

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.324.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «МАГНИТОГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Г.И. НОСОВА»,
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «18» октября 2022 г. № 10

О присуждении Бирюковой Олесе Дмитриевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Совершенствование процесса асимметричной аккумулярующей прокатки для улучшения механических свойств в листовых слоистых алюминиевых композитах» по специальности 2.6.4. Обработка металлов давлением принята к защите 21.06.2022 г. (протокол № 8) диссертационным советом 24.2.324.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38, приказ № 714/нк от 02.11.2012.

Соискатель Бирюкова Олеся Дмитриевна, 07.05.1993 года рождения, в 2016 году с отличием окончила магистратуру по направлению подготовки 22.04.02 Metallургия федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

В 2020 г. окончила аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский

государственный технический университет им. Г.И. Носова» по направлению подготовки 22.06.01 Технологии материалов, по направленности (профилю) «Обработка металлов давлением».

Работает инженером научно-исследовательского сектора лаборатории «Механики градиентных наноматериалов им. А.П. Жилиева» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

Диссертация выполнена на кафедре технологий обработки материалов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, Песин Александр Моисеевич, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», кафедра технологий обработки материалов, профессор.

Официальные оппоненты:

Мазур Игорь Петрович – доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Липецкий государственный технический университет», заведующий кафедрой обработки металлов давлением,

Гамин Юрий Владимирович – кандидат технических наук, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», доцент кафедры обработки металлов давлением,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский

государственный университет» (национальный исследовательский университет) (г. Челябинск) в своем положительном отзыве, подписанным Чаплыгиным Борисом Александровичем, доктором технических наук, профессором кафедры «Процессы и машины обработки металлов давлением» и утвержденным первым проректором – проректором по научной работе, доктором технических наук Коржовым Антоном Вениаминовичем, указала, что работа О.Д. Бирюковой актуальна, содержит научную новизну и обладает практической значимостью. Структура работы отражает последовательное выполнение всех поставленных задач, достоверность полученных результатов подтверждена. В отзыве представлены рекомендации по дальнейшему использованию результатов исследования, а также высказаны замечания по работе. По мнению ведущей организации, диссертация «Совершенствование процесса асимметричной аккумулярующей прокатки для улучшения механических свойств в листовых слоистых алюминиевых композитах» является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные технические и технологические результаты, которые имеют существенное значение для обработки металлов и сплавов в цветной металлургии, соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор, Бирюкова Олеся Дмитриевна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4. Обработка металлов давлением. Все представленные замечания не снижают ценности диссертационной работы и носят рекомендательный характер.

Соискатель имеет 34 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликована 21 работа, из них в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК РФ опубликовано 2 статьи, 5 статьей – в журналах, индексируемых в международных базах Scopus и Web of Science, 3 патента РФ и 1 Евразийский патент.

Общий объем научных изданий 7,94 п.л. (из них личный вклад соискателя 5,95 п.л.). Сведения об опубликованных работах достоверны, а основные результаты, диссертационного исследования изложены в них достаточно полно.

Авторский вклад в публикации заключается в постановке цели и задач исследования; в интерпретации данных, полученных в результате моделирования процесса асимметричной аккумулярующей прокатки; в формулировании основных положений и выводов по результатам экспериментов; в подготовке материалов для опубликования, которые содержат сведения и выводы о результатах исследования о влиянии больших сдвиговых деформаций (при значении эквивалентной деформации выше 3 и угла сдвига более 70°) при асимметричной аккумулярующей прокатке на механические и эксплуатационные свойства листовых слоистых алюминиевых композитов 5083/2024 и 5083/1070.

К наиболее значимым научным публикациям относятся:

1. Асимметричная прокатка листов и лент: история и перспективы развития / А.М. Песин, Д.О. Пустовойтов, О.Д. Бирюкова, А.Е. Кожемякина // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Металлургия». – 2020. – Т. 20, № 3. – С. 81–96.

2. Возможности получения градиентной структуры при асимметричном деформировании алюминиевого слоистого композита / О.Д. Бирюкова, Д.О. Пустовойтов, А.М. Песин, А.Е. Кожемякина // Теория и технология металлургического производства. – 2021. – №2(37). – С. 38–46.

3. Obtaining laminated aluminum composites with a gradient structure based on asymmetric deformation / O. Biryukova, A. Pesin, D. Pustovoitov, A. Kozhemiakina, L. Nosov // Metal. – 2021. – PP. 496 – 501.

4. Pesin, A. Modeling and comparison of strain behavior during symmetric and asymmetric accumulative roll bonding of aluminum sheets / A. Pesin, D. Pustovoitov, O. Biryukova // Metal – 2018. – pp. 444 – 449.

5. Патент РФ № 2762696 МПК В32В 7/02. Способ получения слоистого проката. Авторы: Песин А.М., Белов А.Я., Пастернак Е., Белов В.К., Пустовойтов Д.О., Локотунина Н.М., Бирюкова О.Д., Кожемякина А.Е. // Заявка: 2021101410, 22.01.2021. Опубликовано: 22.12.2021.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы (все отзывы положительные):

1. Черкасов К.Е., к.т.н., АО «Выксунский металлургический завод», г. Выкса:
1. Стр.12 «Отношение скоростей валков $V_1/V_2 = 5$ характеризуется плавлением листового слоистого алюминиевого композита в очаге деформации...были исключены из дальнейших исследований» - при какой толщине сплава/листа?
2. При большей толщине полос возможно использование рассогласования скоростей валков $V_1/V_2 = 5$ и более?

2. Синицкий О.В., к.т.н., ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат», г. Магнитогорск: 1. Отсутствует или не приведена информация о результатах исследования прочности сцепления слоёв получаемого композита, также отсутствует информация о влиянии параметров ААП и исходных заготовок (например, параметров микротопографии поверхности) на прочность сцепления слоёв. 2. Отсутствует или не приведена информация о влиянии параметров ААП на качество поверхности алюминиевых композитов. 3. Отсутствует или не приведена информация о результатах исследования микроструктуры образцов, полученных с помощью ААП. 4. Математическое моделирование ААП осуществлялось с учетом предварительного нагрева образцов до температуры в 250°C , физического – до 380°C . Чем была обусловлена разница температур? 5. В качестве критерия повышения уровня прочностных свойств рекомендуется указать не достигнутый уровень предела прочности, а его изменение (увеличение) либо привести базисное значение показателя прочности материала в исходном состоянии. 6. Приведенные абсолютные значения изменения усилия прокатки и обжатия будут более информативны при указании размеров исходных заготовок, либо перевести усилие прокатки в погонное давление металла на валки. 7. В литературе для оценки уровня запаса пластичности наиболее часто применяется показатель отношения σ_t / σ_b (всегда меньше 1). В тексте автореферата приведено другое отношение σ_b / σ_t .

3. Холодный А.А., к.т.н., ГНЦ ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина», г. Москва:
1. В автореферате не указано на каких российских предприятиях может быть внедрена или уже применяется технология асимметричной прокатки. 2. Требуется

уточнения величина рабочей длины образца при определении «относительного удлинения», а также способ его определения (автоматически или вручную).

4. Павлов А.А., д.т.н., ГНЦ ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина», г. Москва: 1. Из текста автореферата не ясно, от каких параметров зависит уровень разогрева композита в очаге деформации? Есть ли зависимость от ширины обрабатываемой полосы? 2. Стр.6 автореферата «Возможности увеличения технологической пластичности с 42% до 77,5%» – по какой характеристике проводился расчет технологической пластичности?

5. Зайдес С.А., д.т.н., ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет», г. Иркутск: 1. Процесс асимметричной прокатки приводит к значительной неравномерности деформаций, что является причиной формирования значительных остаточных напряжений. Однако сведения об этом в автореферате отсутствуют. 2. В автореферате не представлена информация о контроле качества соединения листов, как и чем контролируют листовые неразъемные соединения?

6. Разинкин А.В., к.т.н., ОАО «Каменск-Уральский металлургический завод», г. Каменск-Уральский: 1. Согласно имеющейся в автореферате информации, асимметричная прокатка характеризуется уменьшением образования дефектов, все образцы показали хорошую свариваемость. Каких дефектов? Каким образом связаны между собой дефекты, образующиеся в процессе асимметричной прокатки и свариваемость? Какими методами подтверждается уменьшение количества дефектов при асимметричной прокатке? 2. Отсутствие доказательной базы с точки зрения металлографических исследований.

7. Фастыковский А.Р., д.т.н., ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк: 1. Из автореферата не ясно, чем вызвано использование двух пакетов программ конечно-элементного моделирования DEFORM-3D и QFORM-3D. 2. Использование разного соотношения скоростей $V1/V2=2,5...4$ будет существенно сказываться на температурном режиме в очаге деформации и, соответственно на энергосиловые

параметры, структуру и свойства готовой продукции. Однако согласно автореферату этот важный вопрос в диссертации не рассмотрен.

8. Колесников А.Г., д.т.н., ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (НИУ)», г. Москва: 1. Целью работы, по нашему мнению, является повышение механических и эксплуатационных свойств листовых слоистых алюминиевых композитов, а создание больших сдвиговых деформаций – средство для достижения цели. 2. Нет сведений о количестве слоев в полосе. На рис.1 представлено 4 слоя, а на рис.6 – 2 слоя. 3. Нет данных об исследовании реологии сопротивления деформации в условиях прокатки как по слоям, составляющим композицию, так и по композиции в целом. 4. Нет данных об исследовании межслойной прочности на раздир, на срез, на гиб-перегиб и т.п.

9. Сидельников С.Б., д.т.н., ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск: 1. Непонятно, чем объясняется разный характер изменения зависимостей, приведенных на рис.3 автореферата, для различных алюминиевых сплавов в области диапазона изменения угла сдвига 60-80 градусов. 2. Не совсем ясен физический механизм повышения и прочностных и пластических свойств проката при использовании принятой схемы асимметричной прокатки. 3. Имеются неточности в терминах: усилие прокатки (по стандарту – сила прокатки); временное сопротивление разрыву (по стандарту временное сопротивление) и др.

10. Панин Е.А., доктор PhD, НАО «Карагандинский индустриальный университет», г. Темиртау: не совсем понятен смысл разделения МКЭ-исследований по двум программам («с учетом/без учета влияния температуры»). Была ли в этом необходимость, если изменение температуры как базового параметра, может рассчитывать любая из использованных программ?

11. Минько Д.В., д.т.н., Белорусский национальный технический университет, г. Минск: 1. Отсутствует информация о ширине прокатываемых листов и равномерности распределения механических свойств листового

слоистого алюминиевого композита в поперечном направлении. 2. Не обоснована температура 380°C предварительного нагрева заготовок перед прокаткой.

12. Космацкий Я.И., д.т.н., Звонарев Д.Ю., к.т.н., АО «РусНИТИ», г. Челябинск: 1. Во второй главе автором разработана компьютерная модель в двух программных комплексах – DEFORM и QForm, однако исходя из описания следует, что компьютерная модель разработанная в QForm учитывает больше физических параметров (в том числе влияние температуры) в связи с чем возникает вопрос о целесообразности использования модели DEFORM в рамках диссертационного исследования. 2. В четвертой главе автор приводит утверждение, что сплав серии 1xxx практически не подвергается водородной коррозии при взаимодействии с водородом. Целесообразно привести фактические значения скорости коррозии для рассматриваемых сплавов. 3. В четвертой главе автор предлагает различные технологические схемы получения алюминиевых листовых слоистых композитов. Следует отметить, что при разработке технологических схем производства алюминиевых листовых слоистых композитов 5xxx/1xxx не рассматривается вариант чередования слоев 5xxx/1xxx/5xxx/1xxx, тогда как при разработке технологической схемы производства алюминиевых листовых слоистых композитов 5xxx/2xxx такое сочетание рассматривается. Следует отразить с чем связан выбор различных сочетаний слоев.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их известными систематическими исследованиями и научными работами, опубликованными в высокорейтинговых рецензируемых журналах по проблемам диссертационного исследования в области теории и практики производства листового проката, в том числе способом асимметричной обработки длинномерной продукции, температурно-деформационных условий при обработке алюминиевых сплавов, математического и физического моделирования процессов интенсивной пластической деформации для повышения комплекса механических свойств.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана научная концепция определения сочетания таких суммарных эквивалентных деформаций и углов сдвига при асимметричной аккумулярующей прокатке листовых слоистых алюминиевых композитов 5083/1070 и 5083/2024, при которых становится возможным одновременное повышение их прочности и технологической пластичности;

предложен подход к поиску зависимостей внедрения слоёв друг в друга в листовых слоистых алюминиевых композитах 5083/2024 и 5083/1070 по длине очага деформации;

доказано, что выбор технологических параметров процесса (количества циклов – 2; отношений скоростей рабочих валков 1,25 – 4,0 для листового слоистого алюминиевого композита 5083/1070 и 1,7 – 4,0 для листового слоистого алюминиевого композита 5083/2024; относительных обжатий 50% – 67% до конечных толщин 0,7 – 1,5 мм) обеспечивает сочетания таких суммарных эквивалентных деформаций и углов сдвига при асимметричной аккумулярующей прокатке, которые гарантируют получение высоких значений предела прочности и относительного удлинения, а также максимальных единичных относительных обжатий при минимальных усилиях прокатки;

введен научно-обоснованный диапазон отношений скоростей рабочих валков ($V_1/V_2 = 2,5 \dots 4$), в котором обеспечиваются максимальные значения предела прочности ($\sigma_b = 333$ МПа), относительного удлинения ($\delta = 12\%$) и технологической пластичности (ϵ возрастает с 47% до 75%) при одновременном прямолинейном движении металлопроката.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Доказано, что при сочетаниях суммарной эквивалентной деформации ($e > 3$) и угла сдвига ($\varphi > 70^\circ$) сдвиговая деформация за счет асимметричной аккумулярующей прокатки способствует одновременному повышению прочности и технологической пластичности листовых слоистых алюминиевых композитов

5083/1070 и 5083/2024, оцениваемой по показателям максимального единичного относительного обжатия и коэффициента вытяжки;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы** современные методы компьютерного моделирования с применением специализированных программных комплексов DEFORM 2D/3D и QForm, статистический анализ, методы определения предела текучести, предела прочности, относительного удлинения, твёрдости и анализа микроструктуры;

изложены закономерности снижения усилий и повышения относительных обжатий при асимметричной аккумулярующей прокатке листового слоистого алюминиевого композита 5083/2024 при увеличении отношения скоростей рабочих валков от 1 до 4;

раскрыты сложности получения листовых слоистых алюминиевых композитов 5083/2024 и 5083/1070 с применением симметричной прокатки, заключающиеся в невозможности использования за один цикл относительных обжатий более 47%, и показаны пути преодоления указанных сложностей за счёт применения асимметричной аккумулярующей прокатки;

изучено влияние основных технологических параметров процесса (количества циклов – 2; отношений скоростей рабочих валков 1,25 – 4,0 для 5083/1070 и 1,7 – 4,0 для 5083/2024; относительных обжатий 50% – 67% до конечных толщин 0,7 – 1,5 мм) на возможность одновременного гарантированного повышения прочности и технологической пластичности листовых слоистых алюминиевых композитов 5083/2024 и 5083/1070 при отсутствии изгиба переднего конца полосы на выходе из очага деформации;

проведена модернизация существующих компьютерных моделей напряженно-деформированного состояния для определения режимов асимметричной аккумулярующей прокатки листовых слоистых алюминиевых композитов 5083/2024 и 5083/1070;

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и приняты к использованию в ООО «ЧерметИнформСистемы», Институте информационных технологий, дизайна и производства (г. Джабалпур, Индия) и учебном процессе ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И.Носова» технические решения и технологические схемы производства листовых слоистых алюминиевых композитов;

определены пределы и перспективы практического использования компьютерной модели процесса асимметричной аккумулярующей прокатки листовых слоистых алюминиевых композитов, которая позволяет разрабатывать технологию асимметричной аккумулярующей прокатки, обеспечивающую достижение больших сдвиговых деформаций при значении эквивалентной деформации $\epsilon > 3$ и угла сдвига $\phi > 70^\circ$ с учетом влияния температуры обработки;

создана система практических рекомендаций, направленных, на достижение наибольшей степени деформации листовых слоистых алюминиевых композитов 5083/2024 и 5083/1070 путем асимметричной аккумулярующей прокатки при максимально возможном значении отношения скоростей рабочих валков $V_1/V_2 = 4$ и при отсутствии изгиба переднего конца полосы на выходе из очага деформации;

представлен комплекс технологических режимов, технических решений и технологий по обеспечению процессов производства листовых слоистых алюминиевых композитов 5083/2024 и 5083/1070 на лабораторно-промышленном стане 400 асимметричной прокатки для освоения в условиях указанного стана опытно-промышленного производства перечисленных листовых слоистых алюминиевых композитов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

эксперименты проведены с использованием современных высокоточных измерительных приборов для определения микроструктуры металла, его механических свойств и технологических параметров асимметричной аккумулярующей прокатки в условиях научно-исследовательской лаборатории Механики градиентных наноматериалов им. А.П. Жилиева, центра коллективного пользования научно-исследовательского института Наносталей ФГБОУ ВО

«МГТУ им. Г.И.Носова» и ФГБУН «Институт физики металлов имени М.Н. Михеева» Уральского отделения Российской академии наук;

теория диссертационного исследования построена на базе накопленных проверенных знаний в области теории пластичности для описания деформированного состояния металла, теории обработки металлов давлением для расчетов параметров асимметричной аккумулярующей прокатки; теории совместной пластической деформации разнородных металлов, теории асимметричного деформирования металлов и сплавов;

идея базируется на анализе теоретического и практического опыта производства листовых слоистых алюминиевых композитов, анализе требований к подобной продукции с учётом условий ее эксплуатации и возможностей оборудования для ее производства, что не противоречит опубликованным результатам, представленным в независимых источниках;

использованы сравнения полученных автором результатов осуществления асимметричной аккумулярующей прокатки листовых слоистых алюминиевых композитов с данными, полученными ранее в ходе анализа литературных источников и компьютерного моделирования;

установлен высокий уровень сходимости теоретических и практических результатов, полученных автором в результате компьютерного моделирования, с результатами опытных прокаток, а также с данными из независимых литературных источников;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации, лабораторные измерительные системы, высокопроизводительные компьютерные комплексы и современное лицензионное программное обеспечение.

Личный вклад соискателя состоит в постановке цели и задач исследования; в разработке компьютерных моделей асимметричной аккумулярующей прокатки; в анализе и обобщении полученных результатов моделирования; в проведении лабораторных исследований на стане 400 асимметричной прокатки по технологии асимметричной аккумулярующей

прокатки с изучением изменения значений предела прочности, предела текучести, относительного удлинения и микроструктуры опытных образцов; в формулировке основных положений и выводов диссертации.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания. В отзыве ведущей организации:

1. Возможно ли применить, разработанные в работе методы и режимы деформации для других комбинаций алюминиевых сплавов.

2. Недостаточно аргументирована обоснованность назначения обжатия 50% и соотношения скоростей рабочих валков от 1 до 2 для нахождения распределений слоев в рассматриваемых листовых слоистых композитах.

3. Не указано является ли достаточной и необходимой глубина внедрения слоя одного сплава (в частности 5 серии) в получаемом слоистом композите.

4. Не приведена оценка экономической целесообразности замены существующего однослойного алюминиевого материала на слоистые композиты для получения изделий в условиях действующего производства.

5. Прогнозировалось влияние масштабного фактора на конечные результаты при прокатке слоистых композитов на промышленных станах, отличающихся параметрами от лабораторного оборудования?

В отзыве официального оппонента И.П. Мазура:

1. Изучался ли автором вопрос о максимальных ширинах востребованных композиций и станах, которые смогут реализовать предлагаемые решения по асимметричной аккумулялирующей прокатке таких размеров?

2. Значение пластичности для листового слоистого алюминиевого композита 5083/2024, полученной после обработки по предлагаемым режимам составляет 12%. Достаточно ли такого уровня пластичности для проведения дальнейших операций (штамповки) получения деталей кузова автомобиля?

3. Из работы не совсем понятно, какой температурный интервал для исследуемых композиций относится к тёплой аккумулялирующей прокатке, и каким образом выполнялось измерение температуры заготовок перед прокаткой.

4. Для листовых слоистых алюминиевых композитов 5083/1070 и 5083/2024 при отношении скоростей валков равному 5 выявлено плавления материалов (глава 3 диссертации). Хотелось бы знать мнение автора о причине этого явления.

5. В качестве замечания по оформлению следует отметить нарушение очередность расположения формул 2.1 – 2.4 (стр. 43 и 45 диссертации).

В отзыве официального оппонента Ю.В. Гамина:

1. Актуальность работы и её цель сформулированы в общих выражениях относительно желая повысить механические и эксплуатационные свойства листовых слоистых алюминиевых композитов. При этом 4 из 5 выводов касаются собственно процесса асимметричной аккумулярующей прокатки, а не свойств получаемого листового проката.

2. В работе недостаточно освещен вопрос о возможностях дальнейшей обработки высокопрочного листового композита, а также его утилизации в конце жизненного цикла.

3. В разделе методики проведения компьютерного моделирования нет описания функции «склеивания» в DEFORM.

4. На рис. 2.2, где представлена КЭМ перед процессом моделирования асимметричной прокатки в QForm видно, что верхний слой композита из сплава 5083 имеет незначительную пластическую деформацию. Чем это можно объяснить, учитывая, что процесс деформации еще не начался?

5. На рис. 2.4 и 2.5 представлены зависимости эквивалентной деформации от отношения скоростей валков для композитов 5083/2024 и 5083/1070, но не представлены для композитов 6061/2024 и 6061/1070.

6. В работе не представлены данные о том, как сказывается большая асимметрия скоростей на уровне скольжения металла относительно валков, динамических нагрузках на оборудование, износе валков, качестве поверхности и точности проката.

7. Чем возможно объяснить локальное увеличение эквивалентной деформации в области 0,6 на рис. 2.13 и 2.14 для слоя 1070?

8. В п.3.3 не проведена оценка адекватности компьютерных моделей по коэффициенту трения, хотя выше отмечалось, что коэффициент трения является одним из основных факторов, влияющим на получение качественной продукции с повышенным уровнем свойств.

9. На рис. 3.17(б) размерная плашка имеет странное значение 35,7 мкм. Логичнее было бы сделать снимок с размерностью плашки 30 мкм, как на рис. 3.17(а).

10. Описание пробоподготовки на стр. 89 целесообразнее было бы поместить в раздел методики проведения эксперимента.

11. Для данных о механических свойствах композитов (например, в табл. 4.1 и 4.2) не указаны доверительные интервалы измеренных значений.

12. В работе имеются стилистические и синтаксические опечатки.

От членов диссертационного совета:

1. Есть ли разница в степенях деформации по слоям при обработке слоистого материала? При поворотах в горизонтальной плоскости что-то меняется?

2. У Вас в автореферате написано, что прокатка осуществлялась с обжатием 65 – 80% за один проход с применением термообработки. Какая будет применяться термообработка? Какой режим будет использоваться? Это нагрев или охлаждение?

3. Какую цель за собой будет нести процесс заключительного отжига листовых слоистых алюминиевых композитов?

4. Оценивалась ли прочность сцепления слоев?

5. Какой вид водорода планируется эксплуатировать в топливных баках ракет? Комбинированный или сжиженный?

6. Возможно ли подвергнуть изделие из листового слоистого алюминиевого композита сварке? Каким образом будет проходить сварка?

7. По первому положению научной новизны Вы показываете влияние параметров прокатки на одновременное повышение прочностных и пластических характеристик. Объясните механизм одновременного повышения этих разнородных свойств.

8. На некоторых слайдах у Вас показано влияние параметров прокатки на такой показатель как отношение σ_b к σ_t , почему Вы ввели этот показатель и на что он влияет?

9. Алюминиевый композит обозначается цифрами, например, в пункте I научной новизны. Что эти цифры обозначают?

10. По II пункту научной новизны: при отношении скоростей рабочих валков $V_1/V_2 = 2,5 \dots 4$, обеспечивается максимальное относительное удлинение 12%. Это относится к определенному соотношению или ко всему интервалу соотношений?

11. Исходя из каких принципов выбирались числовые значения начальных и граничных условий при моделировании и при проведении эксперимента?

12. В работе приведены данные по разрушению образцов при симметричной и асимметричной прокатке. Причем видна существенная разница между этими процессами. При асимметричной прокатке даже при 95% образец не разрушается. Какова физика этого процесса?

13. Возможно ли по представленному методу соединять разнородные материалы? Например, медь и алюминий?

14. Можно ли ориентироваться на производство не только листового проката, но сортового таким способом?

Соискатель Бирюкова О.Д. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию.

Так как слои композита имеют разные свойства, они будут деформироваться по-разному, и значение эквивалентной деформации будет варьироваться в зависимости от химического состава композитов, от отношения скоростей валков и иных параметров прокатки. Кроме того, если материал кантовать на 90 градусов, свойства также будут отличаться, например, прочность возрастет на 5-10%. При проведении заключительной термообработки для повышения относительного удлинения возможно использовать низкотемпературный отжиг, в диапазоне температур 200 – 240 градусов в течение не более 10 минут. Прочность сцепления слоев не оценивалась, так как в исследовании не стояло такой задачи.

При оценке применимости листовых слоистых алюминиевых композитов было выявлено, что одной из тенденций на сегодняшний день является использование сжиженного водородного топлива. Сварка алюминия будет осуществляться в защитной атмосфере инертных газов. При прокатке в очаге деформации происходит нагрев, который позволяет повысить пластические свойства и одновременно действуют большие сдвиговые деформации, которые позволяют увеличить прочность. По показателю отношения σ_v к σ_t возможно определить свойство «штампуемость», то насколько хорошо материал будет подвергаться штамповке. Данное исследование было проведено только на листовом слоистом алюминиевом композите 5083/2024, который предлагается применять для автомобильной отрасли, для которой штамповка очень важна. В этом случае важно показать какое существует рациональное отношение скоростей валков при котором возможно получить наибольшую разницу между σ_v и σ_t , что позволит получить удовлетворительные свойства «штампуемости». 5083 – это марка алюминиевого сплава, которая соответствует 5xxx серии. Ближайший аналог данного сплава – это российский сплав АМг5. 1070 – это сплав 1xxx серии, практический чистый алюминий, без примесей.

Значение относительного удлинения 12% обеспечивается при наиболее рациональном отношении скоростей валков, которое составляет 3,3. Было показано, что это наиболее высокое значение относительного удлинения, которое было получено среди всех экспериментов. Минимальное значение относительного удлинения, которое было получено в приемлемом диапазоне отношений скоростей валков 2,5 – 4 составило 10,5%. При постановке задачи для компьютерного моделирования использовались литературные данные – зарубежные и российские источники. По опыту других авторов были выбраны наиболее приемлемые начальные и граничные условия, кроме того, учитывались технические параметры стана 400 асимметричной прокатки. Перед физическим моделированием оценивались результаты компьютерного моделирования с корректировкой параметров при учете внешних условий лаборатории.

Повышение технологической пластичности по показателям максимального единичного относительного обжатия и коэффициента вытяжки происходит за счет влияния двух факторов: это повышение температуры в очаге деформации и влияние больших значений сдвиговой деформации, однако это отдельные исследования, не вошедшие в круг задач по представленной диссертации. Была оценена микроструктура композита, из которой видно появление градиентной структуры: в разных сплавах образуются зёрна разной величины, например, в сплаве 2024 размер зерна в среднем составляет 1 мкм, а в сплаве 5083 – около 5 мкм в листовом слоистом алюминиевом композите 5083/2024. По представленной методике возможно соединять разнородные металлы и сплавы. В лаборатории механики градиентных наноматериалов уже проводились эксперименты по соединению алюминия и стали, алюминия и меди. Однако необходимо учитывать, что технологические режимы для данных соединений будут значительно отличаться. Также возможно ориентироваться и на производство сортового проката в том числе.

На заседании 18.10.2022 г. диссертационный совет принял решение за выполненные автором исследования по совершенствованию процесса асимметричной аккумулярующей прокатки, на основе которых разработаны и изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, направленные на создание больших сдвиговых деформаций при асимметричной аккумулярующей прокатке, обеспечивающих получение уникальной продукции – листовых слоистых алюминиевых композитов 5083/2024 (для производства габаритных частей кузова автомобиля) и 5083/1070 (для производства топливных баков ракет с водородом в качестве горючего) с улучшенными механическими свойствами, и имеющие существенное значения для развития экономики страны, присудить Бирюковой Олесе Дмитриевне ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов наук по специальности 2.6.4. Обработка металлов давлением, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета,

дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали за: 16,
против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель
диссертационного совета



Валерий Михайлович Колокольцев

Ученый секретарь
диссертационного совета

Игорь Юрьевич Мезин

18.10.2022 г.