



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»  
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»

**ЮУрГУ**

Проспект Ленина, 76, Челябинск, Россия 454080, тел./факс (351)267-99-00, e-mail: info@susu.ru, www.susu.ru  
ОКПО 02066724, ОГРН 1027403857568, ИНН/КПП 7453019764/745301001

№ \_\_\_\_\_

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

**УТВЕРЖДАЮ**

Первый проректор – проректор по  
научной работе ФГАОУ ВО  
«ЮУрГУ (НИУ)»

доктор технических наук, доцент

Коржов А.В.

11 2022 г.



### **ОТЗЫВ**

ведущей организации на диссертационную работу  
Кожемякиной Анны Евгеньевны на тему «Разработка способов повышения  
технологической пластичности алюминиевых лент при асимметричной  
прокатке», представленную на соискание ученой степени кандидата  
технических наук по специальности 2.6.4. Обработка металлов давлением

### **Актуальность работы**

В диссертационном исследовании Кожемякиной А.Е. рассмотрены  
способы повышения технологической пластичности алюминиевых лент из  
наиболее распространённых сплавов (сплавы Д16, АМг6 и АД33), широко  
применяемых в различных отраслях промышленности, за счет  
рассогласования скоростей рабочих валков при асимметричной прокатке.

Актуальность работы, обусловлена тем, что традиционно при прокатке  
металлов и сплавов происходит их упрочнение и соответственно снижение  
технологической пластичности. При достижении определенного уровня  
деформации технологическая пластичность практически полностью теряется,  
дальнейшая деформация без применения дополнительных термообработок  
становится невозможной, что, в свою очередь, приводит к усложнению  
технологического процесса и снижению производительности, а также  
введению дополнительных ограничений технологического процесса.

В связи с этим, тема диссертационной работы Кожемякиной А.Е. «Разработка способов повышения технологической пластичности алюминиевых лент при асимметричной прокатке» является актуальной.

### **Оценка объёма, содержания и оформления диссертационного исследования**

Представленная диссертация оформлена в соответствии с основными требованиями, предъявляемыми высшей аттестационной комиссией на соискание учёной степени кандидата технических наук. Работа изложена на 136 страницах машинописного текста, состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 168 наименований, 7 приложений. В качестве иллюстративного материала приводится 54 рисунка, 24 таблицы. Работе присуща внутренняя целостность и законченность.

Целью исследования является повышение технологической пластичности алюминиевых лент за счет рассогласования скоростей рабочих валков при асимметричной прокатке.

Достижение поставленной цели работы обеспечивается путем постановки и решения следующих задач: численного исследования напряженно-деформированного состояния, а также силовых, кинематических и фрикционных параметров процесса асимметричной тонколистовой прокатки алюминиевых лент при отношении скоростей рабочих валков от  $V_1/V_2 = 1,0/1,0$  до  $V_1/V_2 = 10,0/2,0$ ; экспериментальной проверки и коррекции полученных результатов на новом уникальном лабораторно-промышленном стане 400 асимметричной прокатки с индивидуальным приводом рабочих валков в широком диапазоне отношений их скоростей от  $V_1/V_2 = 1,0/1,0$  до  $V_1/V_2 = 10,0/1,3$ ; разработки промышленно-применимых технологических схем повышения технологической пластичности алюминиевых лент при асимметричной прокатке.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. На основе компьютерного моделирования в программном комплексе DEFORM 2D/3D показано, что истинная деформация  $\epsilon$  для алюминиевых лент достигает экстремальных значений при отношении скоростей рабочих валков равном  $(0,76 \dots 0,96) \cdot h_0/h_1$ , где  $h_0$  и  $h_1$  – входная и выходная толщины листа.

2. Впервые показано, что увеличение отношения скоростей рабочих валков с 1,0 до 6,7 позволяет:

– существенно снизить усилие прокатки по сравнению с симметричным случаем: в 1,9 раз (для сплава АД33), в 2,3 раза (для сплава АМг6), в 3,2 раза (для сплава Д16);

– увеличить технологическую пластичность (увеличить относительное обжатие без разрушения образцов) для Д16 с 48 до 89 %, для АМг6 с 50 до 59 %, для АД33 с 40 до 75 %;

– повысить после асимметричной прокатки ленты из сплава Д16 относительное удлинение образцов до 12,3 % по сравнению с 6,2 % при отожжённом состоянии.

3. Впервые установлена возможность регулирования твердости различных лент из алюминиевых сплавов Д16 (от 67 до 122 НВ), АМг6 (от 102 до 132 НВ) и АД33 (от 99 до 121 НВ) в зависимости от технологических параметров прокатки (отношения скоростей рабочих валков и относительного обжатия).

Практическая значимость работы заключается в снижении усилия прокатки по сравнению с симметричным случаем в 1,9-3,2 раза (1,9 раз для сплава АД33, в 2,3 раза для сплава АМг6, в 3,2 раза для сплава Д16), увеличении технологической пластичности для разных алюминиевых сплавов (для Д16 с 48 до 89 %, для АМг6 с 50 до 59 %, для АД33 с 40 до 75 %) при увеличении отношения скоростей рабочих валков с 1,0 до 6,7; разработке новых технологических схем производства алюминиевых лент с повышенной технологической пластичностью, позволяющих исключить от одной до трех прокаток и от одного до трех отжигов; предложении способа производства алюминиевых лент с возрастающей пластичностью, предполагающим сокращение трех прокаток и четырех отжигов; использовании новых технических и технологических решений производства алюминиевых лент на промышленно-лабораторном стане дуо 400 в Институте информационных технологий, дизайна и производства (г. Джабалпур, Индия), в ООО «ЧерметИнформСистемы», в лаборатории «Механика градиентных наноматериалов им. А.П. Жилиева», в образовательном процессе ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова».

Достоверность научных положений, выводов и практических рекомендаций обеспечена применением специализированного инженерного комплекса DEFORM 2D/3D, предназначенного для математического моделирования методом конечных элементов технологических процессов обработки металлов давлением с учетом термомеханических процессов нагрева и охлаждения металла, в том числе, в процессе деформации, а также взаимодействия деформирующейся заготовки с технологическим инструментом и оборудованием; качественным и количественным совпадением полученных результатов моделирования и экспериментальных данных, полученных на лабораторнопромышленном стане асимметричной прокатки 400.

Апробация результатов представлена участием в международных конференциях различных уровней, а также результатами, полученными в пяти научно-исследовательских работах: в рамках Мегагранта (проект «Механика градиентных, бимодальных и гетерогенных металлических наноматериалов повышенной прочности и пластичности для перспективных конструкционных применений», договор № 074- 02-2018-329 от 16 мая 2018 г.); в рамках Грантов Российского научного фонда (проекты «Разработка и теоретико-экспериментальное исследование новых методов интенсивной пластической деформации для получения металлических наноструктурированных листов повышенной прочности», соглашение №15-19-10030-П от 13 апреля 2018 г.; «Механика холодной пластической сварки слоистых композитов Al-Fe на основе микроструктурного дизайна межфазной границы раздела для обеспечения повышенной прочности соединения», соглашение 20-69-46042 от 20 мая 2020 г.; «Разработка легких наноструктурированных функционально-градиентных материалов для высокопрочных применений с помощью методов гибридной асимметричной прокатки и инкрементальной формовки», соглашение № 22-49-02041 от 9 марта 2022 г.); в рамках Гранта Российского Фонда Фундаментальных исследований на лучшие проекты фундаментальных научных исследований, выполняемые молодыми учеными, обучающимися в аспирантуре (проект «Разработка технологии асимметричной прокатки как метода интенсивной пластической деформации алюминиевых лент с градиентной структурой, обладающих повышенной прочностью и пластичностью», договор № 20-38-90097/20 от 03 сентября 2020 г.).

Диссертационное исследование отражено в 16 печатных работах, в том числе в 4 статьях в рецензируемых изданиях из перечня ВАК РФ, 4 статьях, опубликованных в изданиях, входящих в наукометрические базы данных Scopus и Web of Science; 8 статьях, включенных в перечень ведущих российских рецензируемых научных журналов.

#### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационного исследования**

Предложенные в диссертационном исследовании решения носят аргументированный характер, диссертация характеризуется структурированностью, целостностью, завершенностью.

Результаты диссертации могут быть использованы на различных металлургических предприятиях, преимущественно ориентированных на производство проката цветных металлов и сплавов, например, таких как АО «Каменск-Уральский металлургический завод», ООО «Калужский завод ОЦМ», ООО «Кольчугинский завод цветных металлов» и т.д. Кроме того,

результаты исследований рекомендуется использовать в образовательной деятельности в технических университетах страны при подготовке специалистов по направлению «Металлургия».

### **Замечания и вопросы по диссертационной работе**

По содержанию диссертационной работы имеются следующие вопросы и замечания:

1. В работе недостаточно обоснован выбор программного комплекса DEFORM 2D/3D. С чем связан выбор именно этого программного комплекса, а не QForm или др.?

2. В исследовании асимметричная прокатка проводилась без натяжений. Как повлияет использование натяжения на технологическую пластичность алюминиевых сплавов?

3. В работе рассматриваются технологические способы производства алюминиевых лент толщиной до 0,5мм. Можно ли использовать предложенные подходы для производства лент толщиной менее 0,5 мм, менее 0,1 мм?

4. В диссертационном исследовании предложено достаточно много принципиально новых технических решений, однако в диссертации говорится только об одной поданной заявке на изобретение. Было бы целесообразно не ограничиваться одной заявкой, а подать несколько заявок.

5. В диссертации говорится об использовании смазки, однако не приводятся ее характеристики.

### **Общее заключение по диссертационному исследованию**

Представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4.- Обработка металлов давлением диссертация Кожемякиной Анны Евгеньевны на тему «Разработка способов повышения технологической пластичности алюминиевых лент при асимметричной прокатке» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, имеющей научную новизну и практическую значимость, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны новые способы повышения технологической пластичности алюминиевых лент при асимметричной прокатке. Выявленные замечания и вопросы не снижают значимости работы и носят, в основном, рекомендательный характер.

Полученные результаты соответствуют областям исследований паспорта научной специальности 2.6.4. Обработка металлов давлением:  
1. Исследование и расчет деформационных, скоростных, силовых,

