

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Саратовский государственный технический университет

имени Гагарина Ю.А.

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
И ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ
ПРОЦЕССЫ ОБРАБОТКИ**

Сборник научных трудов

по материалам Всероссийской молодежной конференции

Саратов, 18-19 мая 2022 г.

УДК 62-4, 615.46, 539.5, 666.3

ББК 30.3

П 26

П 26 Перспективные материалы и высокоэффективные процессы обработки: сб. материалов Всерос. молодежной конф., Саратов, 18-19 мая 2022 г. / под. общ. ред. д-ра. техн. наук, доцента А.А. Фомина. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2022. 380 с. ISBN 978-5-7433-3513-8

В сборнике представлены материалы Всероссийской молодежной конференции «Перспективные материалы и высокоэффективные процессы обработки», проходившей 18-19 мая 2022 г. в Саратовском государственном техническом университете имени Гагарина Ю.А. в соответствии с приказом СГТУ № 241-П от 01.04.2022 г. Основной задачей конференции являлось представление и обсуждение новейших научных результатов фундаментальных исследований и практических достижений в области материаловедения и процессов обработки материалов.

Сборник предназначен для широкой аудитории читателей, в частности студентов, аспирантов и молодых ученых, интересующихся современными проблемами науки.

Одобрено
редакционно-издательским советом
Саратовского государственного технического университета
имени Гагарина Ю.А.

Организационный комитет:

д.т.н., доцент Фомин А.А.; к.т.н., доцент Казинский А.А.;
д.т.н., профессор Таран В.М.; д.т.н., с.н.с. Пичхидзе С.Я.;
д.ф.-м.н., профессор Вениг С.Б.; к.ф.-м.н., доцент Герасименко А.Ю.;
к.ф.-м.н. Захаревич А.М.; к.ф.-м.н., доцент Скапцов А.А.; к.т.н. Кошуру В.А.;
к.т.н. Шумилин А.И.; д.ф.-м.н., профессор Сеницын Н.И.; к.т.н. Маркелова О.А.

*Ответственность за содержание и достоверность сведений,
представленных в материалах конференции,
сохранение корпоративной и государственной тайн возлагается на авторов*

УДК 62-4, 615.46, 539.5, 666.3
ББК 30.3

ISBN 978-5-7433-3513-8

© Саратовский государственный технический
университет имени Гагарина Ю.А., 2022

СОДЕРЖАНИЕ

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ Аксёнова К.В., Громов В.Е., Вашук Е.С.	11
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАБОТЫ АГРЕГАТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН ПРИ ОСВОЕНИИ ДИСЦИПЛИН ОБЩЕИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ Андреев А.А.	14
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ В КАЧЕСТВЕ ОСНОВ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ Антонов С.А., Матвеева А.И., Пронченков И.А.	17
ЛЕГИРОВАНИЕ МОЛИБДЕНОМ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ИХ УПРОЧНЕНИЯ Барчуков Д.А., Какорин Д.Д.	19
ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МНОГОСЛОЙНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ПЛАСТИН НА ОСНОВЕ ПОЛИТИТАНАТОВ КАЛИЯ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ МАРГАНЦЕМ Батырова А.Р., Максимова Л.А.	21
СИНТЕЗ ЛАТЕКСОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАКАНЫХ МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ Боголепова О.В., Черненко С.С.	24
МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНО- ГРАДИЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ Кабанов Е.А., Лысова К.А., Агафонова Т.А.	27
МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ Антипова И.А.	29
НАНОТЕХНОЛОГИИ В МЕДИЦИНЕ Романов С.Н., Леушкин П.Н.	31
САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИЙСЯ ФИБРОБЕТОН Рябова Т.А.	33
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЭКОЛОГИЧНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ Чаукова Е.В.	35
УМНОЕ ВОЛОКНО Дергунова Л.А., Хайруллова Р.М.	38
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ ПАРОВОГО СОПЛА ИЗ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ Васильева И.В.	40
ПОКРЫТИЕ ЧАСТИЦ PLGA ХИТОЗАНОМ РАЗНОЙ МОЛЕКУЛЯРНОЙ МАССЫ Саруханова В.В., Волков Д.А.	43
СИНТЕЗ МАХ-ФАЗ СИСТЕМЫ TI-AL-S ИЗ ПЛАЗМЫ ВАКУУМНО-ДУГОВОГО РАЗРЯДА Гильметдинова Г.Р.	46
ВЛИЯНИЕ ПЛАЗМЕННОЙ СВАРКИ И СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ НА ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ОТКЛОНЕНИЯ СТЫКОВОГО, ТАВРОВОГО И НАХЛЕСТОЧНОГО СОЕДИНЕНИЯ ИЗ АЛЮМИНИЕВО-МАГНИЕВОГО СПЛАВА 5083 Глухих Е.С.	49

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ

Аксёнова К.В.¹, Громов В.Е.¹, Ващук Е.С.²¹Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк²Филиал Кузбасского государственного технического университета им. Т.Ф. Горбачева в г. Прокопьевске

Определены механические свойства рельсовой стали в условиях испытаний на одноосное сжатие и растяжение. Временное сопротивление металла и предел текучести превышают в 1,37 и 1,75 раза, соответственно, требования государственных стандартов. Диаграммы сжатия и растяжения характеризуют стали, работающие на сжатие. Коэффициент запаса прочности выше нормативного в 3,3 раза, что удовлетворяет требованиям РЖД.

Ключевые слова: рельсовая сталь, деформация, одноосное сжатие и растяжение, прочность

Российские железные дороги являются второй по величине транспортной системой мира. В настоящее время Российская Федерация осуществляет более 20 процентов грузооборота и 10 процентов пассажирооборота всех железных дорог мира. Строительство высоконагруженных железных дорог и возрастание объема железнодорожных грузоперевозок ужесточает требования к качеству рельсовых сталей. Формирование многочисленных дефектов при эксплуатации является одной из основных причин выхода рельсов из строя. В связи с этим рельсы должны обладать требуемыми механическими свойствами, такими как твердость, прочность, пластичность, ударная вязкость [1-3].

В настоящей работе были исследованы механические свойства образцов рельсовой стали, которые вырезали из головки 100-метровых дифференцированно закаленных рельсов категории ДТ350 производства АО «Евраз-ЗСМК», химический состав которых приведен в табл. 1 [4].

Таблица 1

Химический состав рельсовой стали Э76ХФ

Массовая доля элементов, %							
C	Mn	Si	V	Cr	P	S	Al
					не более		
0,71-0,82	0,75-1,25	0,25-0,60	0,03-0,15	0,20-0,80	0,020	0,020	0,004

Механические испытания осуществляли путем одноосного сжатия (образцов размерами 9,6×4,7×4,7 мм) и растяжения на универсальной испытательной машине Instron 3369 со скоростью 1,2 мм/мин при автоматической записи нагрузки и размеров образца. Образцы на растяжение были

в виде двухсторонних лопаток с размерами рабочей области лопаток $1,5 \times 4,45 \times 8,0$ мм. Образцы рельсов при испытании на сжатие не удалось довести до разрушения, поскольку они сплющились из-за того, что исследуемая сталь способна достаточно сильно деформироваться без разрушения. Машинные кривые деформации в координатах «нагрузка P – полное удлинение Δl » (рис. 1, а) пересчитывались и перестраивались в зависимости «истинное напряжение σ – истинная деформация ε » (рис. 1, б). Математическая обработка кривых деформационного упрочнения показывает, что зависимость σ - ε имеет параболический вид и описывается полиномом четвертой степени. Данные механических свойств были получены с диаграмм сжатия и растяжения (рис. 1, б). Из прямолинейного участка диаграммы сжатия был получен предел пропорциональности данной стали $\sigma_{\text{пц}} = 800$ МПа. Предел упругости $\sigma_0 = 900$ - 930 МПа. За условный предел текучести приемлем значение напряжения, при котором остаточная деформация достигает 0,2 % от начальной высоты образца – $\sigma_T = 1300$ МПа. Из диаграммы растяжения определим предел прочности $\sigma_B = 1334$ МПа.

Условие прочности при растяжении и сжатии имеет вид

$$\sigma_{\text{max}} \leq [\sigma], \quad (1)$$

где σ_{max} – наибольшее по абсолютной величине растягивающее (сжимающее) напряжение, $[\sigma]$ – допускаемое напряжение [5]. Нормативный коэффициент запаса прочности определяется:

$$k_n = \frac{[\sigma]}{\sigma_{\text{max}}}. \quad (2)$$

Для термоупрочненных рельсов $[\sigma] = 400$ МПа [6], тогда при растяжении $k_{\text{нраст}} = 3,3$, что выше нормативных значений 1,3 и 1,4 для рельсов первого срока и старогодных, соответственно [6].

На диаграмме растяжения практически отсутствует прямолинейный участок, таким образом, закон Гука выполняется в начальной стадии нагружения при малых деформациях (рис. 1, б, кривые 2).

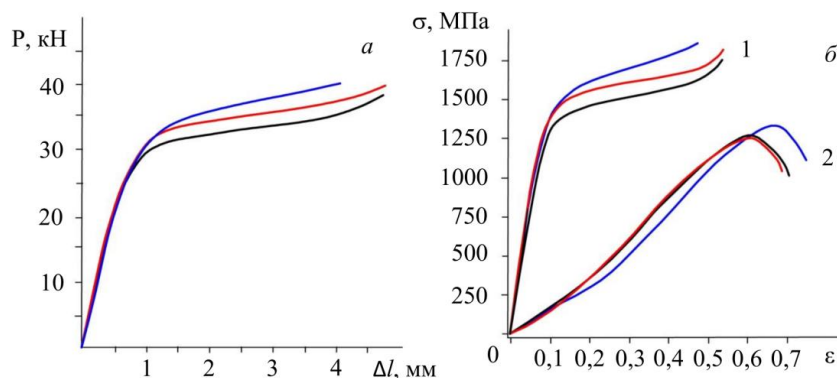


Рис. 1. Машинная диаграмма сжатия (а) и диаграмма упрочнения (б) при сжатии (1) и растяжении (2)

Также на диаграмме растяжения отсутствует площадка текучести, что присуще сталям, работающим на сжатие. При возрастающей нагрузке идет пластическое деформирование образца.

Коэффициент объемной деформации ε_V (табл. 2) [5]:

$$\varepsilon_V = \left| \frac{\Delta V}{V} \right|, \quad (3)$$

где ΔV – изменение объема образца, V – первоначальный объем.

При упругих деформациях ε_V определим из соотношения:

$$\varepsilon_V = (1 - \varepsilon\mu)^2(1 + \varepsilon) - 1. \quad (4)$$

Слагаемые, содержащие ε^2 и ε^3 , не вносят точность в расчеты и делают их громоздкими, поэтому мы ими пренебрегаем. Выражение (4) перепишем в виде:

$$\varepsilon_V = \varepsilon(1 - 2\mu) \quad (5)$$

Таким образом, коэффициент Пуассона:

$$\mu = \frac{\varepsilon - \varepsilon_V}{2\varepsilon}. \quad (6)$$

Таблица 2

Расчёт упругих свойств рельсовой стали

$S_1, \text{мм}^2$	$S_2, \text{мм}^2$	$\Delta S, \text{мм}^2$	$\Delta h, \text{мм}$	$\Delta V, \text{мм}^3$	$V, \text{мм}^3$	ε_V	μ
6,675	4,106	2,575	6,4	19,642	53,4	0,31	0,318

$\Delta S, \Delta h$ – изменение продольных и поперечных размеров образца.

Таким образом, определены механические свойства рельсовой стали в условиях испытаний на одноосное сжатие и растяжение. Временное сопротивление металла и предел текучести превышают в 1,37 и 1,775 раза, соответственно требования государственных стандартов [4]. Диаграммы сжатия и растяжения характеризуют стали, работающие на сжатие. Коэффициент запаса прочности выше нормативного в 3,3 раза, что удовлетворяет требованиям РЖД. Рассчитанный коэффициент Пуассона согласуется с теоретическими данными.

Литература

1. Шур Е.А. Повреждения рельсов. – Москва: Интекст, 2012. – 192 с.
2. Юрьев А.А., Кузнецов Р.В., Громов В.Е. [и др.]. Длинномерные рельсы: структура и свойства после сверхдлительной эксплуатации : монография. – Новокузнецк: Полиграфист, 2022. – 311 с.
3. Кузнецов Р.В., Громов В.Е., Иванов Ю.Ф. [и др.] Структурно-фазовое состояние и упрочнение рельсов после экстремально длительной эксплуатации // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2021. – Т. 18. – № 3. – С. 328-337.
4. ГОСТ Р 51685–2013. Рельсы железнодорожные. Общие технические условия // Сб. стандартов.— М: ФГУП «Стандартинформ», 2013.
5. Хохлов В.А., Цукублина К.Н., Куприянов Н.А., Логвинова Н.А. Сопротивление материалов : учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 228 с.
6. Технические указания по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути / МПС России. – М.: Транспорт, 2000. – 96 с.