо видна стадия легкого скольжения. В ней плотность дислокаций относительно невелика, каждая дислокация до остановки успевает пройти расстояние, сопоставимое с размером всего кристалла, и значительная часть дислокаций выходит на поверхность кристалла.

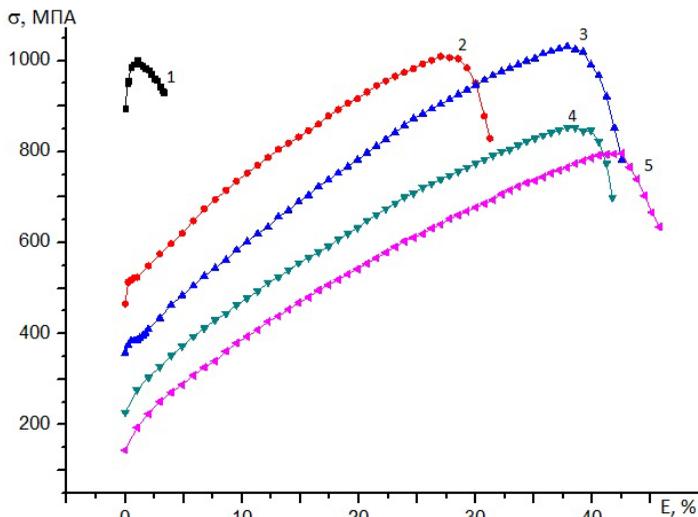


Рисунок 1 – Диаграммы растяжения стали 12Х18Н10Т: после КО (1) и после КО с дополнительным отжигом при температуре 650 (2), 800 (3), 900 (4), 1050 (5) °С

Сопротивление скольжению обусловлено взаимодействием отдельных дислокаций, плотность которых возрастает с деформацией относительно медленно, поэтому коэффициент упрочнения здесь мал. С увеличением степени деформации и ростом плотности дислокаций их распределение становится существенно неоднородным: дислокации образуют компактные скопления в плоскостях скольжения. Поля напряжений от этих скоплений в свою очередь являются причиной побочной пластической деформации. Увеличивается плотность дислокаций в результате их появления во вторичных системах скольжения. Взаимодействие дислокаций основной и вторичных систем приводит к

образованию дислокационных сгущений и формированию дислокационной ячеистой структуры.

В таблице 2 представлены значения прочностных характеристик исследуемой стали. Из таблицы 2 и рисунка 1 видно, что значения пределов пропорциональности и текучести для стали после КО выше, чем для стали после КО и последующих отжигов, в то время как предел прочности после КО и дополнительных отжигов при 650 °С и 800 °С больше, чем у стали после КО.

Таблица 2 – Прочностные характеристики стали 12Х18Н10Т

Характеристика	КО	КО+ отжиг 650 °С	КО+ отжиг 800 °С	КО+ отжиг 900 °С	КО+ отжиг 1050 °С
Предел пропорц. σ_0 , МПа	895	466	358	227	144
Предел текучести σ_{02} , МПа	943	504	372	237	154
Предел прочности σ_B , МПа	1001	1009	1031	853	796
ε_p , %	1	27	37	38	43
ε_H , %	3,3	31,2	42,5	41,7	45,7

Отношение σ_{02}/σ_B для стали после КО приближается к единице (~0,94), тогда как после дополнительных отжигов оно колеблется от 0,19 до 0,5. Эти данные свидетельствуют о высокой степени неустойчивости к локализации пластического течения стали после КО. Следовательно, трещиностойкость стали после КО может определяться склонностью к декогезии в локализованных зонах пластической деформации.

Таким образом, отжиг стали 12Х18Н10Т при различных температурах способствует ее значительному упрочнению, подтвержденному повышением прочностных характеристик.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ
(проект № 19-38-90161 Аспиранты).*

ЛИТЕРАТУРА

1. Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г. Специальные стали. 2-е изд., перераб и доп. М.: МИСИС, 1999. 408 с.
2. Слесарчук В.А. Материаловедение и технология материалов. 2-е изд. Минск: РИПО, 2015. 391 с.
3. Козлова Т.А. Влияние криогенной обработки и последующих отжигов на структурно-фазовое состояние стали 12X18H10T // Материалы 24-й международной научно-практической конференции «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕ-СУРС-24-2018)», г. Томск, 28 ноября 2018 г. Томск: ТУСУР, 2018. С. 149–152.
4. Исследование возможности нанесения медных порошков на сталь 12X18H10T и фторопласт-4 / А.А. Барышников, Д.В. Мартымянов, Е.В. Плотников; науч. рук. А.В. Пустовалов // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XIX Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва, г. Томск, 21–24 мая 2018 г. Томск, 2018. С. 46–47.

T.A. Kozlova

Change of mechanical properties of corrosion-resistant steel 12Cr18Ni10Ti under tension in different structural conditions

Influence of cryogenic treatment and subsequent annealing on structural steel 12Cr18Ni10Ti considered. The tensile mechanical properties were studied. A significant decrease in the brittleness of steel after cryogenic treatment and additional annealing was revealed.

KozlovaTatiana92@gmail.com