УДК 621.787.4

ОБЗОР НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ 12Х18Н10Т, 08Х18Н10Т, AISI 316L И ИХ ОСОБЕННОСТИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПОВЕРХНОСТНЫМ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ

© 2026 А.В. Савельев, Н.М. Бобровский, П.Н. Шенбергер, Е.Е. Назарова

Самарский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, г. Самара, Россия

Статья поступила в редакцию 17.03.2026

Нержавеющие стали находят широкое применение в различных отраслях промышленности благодаря высокой коррозионной стойкости, прочности и технологичности. Среди множества марок особое место занимают аустенитные стали 08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т и сталь, изготовленная по зарубежному стандарту AISI 316L и ее российский аналог 03Х17Н14М3. Каждая из этих сталей обладает уникальным комплексом свойств, определяющим области их использования. В настоящей работе систематизированы данные по химическому составу, механическим характеристикам, коррозионной стойкости, особенностям применения и методам упрочнения поверхностного слоя указанных материалов. Рассмотрены их особенностях при обработке технологией поверхностного пластического деформирования на основе анализа отечественных и зарубежных источников. Данные стали выбраны для исследований при решении практической задачи промышленных предприятий.

Ключевые слова: нержавеющая сталь, аустенитная сталь, поверхностное пластическое деформирование, выглаживание, упрочнение поверхностного слоя.

DOI: 10.37313/1990-5378-2026-28-4-112-121
EDN: GMQSJC

Работа выполнена сотрудниками лаборатории поверхностного пластического деформирования в рамках государственного задания Минобрнауки России для СамНЦ РАН № 075–00610–24–02 по теме FMRW–2024–0005.

Аустенитные нержавеющие стали, такие как 12Х18Н10Т, 08Х18Н10Т, AISI 316L, обладают характеристиками, которые делают их наиболее универсальной маркой нержавеющей стали, которая находит широкое применение во многих отраслях промышленности. Среди применений, которые используются наиболее часто, это: автомобильная промышленность, пищевая промышленность, фармацевтика, химическое оборудование, судостроение и нефтедобыча. Кроме того, в ряде аэрокосмических компонентов, включая клапаны, втулки, криогенные резервуары, валы, специальные винты, сварные конструкции и компоненты, подверженные воздействию агрессивных химических сред, используются марки сталей 12Х18Н10Т, 08Х18Н10Т, AISI 316L [34].

В настоящее время у многих промышленных предприятий имеется потребность в изделиях, обладающих высокими эксплуатационными характеристиками. Стали и сплавы для таких изделий должны быть немагнитными, жаропрочными, обладать коррозионной стойкостью, механическими характеристиками, выдерживать высокие нагрузки. Всем этим требованиям в той ли иной мере удовлетворяют аустенитные марки стали [9].

Цель данной работы заключается в проведении сравнительного исследования стандартных сталей 08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т и высокоазотистых аустенитных сталей типа AISI 316L с повышенным содержанием молибдена и их особенностей при обработке технологией поверхностного пластического деформирования.

1. СРАВНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И СТРУКТУРЫ СТАЛЕЙ

Высокое содержание хрома (16–18%) и никеля (13–15%) в сочетании с молибденом (2,5–3,1%) обеспечивает стали AISI 316L отличную коррозионную стойкость в агрессивных средах, включая

Савельев Александр Викторович, кандидат технических наук, заведующий лабораторией поверхностного пластического деформирования. E-mail: Saveliev.samnc@yandex.ru

Бобровский Николай Михайлович, доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории поверхностного пластического деформирования. E-mail: bobrnm@yandex.ru.

Шенбергер Полина Николаевна, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории поверхностного пластического деформирования. E-mail: Shenberger.samnc@yandex.ru.

Назарова Екатерина Евгеньевна, инженер-исследователь лаборатории поверхностного пластического деформирования. E-mail: kate.gavrilova7@yandex.ru

кислоты и хлоридсодержащие растворы [11, 36]. Низкое содержание углерода (⩽0,03%) снижает риск выделения карбидов по границам зёрен и повышает стойкость к межкристаллитной коррозии.

Сталь 08Х18Н10Т (аналог AISI 321) относится к хромоникелевым аустенитным сталям, стабилизированным титаном. Наличие титана в количестве не менее пятикратного содержания углерода предотвращает межкристаллитную коррозию за счёт связывания углерода в карбиды TiC.

Сталь 12Х18Н10Т отличается от марки 08Х18Н10Т повышенным содержанием углерода (до 0,12%), что придаёт ей большую прочность, но снижает стойкость к межкристаллитной коррозии. Химический состав сталей приведён в таблице 1.

Таблица 1. Химический состав сталей AISI 316L, 08Х18Н10Т и 12Х18Н10Т, % (мас.)

Сплав	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	Cu	Ti
AISI 316L	⩽0,03	⩽0,4	1–2	13–15	⩽0,02	⩽0,035	16–18	2,5–3,1	-	-
08Х18Н10Т	⩽0,08	⩽0,8	⩽2	9–11	⩽0,02	⩽0,035	17–19	-	⩽0,3	(5C–0,7)
12Х18Н10Т	⩽0,12	⩽0,8	⩽2	9–11	⩽0,02	⩽0,035	17–19	-	⩽0,3	(5C–0,8)

Анализ состава сталей показал, что стали AISI 316L (03Х17Н14М3) и 08Х18Н10Т относятся к аустенитному классу. Они характеризуются высоким содержанием никеля, обеспечивающим устойчивость аустенита к коррозии при комнатной и низких температурах. Сталь 12Х18Н10Т также является аустенитной, но с повышенным содержанием углерода; иногда её условно относят к аустенитно-ферритному классу из-за возможности образования небольшого количества δ-феррита при кристаллизации [6, 16].

2. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

В статье [24] рассмотрены механические свойства стали AISI 316L, сочетающей высокую коррозионную стойкость с хорошей пластичностью, после изготовления методом селективного лазерного сплавления (SLM). Материал характеризуется высокими статическими показателями: твердость может достигать значений порядка 224 HV, предел текучести составляет около 465 МПа, а предел прочности при растяжении — около 540 МПа, что в целом превышает характеристики традиционных литых аналогов. Модуль упругости стали остается на уровне около 180 ГПа. Усталостная прочность материала сильно зависит от состояния поверхности и наличия дефектов; для образцов в исходном состоянии (без механической обработки) предел выносливости составляет около четверти от предела прочности (отношение $\sigma f/UTS \approx 0{,}25$). Разрушение стали носит вязкий характер (микровмятины на фрактограммах), что обусловлено ее гранецентрированной кубической (ГЦК) решеткой.

В работе [5] исследованы механические характеристики стали 08Х18Н10Т при различных скоростях деформации и температурах. Установлено, что предел текучести при динамическом нагружении (скорость деформирования $\dot{\varepsilon} \sim 1000\ с^{-1}$) на 8% выше, чем при статическом, а при нагреве до 350°C снижается на 20%. Относительное удлинение ($\delta \approx 50\%$) и поперечное сужение ($\psi \approx 70\%$) практически не зависят от скорости и температуры в исследованном диапазоне. Для описания поведения материала предложена модель Джонсона–Кука.

Механические характеристики стали 12Х18Н10Т в исходном состоянии (после закалки): предел прочности 500–700 МПа, предел текучести около 280 МПа, относительное удлинение 40–50%, твёрдость по Бринеллю 160–180 НВ [8, 14]. Ударная вязкость достигает 1444 МПа [14].

При высокоскоростном нагружении и повышенных температурах поведение стали может быть описано также моделью Джонсона–Кука [4]. В работе [3] исследовано влияние предварительного пластического деформирования растяжением на устойчивость при кручении. Показано, что предварительная деформация снижает пластичность при последующем нагружении, что необходимо учитывать при проектировании операций обработки давлением.

Аустенитные стали имеют гранецентрированную кубическую (ГЦК) решётку, что обуславливает их высокую пластичность, ударную вязкость и хорошую свариваемость. Ферритные стали (в чистом виде) обладают объёмно-центрированной кубической (ОЦК) решёткой, большей прочностью, но меньшей пластичностью. Сталь 12Х18Н10Т в процессе холодной деформации может частично трансформироваться в мартенсит (α'), что изменяет её механические и магнитные свойства [9]. Механические свойства стали приведены в таблице 2.

Таблица 2. Механические свойства сталей AISI 316L, 08Х18Н10Т и 12Х18Н10Т [5, 8, 11]

Сплав	Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см2	Твердость, НВ	модуль упругости, ГПа	Плотность, г/см3	Температура плавления, °С	Теплопроводность, Вт/(м· К)	Коэффициент теплового расширения, °С$^{-1}$
AISI 316L	485-560	220-240	40-45	160-200	170-200	193	7,9	1400	16,2	$16{,}0\cdot10^{-6}$
08Х18Н10Т	490-530	196-216	35-43	55	179	196	7,9	1450-1470	16	$16{,}0\cdot10^{-6}$
12Х18Н10Т	500-700	190-230	40-50	294	160-180	196	7,9	1398-1420	16,3	$17{,}0\cdot10^{-6}$

3. КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ

Коррозионное поведение стали AISI 316L изучалось в различных средах. В работе [36] проведено сравнение коррозионной стойкости AISI 316L, AISI 304 и дуплексной стали в растворе NaCl. Установлено, что дуплексная сталь превосходит AISI 316L по коррозионным показателям благодаря более благородному потенциалу и широкой области пассивности. Тем не менее, AISI 316L демонстрирует более высокую стойкость, чем AISI 304.

В расплавах солей скорость коррозии AISI 316L составляет около 0,043 мм/год в солнечной соли и 0,063 мм/год в тройной соли с добавкой LiNO3 [23]. Микроструктура поверхности после длительной выдержки в солевых расплавах становится менее однородной по сравнению с исходным состоянием.

Сталь 12Х18Н10Т склонна к межкристаллитной коррозии из-за выделения карбидов хрома $Cr_{23}C_6$ по границам аустенитных зёрен при длительных выдержках в интервале температур 450–850°С. Это приводит к обеднению граничных областей хромом (до содержания менее 13%) и потере коррозионной стойкости. Для предотвращения данного явления рекомендуется снижать содержание углерода и азота до 0,05% путём внепечной обработки расплава, а также обеспечивать содержание титана не менее 0,3% согласно ГОСТ 5632–2014 [16].

4. ПРИМЕНЕНИЕ

Благодаря коррозионной стойкости и биосовместимости сталь AISI 316L широко используется в медицине для изготовления имплантатов. В работе [38] исследовано нанесение многослойных покрытий Zn и Mg методом термического испарения, что позволило улучшить антибактериальные свойства (зона ингибирования E. coli до 15 мм), повысить гидрофильность на 22,8% и снизить модуль упругости на 86,7% по сравнению с необработанной сталью.

В атомной энергетике AISI 316L применяется в качестве конструкционного материала для корпусов реакторов и внутренних устройств [27, 35].

В строительстве и судостроении сталь используется для арматуры и элементов конструкций, работающих в морской воде. Для повышения износостойкости без ухудшения коррозионных свойств применяют методы поверхностного упрочнения, например, оксидно-нитрокарбюризацию [30, 33].

Сталь 08Х18Н10Т также широко используется в химическом машиностроении, теплообменном оборудовании, атомной энергетике (корпусные детали, образцы-свидетели) [17, 32]. Благодаря хорошей свариваемости и формуемости она применяется для изготовления ультразвуковых кавитационных камер и излучателей. Исследования [12] показали, что среди ряда материалов (сталь 30ХГСА, чугун СЧ20, фторопласт Ф4, латунь ЛС59-1П) сталь 08Х18Н10Т обладает наименьшей потерей массы при ультразвуковой кавитации.

Сталь 12Х18Н10Т используется в энергетическом и химическом машиностроении для изготовления деталей, работающих при низких температурах и в условиях деформаций [7]. Она применяется в медицине для имплантатов [1]. В атомной отрасли рассматривается как материал оболочек толерантного топлива для реакторов ВВЭР, альтернативный циркониевым сплавам [2, 21].

5. МЕТОДЫ УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ

Благодаря своей высокой технологичности и стойкости к коррозии аустенитные хромоникелевые стали широко используются в химической, нефтяной и пищевой промышленности. Однако их существенный недостаток заключается в низких конструктивных характеристиках, которые невозможно улучшить термической обработкой. Это существенно ограничивает возможность использования этих сталей в деталях машин, работающих под нагрузками трения. Упрочнения можно добиться за счет уменьшения размера зерен и применения мартенситного превращения, вызванного деформацией. Одной из технологий, подходящих для этого, может являться упрочнение поверхностного слоя путем разных методов поверхностного пластического деформирования для изготовления деталей трибологических узлов с улучшенными эксплуатационными характеристиками [29].

5.1 AISI 316L (03X17H14M3)

Статья [26] посвящена исследованию влияния предварительного глубинного накатывания на процесс плазменного азотирования нержавеющей стали AISI 316L. Авторы показывают, что глубинное накатывание создает в приповерхностных слоях материала ультрамелкозернистую структуру и вызывает деформационное мартенситное превращение, что значительно увеличивает плотность кристаллических дефектов (границ зерен, двойников и фаз). Эти дефекты служат путями для ускоренной диффузии азота. В результате последующего плазменного азотирования при 450°C на предварительно деформированном образце (DPN) формируется более толстый слой азотированного аустенита (толщиной 20 мкм против 12 мкм на образце без накатки (UPN) (рис. 1)), а глубина проникновения азота возрастает с 12 до 25 мкм.

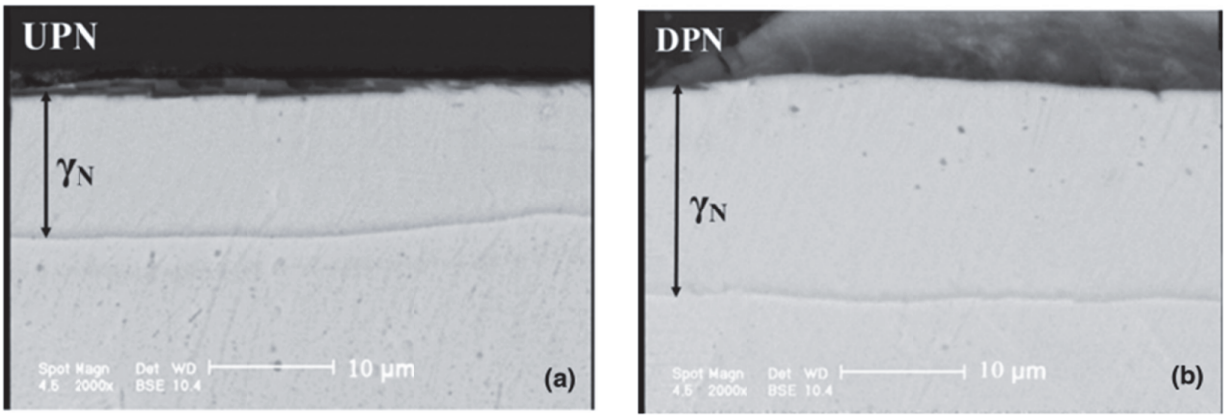

Рис. 1. СЭМ-микрофотография поперечного сечения после процессов:
a) UPN и b) DPN [26]

Комбинированная обработка приводит к существенному росту поверхностной твердости — до 1050 $HV_{0,1}$ (исходная твердость образца - 210 $HV_{0,1}$), что значительно выше, чем после только азотирования (670 $HV_{0,1}$) или только накатывания (450 $HV_{0,1}$). Анализ методом GDOES (Glow Discharge Optical Emission Spectroscopy) подтвердил, что концентрация азота вблизи поверхности после дуплекс-процесса примерно в три раза выше. Авторы объясняют это сочетанием нескольких факторов: наклепом от механической обработки, образованием наноструктуры и, главным образом, активацией диффузии по границам зерен и дефектам, что делает метод эффективным для повышения износостойкости стали без потери коррозионной стойкости.

Изучение влияния ультразвуковой поверхностной прокатки (USR) на структуру и износостойкость аустенитной нержавеющей стали AISI 316L также содержится в статье [39]. Авторы применили однопроходную обработку USR, которая позволила сформировать на поверхности материала наноструктурированный слой толщиной около 15 мкм, состоящий из зерен аустенита и мартенсита размером от 6 до 15 нм. Формирование такой структуры объясняется интенсивной пластической деформацией, активацией дислокаций и механическим двойникованием, характерным для сталей с низкой энергией дефекта упаковки.

Механические испытания показали, что после USR обработки поверхностная микротвердость возрастает на 61% (с 177 до 290 HV), а износостойкость при сухом трении значительно улучшается. При высокой скорости изнашивания потеря массы обработанного образца снизилась примерно в 20 раз по сравнению с исходным состоянием. Анализ поверхностей трения выявил, что доминирующими механизмами износа для USR-образцов являются окислительный и абразивный износ с незначительным адгезионным компонентом. Авторы приходят к выводу, что именно нанострук-

турированный поверхностный слой с высокой твердостью обеспечивает существенное повышение сопротивления износу стали AISI 316L без изменения ее химического состава.

5.2 08Х18Н10Т (AISI 304)

Многопроходное наноструктурирующее выглаживание алмазным индентором рассматривается в источниках [28, 29] при оптимальных параметрах (радиус 2 мм, усилие 200–700 Н, подача 0,01–0,02 мм/об, 5 проходов) позволяет получить на поверхности слой с микротвёрдостью 400–450 HV (исходная 225 HV) и шероховатостью Ra 0,13 мкм. При этом происходит почти полный распад аустенита с образованием деформационного мартенсита α' (до 98,6% в поверхностном слое). Остаточные сжимающие напряжения в мартенсите достигают –1000 МПа, предел выносливости повышается на 38% [31].

Шариковое выглаживание листов AISI 304 с усилием 1000–1500 Н и подачей 150–300 мм/мин увеличивает усталостную долговечность до 16,3 дБ при совпадении направления выглаживания с направлением прокатки [37].

Ультразвуковая выглаживающая обработка внутренней поверхности трубы [25] позволяет снизить шероховатость с Ra 3,92 мкм до 0,19 мкм за 4 прохода, что в 7,8 раз эффективнее, чем при обычном выглаживании. Эффект связан с многократным циклическим нагружением микровыступов.

Гидростатическое выглаживание шариком [22] при 5 проходах создаёт упрочнённый слой глубиной до 4 мкм с остаточными сжимающими напряжениями.

5.3 12Х18Н10Т

Для стали 12Х18Н10Т также разработаны эффективные методы поверхностного упрочнения.

Ультразвуковая упрочняющая обработка [18] позволяет формировать регулярный микрорельеф и нанокристаллический поверхностный слой. Сила адгезии варьируется от 3,28 до 11,53 нН в зависимости от режимов, при этом скорость перемещения инструмента нелинейно влияет на шероховатость и адгезию.

Поверхностное пластическое деформирование (ППД) с наклоном инструмента [8] при угле 45° снижает глубину деформированного слоя с 0,57 до 0,42 мм, но делает распределение напряжений более равномерным и улучшает качество поверхности (уменьшение Ra).

Выглаживание, как метод опережающего пластического деформирования (ОПД) [20] при малых толщинах среза (0,035–0,075 мм), повышает стойкость режущего инструмента в 2 раза и более. Требуемые статические усилия при выглаживании составляют 30–50% от усилий при накатывании роликом.

Обработка микрошариками [14] создаёт сжимающие остаточные напряжения до 180 МПа и повышает предел выносливости образцов с галтелью со 150 до 220 МПа (на 46,7%). Глубина не распространяющейся трещины после упрочнения достигает 0,22 мм.

Интенсивная пластическая деформация методами ABC-прессования и прокатки [19] формирует ультрамелкозернистую структуру со средним размером зерна 400±200 нм, что повышает прочность в 2,1 раза и твёрдость в 1,3 раза по сравнению с закалённым состоянием. Качество поверхности при последующем точении улучшается (параметры шероховатости снижаются в 1,14–1,9 раза).

Фрикционная обработка полусферическим алмазным индентором в аргоне [13] обеспечивает упрочнение поверхностного слоя до 710 $HV_{0,025}$ при глубине ~450 мкм с образованием нанокристаллической мартенситно-аустенитной структуры (содержание мартенсита деформации до 70%). Коэффициент трения в сухих условиях снижается до 0,26.

Способы обработки ППД и их влияние на физикомеханические характеристики поверхностного слоя приведены в таблице 3.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведено сравнительное исследование химического состава, структуры, свойств высокоазотистых аустенитных нержавеющих сталей. Рассмотренные стали 08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т и AISI 316L, несмотря на принадлежность к аустенитному классу, имеют существенные различия в химическом составе, структуре и, как следствие, в эксплуатационных свойствах.

Для повышения ресурса изделий из этих сталей существуют разнообразные методы поверхностного упрочнения: деформирующее резание, выглаживание (в том числе ультразвуковое и многопроходное наноструктурирующее), обработка микрошариками, интенсивная пластическая деформация, нанесение износостойких покрытий. Эти методы позволяют значительно увеличить твёрдость, износостойкость и усталостную прочность, сохраняя коррозионную стойкость материала. Выбор конкретного способа упрочнения определяется требуемыми эксплуатационными характеристиками и особенностями конструкции детали.

Таблица 3. Сводная таблица способов обработки и их влияния на физико-механические характеристики поверхностного слоя

Марка стали	Закалка	Способ ППД	Твердость до ППД	Твердость после ППД	Шероховатость, Ra мкм до	Шероховатость, Ra мкм после	Остаточные напряжения, МПа до	Остаточные напряжения, МПа после	Наноструктурированный поверхностный слой, мкм	Примечания
AISI 316L	нет	Предварительное глубинное накатывание	210 HV	450 HV	-	-	-	-	60	-
AISI 316L	нет	Комбинированная обработка	210 HV	1050 HV	-	-	-	-	20	Кол-во проходов 1
AISI 316L	нет	Ультразвуковая поверхностная прокатка	177 HV	290 HV	0,8	0,04	-	-	15	Кол-во проходов 1
08Х18Н10Т	закалка в воде	Многопроходное наноструктурирующее выглаживание	225 HV	400–450 HV	0,8	0,13	-	1000	~100 (слой с полным распадом аустенита) / ~200 (зона повышенной микротвердости)	Кол-во проходов 5
08Х18Н10Т	нет	Шариковое выглаживание	199 HV	250-300 HV	5,25	5,25	-	-	100–150	-
08Х18Н10Т	закалка в воде	Ультразвуковая выглаживающая обработка	190 HV	370-450 HV	3,92	0,19	-	-	20-30	Кол-во проходов 4
08Х18Н10Т	закалка в воде	Гидростатическое выглаживание шариком	305 HV	621 HV	4.04	0.09- 0.15	-	-	50-60	Кол-во проходов 5
12Х18Н10Т	нет	Ультразвуковая упрочняющая обработка	-	-	0,36	0,056- 0,108	-	-	-	-
12Х18Н10Т	нет	Поверхностное пластическое деформирование (ППД) с наклоном инструмента	160-170 НВ	-	-	-	-	-	-	-
12Х18Н10Т	-	Выглаживание как метод опережающего пластического деформирования (ОПД)	-	-	-	-	-	-	-	-
12Х18Н10Т	-	Обработка микрошариками	-	-	-	-	-	95,3	-	-
12Х18Н10Т	да	Интенсивная пластическая деформация методами АВС-прессования и прокатки	205 HV	265 HV	0,34	0,14	-	-	-	-
12Х18Н10Т	закалка в воде	Фрикционная обработка полусферическим алмазным индентором в аргоне	220 HV	710 HV	-	0,10	-	-	90	-

Дальнейшее развитие технологий обработки и легирования нержавеющих сталей открывает новые перспективы их применения в энергетике, медицине, транспорте и других высокотехнологичных отраслях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абдуразаков, У.А.* Изучение влияния имплантата для внутрикостного остеосинтеза диафизарных переломов ключицы на окружающие ткани / У.А. Абдуразаков, А.У. Абдуразаков, Ж.А. Тажиев // Вестник АГИУВ. – 2016. – № 2.
2. *Альхмуд, А.З.* Плотность и коэффициент термического расширения стали 12Х18Н10Т в диапазоне температур от 100-850 °С для реакторов ВВЭР / А.З. Альхмуд, А.Б. Круглов // Глобальная ядерная безопасность. – 2021. – № 4.
3. *Баженов, В.Г.* Влияние предварительного пластического упрочнения растяжением на критические нагрузки потери устойчивости цилиндрических оболочек при кручении / В.Г. Баженов, Д.В. Жегалов, Д.А. Казаков, А.И. Кибец, Е.В. Нагорных, Д.А. Самсонова // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. – 2019. – № 1.
4. *Баяндин, Ю.В.* Характеристики прочности и пластичности ряда металлических сплавов и нержавеющих сталей, созданных проволочно-дуговой наплавкой, в широком диапазоне скоростей деформаций / Ю.В. Баяндин, Д.С. Дудин, А.В. Ильиных и др // Вестник ПНИПУ. Механика. – 2023. – № 1.
5. *Брагов, А.М.* Экспериментальное исследование и математическое моделирование поведения сталей Ст3, 20Х13 и 08Х18Н10Т в широком диапазоне скоростей деформаций и температур / А.М. Брагов, Л.А. Игумнов, В.Б. Кайдалов и др. // Прикладная механика и техническая физика. – 2015. – Т. 56.
6. *Бубнов, В.А.* Аустенитные стали и пластическая деформация / В.А. Бубнов, С.В. Марфицын // Вестник КГУ. – 2014. – № 2.
7. *Вологжанина, С.А.* Исследование влияния низких температур и деформаций на свойства аустенитной стали 12Х18Н10Т / С.А. Вологжанина, А.Ф. Иголкин, А.П. Петкова // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. – 2019. – Т. 25. – № 4.
8. *Каменов, Р.У.* Моделирование влияния угла наклона инструмента на распределение нагрузок при поверхностном пластическом деформировании труднообрабатываемого материала 12Х18Н10Т / Р.У. Каменов, Н.М. Бобровский, А.В. Савельев, П.Н. Шенбергер // Динамика систем, механизмов и машин. – 2024. – № 2.
9. К*ушнерева, Д. С.* Исследование свойств новых высокопрочных нержавеющих сталей / Д. С. Кушнерева, Г. В. Сапожников // Труды XI Всероссийской школы-конференции молодых ученых «КоМУ-2018». – 2019. – № 21.
10. *Клюшников, В.А.* Исследование влияния пластического деформирования на акустические и магнитные характеристики аустенитной и аустенитно-ферритной сталей / В.А. Клюшников, В.В. Мишакин // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. – 2018. – № 2.
11. *Лихачева, Д.А.* Новые аспекты импортозамещения. Сравнение марок стали AISI 316L (03Х17Н14М3) и 12Х18Н10Т / Д.А. Лихачева, С.С. Рогожин // ИСУП. – 2022. – №3(99).
12. *Луговський, О.Ф.* Experimental study of materials resistance to cavitation erosion / О.Ф. Луговський, А.І. Зілінський, А.В. Шульга, А.Д. Лавріненков, І.А. Гришко, І.М. Берник // Mechanics and Advanced Technologies. – 2020. – № 3.
13. *Макаров, А.В.* Повышение трибологических свойств аустенитной стали 12Х18Н10Т наноструктурирующей фрикционной обработкой / А.В. Макаров, П.А. Скорынина, А.Л. Осинцева, А.С. Юровских, Р.А. Саврай // Обработка металлов: технология, оборудование, инструменты. – 2015. – № 4.
14. *Павлов, В.Ф.* Влияние вида концентратора на зависимость предела выносливости упрочненных деталей от остаточных напряжений / В.Ф. Павлов, В.А. Кирпичев // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2006. – № 3.
15. *Павлов, В.Ф.* Прогнозирование предела выносливости по разрушению деталей, изготовленных методами опережающего поверхностного пластического деформирования / В.Ф. Павлов, С.А. Бордаков, Ю.Н. Сургутанова, О.В. Каранаева, Т.А. Хибник // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер.: Физ.-мат. науки. – 2024. – № 34.
16. *Рябошу, С.* Анализ причин образования дефектов заготовок из стали 12Х18Н10Т и разработка рекомендаций по их устранению / С. Рябошу, П. Ковалев // Обработка металлов. – 2023. – Т. 25. – № 4.
17. *Скаков, М.К.* Изменение микроструктуры и механических свойств аустенитной стали 08Х18Н10Т, облученной нейтронами / М.К. Скаков, О.П. Максимкин, И.И. Дерявко и др. // Вестник НЯЦ РК. – 2015. – № 1.
18. *Федоров, А.А.* Исследование влияния режимов ультразвуковой упрочняющей обработки на адгезионные свойства поверхностного слоя стали 12Х18Н10Т / А.А. Федоров, Д.А. Полонянкин, А.В. Линовский и др. // Динамика систем, механизмов и машин. – 2019. – № 3.
19. *Шамарин, Н.Н.* Влияние структурного состояния коррозионно-стойкой стали 12Х18Н10Т на качество поверхности после точения / Н.Н. Шамарин, А.В. Филиппов, С.Ю. Тарасов, О.А. Подгорных, В.Р. Утяганова // Обработка металлов: технология, оборудование, инструменты. – 2020. – № 1.
20. *Ярославцев, В.М.* Эффективность методов опережающего деформационного упрочнения материала срезаемого слоя при обработке резанием / В.М. Ярославцев // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. – 2015. – № 1.
21. *Alhmoud A.Z., Kruglov A.B.* Density and Coefficient of Thermal Expansion of 12X18H10T Steel in the Temperature Range from 100-850 °C for WWER Reactors // Global Nuclear Safety. – 2021. – Vol. 41.

22. *Azevedo D., Martins A., Junior dos Santos A., Magalhães F., Abrao A.* Influence of the hydrostatic ball burnishing on surface quality and ultra-microhardness // Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering. – 2024. – Vol. 46.
23. *Chaves J., Lasanta M.I., García-Martín G., de Miguel M.T., Pérez F.J.* Degradation mechanism of AISI 316L, 321H, and 347H alloys in ternary molten salt vs solar salt // Results in Engineering. — 2025. — № 25.
24. *Concli F., Gerosa R., Panzeri D., Fraccaroli L.* High and low cycle fatigue properties of selective laser melted AISI 316L and AlSi10Mg // International Journal of Fatigue. – 2023. – Vol. 177.
25. *Han X., Li C., Chen C., Zhang X., Zhang H.* Fabrication of Low Roughness Gradient Nanostructured Inner Surface on an AISI 304 Stainless Steel Pipe via Ultra-Sonic Rolling Treatment // Nanomaterials. – 2021. – Vol. 11
26. *Jafari Tadi A., Hosseini S.R., Naderi Semiromi M.* Influence of surface nano/ultrafine structure formed via pre-deep rolling process on the plasma nitriding characteristics of the AISI 316L stainless steel // International Nano Letters. – 2017. – Vol. 7.
27. *Klymenko A., Byk M., Shapiro A. et al.* Corrosion behavior of AISI 316l steel in static lead melt at 450°C and 650°C // Procedia Structural Integrity. – 2024. – Vol. 59.
28. *Kuznetsov V., Kosareva A.* Increase of Wear and Heat Resistance of the AISI 304 Steel Surface Layer by Multi-Pass Nanostructuring Burnishing // Journal of Materials and Engineering. – 2023. – Vol. 1.
29. *Kuznetsov V., Tatarintsev I., Voropaev V., Skorobogatov A.* Surface Nanocrystallization and Improvement of the Mechanical and Tribological Properties of AISI 304 Steel Using Multi-Pass Nanostructuring Burnishing // Materials. – 2024. – Vol. 17, iss. 2.
30. *López-Ojeda L., Vargas-Gutiérrez G.* High wear resistance and better pitting corrosion resistance of AISI 316L stainless steel by a self-protective oxy-nitrocarburizing paste // Journal of Materials Research and Technology. – 2022. – Vol. 16.
31. *Maximov J., Duncheva G., Anchev A., Dunchev V., Argirov Y.* Effect of Diamond Burnishing on Fatigue Behaviour of AISI 304 Chromium-Nickel Austenitic Stainless Steel // Materials. – 2022. – Vol. 15.
32. *Minkevičius A., Levinskas R., Lukošiūtė I., Kviklys A.* Stainless 08X18H10T and Low-Alloyed 15X1M1Ф Steels Protection from Corrosion with Emulsions of Thermostable Amines // Materials Science (Medžiagotyra). – 2003. – №9.
33. *Pour-Ali S., Mahdavi S., Moradi S., Tavangar R.* Effect of high-energy shot peening on the corrosion behavior and chloride threshold concentration of AISI 316L stainless steel rebar in simulated concrete pore solution // Journal of Materials Research and Technology. – 2024. – Vol. 30.
34. *Rizal M., Usman H., Zuhri S., Ghani J. A.* Experimental study on the feasibility of graphite nanoparticles with fruit tree-based vegetable oils for nanofluid MQL in milling AISI 304 stainless steel // Jurnal Tribologi. – 2025. – №44.
35. *Scherer J.-M., Hure J., Madec R. et al.* Tensile and micro-compression behaviour of AISI 316L austenitic stainless steel single crystals at 20°C and 300°C: Experiments, modelling and simulations // Materials Science and Engineering: A. – 2024. – Vol. 900.
36. *Senka Gudić, Dario Kvrgić, Ladislav Vrsalović, Mirko Gojić.* Comparison of the corrosion behavior of AISI 304, AISI 316L and duplex steel in chloride solution // Zaštita Materijala. – 2018. – № 59.
37. *Slavov S., Dimitrov D., Konsulova-Bakalova M., Van Si Bao L.* Research of the Ball Burnishing Impact over Cold-Rolled Sheets of AISI 304 Steel Fatigue Life Considering Their Anisotropy // Materials. – 2023. – Vol. 16, iss. 13.
38. *Soltani B., Rabiee S.M., Nourouzi S., Hosseinipour S.J., Khademjafari S.* Surface modification of AISI 316L stainless steel by applying single and multilayer coatings: Study of elastic modulus and antibacterial properties // Heliyon. – 2025. – Vol. 11, iss. 5.
39. *Wang C., Han J., Zhao J. et al.* Enhanced Wear Resistance of 316L Stainless Steel with a Nanostructured Surface Layer Prepared by Ultrasonic Surface Rolling // Coatings. – 2019. – Vol. 9, iss. 2.

OVERVIEW OF 12KH18N10T, 08KH18N10T, AND AISI 316L STAINLESS STEELS AND THEIR CHARACTERISTICS DURING SURFACE PLASTIC DEFORMATION PROCESSING

© 2026 A.V. Savelyev, N.M. Bobrovsky, P.N. Schoenberger, E.E. Nazarova

Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, , Samara, Russia

Stainless steels are widely used in various industries due to their high corrosion resistance, strength, and manufacturability. Among the many grades, austenitic steels 08X18H10T, 12X18H10T, and steel manufactured according to the foreign standard AISI 316L, along with its Russian counterpart 03X17H14M3, hold a special place. Each of these steels possesses a unique set of properties that determines their areas of application. This work systematizes data on the chemical composition, mechanical characteristics, corrosion resistance, application features, and surface layer hardening methods of these materials. Their specific characteristics during processing by surface plastic deformation technology are considered based on an analysis of domestic and foreign sources. These steels were selected for research to address the practical needs of industrial enterprises.

Key words: Stainless steel, austenitic steel, surface hardening, plastic deformation, burnishing.

DOI: 10.37313/1990-5378-2026-28-4-112-121
EDN: GMQSJC

REFERENCES

1. *Abdurazakov, U.A.* Izuchenie vliyaniya implantata dlya vnutrikostnogo osteosinteza diafizarnyh perelomov klyuchicy na okruzhayushchie tkani / U.A. Abdurazakov, A.U. Abdurazakov, Zh.A. Tazhiev // Vestnik AGIUV. – 2016. – № 2.
2. *Al'hmud, A.Z.* Plotnost' i koefficient termicheskogo rasshireniya stali 12H18N10T v diapazone temperatur ot 100-850 °S dlya reaktorov VVER / A.Z. Al'hmud, A.B. Kruglov // Global'naya yadernaya bezopasnost'. – 2021. – № 4.
3. *Bazhenov, V.G.* Vliyanie predvaritel'nogo plasticheskogo uprochneniya rastyazheniem na kriticheskie nagruzki poteri ustojchivosti cilindricheskih obolochek pri kruchenii / V.G. Bazhenov, D.V. Zhegalov, D.A. Kazakov, A.I. Kibec, E.V. Nagornyh, D.A. Samsonova // Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Mekhanika. – 2019. – № 1.
4. *Bayandin, Yu.V.* Harakteristiki prochnosti i plastichnosti ryada metallicheskih splavov i nerzhaveyushchih stalej, sozdannyh provolochno-dugovoj naplavkoj, v shirokom diapazone skorostej deformacij / Yu.V. Bayandin, D.S. Dudin, A.V. Il'inyh i dr // Vestnik PNIPU. Mekhanika. – 2023. – № 1.
5. *Bragov, A.M.* Eksperimental'noe issledovanie i matematicheskoe modelirovanie povedeniya stalej St3, 20H13 i 08H18N10T v shirokom diapazone skorostej deformacij i temperatur / A.M. Bragov, L.A. Igumnov, V.B. Kajdalov i dr. // Prikladnaya mekhanika i tekhnicheskaya fizika. – 2015. – T. 56.
6. *Bubnov, V.A.* Austenitnye stali i plasticheskaya deformaciya / V.A. Bubnov, S.V. Marficyn // Vestnik KGU. – 2014. – № 2.
7. *Vologzhanina, S.A.* Issledovanie vliyaniya nizkih temperatur i deformacij na svojstva austenitnoj stali 12H18N10T / S.A. Vologzhanina, A.F. Igolkin, A.P. Petkova // Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbPU. Estestvennye i inzhenernye nauki. – 2019. – T. 25. – № 4.
8. *Kamenov, R.U.* Modelirovanie vliyaniya ugla naklona instrumenta na raspredelenie nagruzok pri poverhnostnom plasticheskom deformirovanii trudnoobrabatyvaemogo materiala 12H18N10T / R.U. Kamenov, N.M. Bobrovskij, A.V. Savel'ev, P.N. Shenberger // Dinamika sistem, mekhanizmov i mashin. – 2024. – № 2.
9. *Kushnereva, D. S.* Issledovanie svojstv novyh vysokoprochnyh nerzhaveyushchih stalej / D. S. Kushnereva, G. V. Sapozhnikov // Trudy XI Vserossijskoj shkoly-konferencii molodyh uchenyh «KoMU-2018». – 2019. – № 21.
10. *Klyushnikov, V.A.* Issledovanie vliyaniya plasticheskogo deformirovaniya na akusticheskie i magnitnye harakteristiki austenitnoj i austenitno-ferritnoj stalej / V.A. Klyushnikov, V.V. Mishakin // Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Ser. Mashinostroenie. – 2018. – № 2.
11. *Lihacheva, D.A.* Novye aspekty importozameshcheniya. Sravnenie marok stali AISI 316L (03X17H14M3) i 12X18H10T / D.A. Lihacheva, S.S. Rogozhin // ISUP. – 2022. – №3(99).
12. *Lugovs'kij, O.F.* Experimental study of materials resistance to cavitation erosion / O.F. Lugovs'kij, A.I. Zilins›kij, A.V. Shul›ga, A.D. Lavrinenkov, I.A. Grishko, I.M. Bernik // Mechanics and Advanced Technologies. – 2020. – № 3.
13. *Makarov, A.V.* Povyshenie tribologicheskih svojstv austenitnoj stali 12X18H10T nanostrukturiruyushchej frikcionnoj obrabotkoj / A.V. Makarov, P.A. Skorynina, A.L. Osinceva, A.S. Yurovskih, R.A. Savraj // Obrabotka metallov: tekhnologiya, oborudovanie, instrumenty. – 2015. – № 4.
14. *Pavlov, V.F.* Vliyanie vida koncentratora na zavisimost› predela vynoslivosti uprochnennyh detalej ot ostatochnyh napryazhenij / V.F. Pavlov, V.A. Kirpichev // Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta. – 2006. – № 3.
15. *Pavlov, V.F.* Prognozirovanie predela vynoslivosti po razrusheniyu detalej, izgotovlennyh metodami operezhayushchego poverhnostnogo plasticheskogo deformirovaniya / V.F. Pavlov, S.A. Bordakov, Yu.N. Surgutanova, O.V. Karanaeva, T.A. Hibnik // Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Fiz.-mat. nauki. – 2024. – № 34.
16. *Ryaboshu, S.* Analiz prichin obrazovaniya defektov zagotovok iz stali 12H18N10T i razrabotka rekomendacij po ih ustraneniyu / S. Ryaboshu, P. Kovalev // Obrabotka metallov. – 2023. – T. 25. – № 4.
17. *Skakov, M.K.* Izmenenie mikrostruktury i mekhanicheskih svojstv austenitnoj stali 08H18N10T, obluchennoj nejtronami / M.K. Skakov, O.P. Maksimkin, I.I. Deryavko i dr. // Vestnik NYaC RK. – 2015. – № 1.
18. *Fedorov, A.A.* Issledovanie vliyaniya rezhimov ul›trazvukovoj uprochnyayushchej obrabotki na adgezionnye svojstva poverhnostnogo sloya stali 12H18N10T / A.A. Fedorov, D.A. Polonyankin, A.V. Linovskij i dr. // Dinamika sistem, mekhanizmov i mashin. – 2019. – № 3.
19. *Shamarin, N.N.* Vliyanie strukturnogo sostoyaniya korrozionno-stojkoj stali 12H18N10T na kachestvo poverhnosti posle tocheniya / N.N. Shamarin, A.V. Filippov, S.Yu. Tarasov, O.A. Podgornyh, V.R. Utyaganova // Obrabotka metallov: tekhnologiya, oborudovanie, instrumenty. – 2020. – № 1.
20. *Yaroslavcev, V.M.* Effektivnost› metodov operezhayushchego deformacionnogo uprochneniya materiala srezaemogo sloya pri obrabotke rezaniem / V.M. Yaroslavcev // Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Ser. Mashinostroenie. – 2015. – № 1.
21. *Alhmoud A.Z., Kruglov A.B*. Density and Coefficient of Thermal Expansion of 12X18H10T Steel in the Temperature Range from 100-850 °C for WWER Reactors // Global Nuclear Safety. – 2021. – Vol. 41.
22. *Azevedo D., Martins A., Junior dos Santos A., Magalhães F., Abrao A.* Influence of the hydrostatic ball burnishing on surface quality and ultra-microhardness // Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering. – 2024. – Vol. 46.
23. *Chaves J., Lasanta M.I., García-Martín G., de Miguel M.T., Pérez F.J.* Degradation mechanism of AISI 316L, 321H, and 347H alloys in ternary molten salt vs solar salt // Results in Engineering. — 2025. — № 25.
24. *Concli F., Gerosa R., Panzeri D., Fraccaroli L.* High and low cycle fatigue properties of selective laser melted AISI 316L and AlSi10Mg // International Journal of Fatigue. – 2023. – Vol. 177.
25. *Han X., Li C., Chen C., Zhang X., Zhang H*. Fabrication of Low Roughness Gradient Nanostructured Inner Surface on an AISI 304 Stainless Steel Pipe via Ultra-Sonic Rolling Treatment // Nanomaterials. – 2021. – Vol. 11

26. *Jafari Tadi A., Hosseini S.R., Naderi Semiromi M.* Influence of surface nano/ultrafine structure formed via pre-deep rolling process on the plasma nitriding characteristics of the AISI 316L stainless steel // International Nano Letters. – 2017. – Vol. 7.
27. *Klymenko A., Byk M., Shapiro A. et al.* Corrosion behavior of AISI 316l steel in static lead melt at 450°C and 650°C // Procedia Structural Integrity. – 2024. – Vol. 59.
28. *Kuznetsov V., Kosareva A.* Increase of Wear and Heat Resistance of the AISI 304 Steel Surface Layer by Multi-Pass Nanostructuring Burnishing // Journal of Materials and Engineering. – 2023. – Vol. 1.
29. *Kuznetsov V., Tatarintsev I., Voropaev V., Skorobogatov A.* Surface Nanocrystallization and Improvement of the Mechanical and Tribological Properties of AISI 304 Steel Using Multi-Pass Nanostructuring Burnishing // Materials. – 2024. – Vol. 17, iss. 2.
30. *López-Ojeda L., Vargas-Gutiérrez G.* High wear resistance and better pitting corrosion resistance of AISI 316L stainless steel by a self-protective oxy-nitrocarburizing paste // Journal of Materials Research and Technology. – 2022. – Vol. 16.
31. *Maximov J., Duncheva G., Anchev A., Dunchev V., Argirov Y.* Effect of Diamond Burnishing on Fatigue Behaviour of AISI 304 Chromium-Nickel Austenitic Stainless Steel // Materials. – 2022. – Vol. 15.
32. *Minkevičius A., Levinskas R., Lukošiūtė I., Kviklys A.* Stainless 08X18H10T and Low-Alloyed 15X1M1Ф Steels Protection from Corrosion with Emulsions of Thermostable Amines // Materials Science (Medžiagotyra). – 2003. – №9.
33. *Pour-Ali S., Mahdavi S., Moradi S., Tavangar R.* Effect of high-energy shot peening on the corrosion behavior and chloride threshold concentration of AISI 316L stainless steel rebar in simulated concrete pore solution // Journal of Materials Research and Technology. – 2024. – Vol. 30.
34. *Rizal M., Usman H., Zuhri S., Ghani J. A.* Experimental study on the feasibility of graphite nanoparticles with fruit tree-based vegetable oils for nanofluid MQL in milling AISI 304 stainless steel // Jurnal Tribologi. – 2025. – №44.
35. *Scherer J.-M., Hure J., Madec R. et al.* Tensile and micro-compression behaviour of AISI 316L austenitic stainless steel single crystals at 20°C and 300°C: Experiments, modelling and simulations // Materials Science and Engineering: A. – 2024. – Vol. 900.
36. *Senka Gudić, Dario Kvrgić, Ladislav Vrsalović, Mirko Gojić*. Comparison of the corrosion behavior of AISI 304, AISI 316L and duplex steel in chloride solution // Zaštita Materijala. – 2018. – № 59.
37. *Slavov S., Dimitrov D., Konsulova-Bakalova M., Van Si Bao L.* Research of the Ball Burnishing Impact over Cold-Rolled Sheets of AISI 304 Steel Fatigue Life Considering Their Anisotropy // Materials. – 2023. – Vol. 16, iss. 13.
38. *Soltani B., Rabiee S.M., Nourouzi S., Hosseinipour S.J., Khademjafari S.* Surface modification of AISI 316L stainless steel by applying single and multilayer coatings: Study of elastic modulus and antibacterial properties // Heliyon. – 2025. – Vol. 11, iss. 5.
39. *Wang C., Han J., Zhao J. et al.* Enhanced Wear Resistance of 316L Stainless Steel with a Nanostructured Surface Layer Prepared by Ultrasonic Surface Rolling // Coatings. – 2019. – Vol. 9, iss. 2.

Alexander Saveliev, Candidate of Technical Sciences, Head of the Surface Plastic Deformation Laboratory.
E-mail: Saveliev.samnc@yandex.ru
Nikolai Bobrovsky, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Chief Researcher at the Surface Plastic Deformation Laboratory. E-mail: bobrnm@yandex.ru.
Polina Shenberger, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher at the Surface Plastic Deformation Laboratory.
E-mail: Shenberger.samnc@yandex.ru.
Ekaterina Nazarova, Research Engineer at the Surface Plastic Deformation Laboratory. E-mail: kate.gavrilova7@yandex.ru