

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПРОЧНОСТИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ СО РАН

ФИЗИЧЕСКАЯ МЕЗОМЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ.
ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ МНОГОУРОВНЕВОЙ
СТРУКТУРЫ И МЕХАНИЗМЫ НЕЛИНЕЙНОГО ПОВЕДЕНИЯ

Международная конференция

5–8 сентября 2022 г.
Томск, Россия

Тезисы докладов

Новосибирск
2022

УДК 539(063)+620.18(063)
ББК В251я431+Ж37я431
Ф503

Ф503 Физическая мезомеханика материалов. Физические принципы формирования многоуровневой структуры и механизмы нелинейного поведения : Тез. докл. Междунар. конф., 5-8 сентября 2022 г., Томск, Россия / Ин-т физики прочности и материаловедения СО РАН. – Новосибирск : ИПЦ НГУ, 2022. – 556 с.

ISBN 978-5-4437-1353-3

Издание содержит тезисы международной конференции «Физическая мезомеханика материалов. Физические принципы формирования многоуровневой структуры и механизмы нелинейного поведения». Физическая мезомеханика является научным направлением, в рамках которого материал представляется как иерархическая система взаимосвязанных структурных (масштабных) уровней. В сборнике отражены последние достижения в области развития принципов и методологии физической мезомеханики и результаты их применения к созданию перспективных материалов в интересах развития новых производственных технологий, освоения космического пространства, в том числе дальнего космоса, электроники, атомной энергетики, нефтегазового комплекса, медицины, транспорта и др.

Предназначено научным сотрудникам, инженерам, аспирантам и специалистам, занимающимся вопросами физической мезомеханики, разработки наноструктурных объемных и наноразмерных материалов, наноструктурированием поверхностных слоев, тонкими пленками и покрытиями, нанотехнологиями, компьютерным конструированием новых материалов и технологий их получения, технологиями локальной нестационарной металлургии и обработки материалов, неразрушающими методами контроля.

УДК 539(063)+620.18(063)
ББК В251я431+Ж37я431

ISBN 978-5-4437-1353-3

© Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, 2022

ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Россия
Институт теоретической и прикладной механики СО РАН, Россия
Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, Россия
Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, Россия
Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, Россия
Томский политехнический университет, Россия
Томский государственный университет, Россия
Институт механики сплошных сред УрО РАН, Россия
Институт машиноведения УрО РАН, Россия
Институт физико-технических проблем Севера СО РАН, Россия
Институт химии нефти СО РАН, Россия
Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, Россия
Берлинский технический университет, Германия
Штутгартский университет, Германия
Университет Мишкольц, Венгрия
Институт Йозефа Стефана, Словения
Университет страны Басков, Испания

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Сопредседатели оргкомитета:

Колубаев Е.А.

Томск, Россия

Члены оргкомитета:

Алтунина Л.К.

Томск, Россия

Андреев К.П.

Ухань, Китай

Аннин Б.Д.

Новосибирск, Россия

Батаев А.А.

Новосибирск, Россия

Берто Ф.

Трондхейм, Норвегия

Валиев Р.З.

Уфа, Россия

Глезер А.М.

Москва, Россия

Головин С.В.

Новосибирск, Россия

Горячева И.Г.

Москва, Россия

Зуев Л.Б.

Томск, Россия

Карпинтери А.

Турин, Италия

Фомин В.М.

Новосибирск, Россия

Комлев В.С.

Москва, Россия

Конторович А.Э.

Новосибирск, Россия

Коротаев А.Д.

Томск, Россия

Кочарян Г.Г.

Москва, Россия

Кривцов А.М.

Санкт-Петербург, Россия

Лебедев М.П.

Якутск, Россия

Лотков А.И.

Томск, Россия

Ляхов Н.З.

Новосибирск, Россия

Макаров П.В.

Томск, Россия

Марущак П.О.

Тернополь, Украина

Мулюков Р.Р.

Уфа, Россия

Попов В.Л.

Берлин, Германия

Мышкин Н.К.

Гомель, Беларусь

Наймарк О.Б.

Пермь, Россия

Панин А.В.

Томск, Россия

Прентковскис О.

Вильнюс, Литва

Сундер Р.

Бангалор, Индия

Чен Ксижанг

Веньжоу, Китай

Церпес К.

Патрас, Греция

Чулков Е.В.

Сан-Себастьян, Испания

Шаняевский А.А.

Москва, Россия

Шмаудер З.

Штутгарт, Германия

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Председатель: **Шилько Е.В.**, Томск, Россия

Члены комитета:

Астафурова Е.Г.

Томск, Россия

Балохонов Р.Р.

Томск, Россия

Восмериков А.В.

Томск, Россия

Дмитриев А.И.

Томск, Россия

Еремеев С.В.

Томск, Россия

Князева А.Г.

Томск, Россия

Кудряшов С.В.

Томск, Россия

Кулькова С.Е.

Томск, Россия

Панин С.В.

Томск, Россия

Плехов О.А.

Пермь, Россия

Романова В.А.

Томск, Россия

Ружич В.В.

Иркутск, Россия

Сергеев В.П.

Томск, Росси

Скрипняк В.А.

Томск, Россия

Смирнов С.В.

Екатеринбург, Россия

Соколова М.Д.

Якутск, Россия

Тюменцев А.Н.

Томск, Россия

Шаркеев Ю.П.

Томск, Россия

ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМИТЕТ

Председатель: **Батуев С.П.**, Томск, Россия

Секретарь конференции: **Чебодаева В.В.**, Томск, Россия

Члены комитета:

Ахметшин Л.Р.

Белослудцева А.А.

Бирггаем А.А.

Бобенко Н.Г.

Власов И.В.

Дедова Е.С.

Дьяченко Ф.А.

Зими́на В.А.

Надежкин М.В.

Орлова Д.В.

РАСЧЕТ НА ИЗГИБ СТАЛЬНЫХ ЛИСТОВ С ГРАДИЕНТОМ ПРОЧНОСТИ ПО ТОЛЩИНЕ

Пронина Ю.Г., Пегливанова М.М.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

Работа посвящена оценке несущей способности листов из толстолистовой судостроительной стали А32 с градиентом прочностных свойств по толщине при чистом изгибе. Неравномерное распределение прочностных характеристик было получено посредством термического армирования листового проката, осуществляемого односторонним ускоренным охлаждением листов после их нагрева до температур аустенизации [1]. Проводится сравнение несущей способности стальных образцов после термического армирования, нормализации (нагрев с последующим охлаждением на воздухе) и температурного упрочнения (путем закалки с отпуском). В результате одностороннего ускоренного охлаждения по толщине листа формировался спектр микроструктур: от феррито-бейнитной на ускоренно охлаждаемой поверхности до феррито-перлитной на противоположной. При нормализации формируется феррито-перлитная структура, после термоупрочнения – феррито-цементитная. Материал, технология обработки, методика и результаты экспериментов для образцов толщиной 10 и 14 мм описаны в работах [2, 3] соответственно. Распределение твердости по Виккерсу по толщине указанных образцов показано на рис. 1 звездочками.

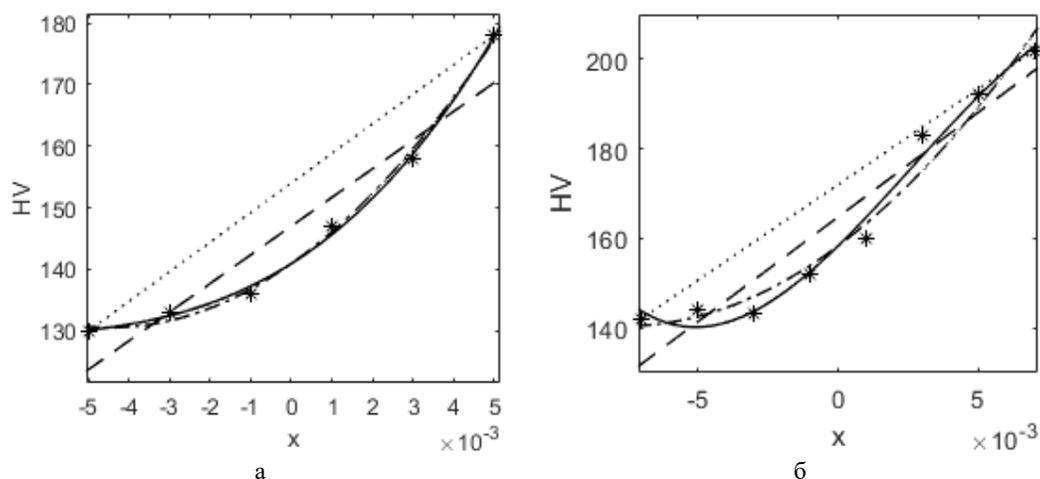


Рис. 1. Изменение твердости по толщине листа толщиной 10мм (а) и 14мм (б). Звездочки – экспериментальные данные, сплошные линии – кубическая среднеквадратическая аппроксимация, штрих-пунктирные линии – среднеквадратическая аппроксимация второго порядка, пунктир – линейная среднеквадратическая аппроксимация, точки – простейшая линейная аппроксимация

Поскольку между твердостью и пределом текучести существует линейная корреляционная зависимость, материал предполагается идеальным упругопластическим с переменным по толщине пределом пластичности и, кроме того, обладающим SD-эффектом (т.е. разными пределами текучести на растяжение и сжатие). Оценка несущей способности производится в рамках технической теории изгиба для малых деформаций с учетом смещения нейтральной плоскости деформации, вызванного как градиентом пластичности, так и SD-эффектом [4]. На стадии чисто упругого изгиба решение задачи не отличается от известного решения для однородной пластины. При появлении зон пластического течения необходимо учитывать градиент свойств и разность пределов текучести на растяжение и сжатие.

Исследуется возможность приближенной оценки предельного изгибающего момента,

при котором пластина переходит в состояние текучести по всей толщине, с помощью различных аппроксимаций (линейной, квадратичной и кубической) зависимости предела текучести от координаты по толщине листа и других упрощений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 21-19-00100).

1. Максимов А.Б., Ерохина И.С. Термическое армирование листового проката // Сталь. 2017. № 8. С. 52–56.
2. Максимов А.Б., Шевченко И.П., Ерохина И.С. Толстолистовой прокат с изменяющимися механическими свойствами по толщине // Известия вузов. Черная металлургия. 2019. № 8. Т. 62. С. 587–593.
3. Максимов А.Б., Ерохина И.С. Свойство толстолистового проката с градиентом прочности по толщине // Материаловедение. 2020. № 7. С.15–19.
4. Максимов А.Б., Пронина Ю.Г. Исследование изгиба толстолистового проката с градиентом прочностных свойств по толщине // Известия вузов. Черная металлургия. 2022. Т. 65. № 1. С. 21–27. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2022-1-21-27>.