

ОТЗЫВ

официального оппонента Лехова Олега Степановича на диссертацию Головнина Максима Александровича «Влияние режимов горячей прокатки алюминиевых сплавов на механические свойства полученного продукта», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением

Актуальность темы диссертационного исследования

Изделия из алюминиевых сплавов, за счёт их низкой плотности и высокой удельной прочности, нашли широкое применение большей частью при производстве продукции для транспортного и авиационного назначения. Использование листовых полуфабрикатов из алюминиевых сплавов в элементах конструкций летательной и транспортной техники, позволяют добиться снижения веса последних, и, соответственно, снижения энергопотребления. Листовые полуфабрикаты из алюминиевых сплавов изготавливаются, в основном, методом плоской прокатки, что приводит к необходимости изучения механизмов формирования механических свойств готового изделия. По сравнению с другими низкоскоростными процессами обработки металлов давлением (прессование), прокатка связана с большей цикличностью обработки, что при наличии этапов нагружения и пауз приводит к большей вариантности процесса. Особенной вариантностью процесса отличается горячая реверсивная прокатка, где продолжительность нагружения и продолжительность междеформационных пауз, зачастую зависят от скорости срабатывания вспомогательных механизмов прокатного стана. Это приводит к тому, что свойства конечного продукта зачастую начинают зависеть от случайностей производственного процесса. В связи с вышесказанным, тему диссертационного исследования М.А. Головнина, направленного на описание влияния режимов горячей прокатки алюминиевых сплавов на механические свойства полученного продукта, **следует считать актуальной.** Актуальность темы диссертационного исследования также **подтверждается** его выполнением в соответствии с

государственными планами и программами, указанными в диссертации и автореферате.

Анализ содержания диссертации

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и одного приложения, изложенных на 171 странице, содержит 84 рисунка и 25 таблиц; список литературы включает 135 наименований, 1 приложения.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации и дана общая характеристика работы.

В первой главе представлен литературно-аналитический обзор по теме диссертации. Диссертантом представлено подробное описание механизмов формирования механических характеристик, а также анизотропию свойств в процессе горячей прокатки алюминиевых сплавов. Особое внимание уделено описанию эффекта структурного упрочнения алюминиевых сплавов, представлено влияние температурно-скоростных условий деформации на кинетику рекристаллизации. При этом диссертантом сделан правильный вывод об оторванности исследований механических свойств алюминиевых сплавов от реальных параметров обработки: наличие междеформационных пауз, касающихся реверсивной прокатки, иных диапазонов скоростей деформации, а также наличия устройств локального охлаждения валков и проката. Диссертантом предложено производить оценку влияния режимов горячей прокатки на формирования механических характеристик, используя мониторинговые устройства, непосредственно вмонтированные в состав прокатного агрегата. На основании выполненного литературно-аналитического обзора сформулированы цель и задачи диссертационного исследования.

Во второй главе выполнен анализ нагрузочных диаграмм при горячей прокатке плит из алюминиевых сплавов на стане кварто-2840 «UNITED», позволяющий производить оценку прохождения процессов динамической и статической рекристаллизации. Диссертантом определены величины

статического момента прокатки, позволяющие наиболее точно производить расчёты сопротивления деформации по проходам прокатки. Сделан вывод о том, что при уменьшении темпа горячей прокатки сплава 6061 происходит повышение временного сопротивления на 9%, условного предела текучести на 2% при незначительном снижении относительного удлинения. Диссертантом предложена методика, на основе булевой алгебры, позволяющая облегчить алгоритмизацию расчётов сопротивления деформации, а также определения энергосиловых параметров горячей прокатки.

В третьей главе представлена оригинальная методика определения скоростного упрочнения алюминиевых сплавов в процессе горячей прокатки. Так, предлагается рассчитывать сопротивление деформации с помощью мониторинговой системы прокатного стана, измеряя усилие и далее, производя обратный расчет сопротивления деформации, используя формулы из теории прокатки. Диссертантом получены конкретные уравнения регрессии, описывающие скоростное упрочнение сплава 6061 и 7475, с коэффициентом корреляции не ниже 0,95 в отдельных проходах. Используя мониторинговую систему прокатного стана, произведён расчёт сопротивления деформации при прокатке толстых плит из сплава 6061 для каждого прохода с сопоставлением со справочными данными. На основании проведённого диссертантом промышленного эксперимента при прокатке одинаковых плит с различной скоростью деформации выявлено, что снижение скорости прокатки приводит к увеличению прочности проката в горячекатаном состоянии, при этом позволяет добиться отсутствия разноструктурности по толщине изделия, по сравнению с горячей прокаткой при обычных скоростях, с постоянными разгоном и торможением. Диссертантом произведён анализ анизотропии механических свойств от угла вырезки образцов из сплавов 6061 и 7475, горячая прокатка которых производилась по двум различным скоростным режимам. Так, при обычном, так и при замедленном режимах прокатки, временное сопротивление имеет

наименьшее значение при угле вырезки образцов 45° от направления прокатки, при этом значения временного сопротивления вдоль направления прокатки и поперёк направления прокатки практически идентичны. После проведения закалки и искусственного старения, помимо общего возрастания значений временного сопротивления, происходит существенное увеличение разницы между временным сопротивлением у вырезанных образцов вдоль направления прокатки от образцов поперечного и под углом 45° к направлению прокатки. На основе результатов статистического анализа механических свойств листов и плит из сплавов АК4-1ч и 2024, помимо высокой неравномерности механических свойств по толщине изделия, диссертантом выявлена зависимость временного сопротивления и условного предела текучести от отношения длины очага деформации к средней толщине плиты.

В четвертой главе диссертантом выработаны практические рекомендации по совершенствованию технологии горячей прокатки плит из сплава 6061. Диссертантом предложено назначить режим обжатий при горячей прокатке таким образом, чтобы максимально сократить количество проходов, имеющих показатель фактора формы очага деформации $l/h_{\text{ср}} \geq 2,0$, тем самым снизить коэффициент напряжённого состояния n_σ , что в конечном итоге приведет к уменьшению энергозатрат на этапе горячей прокатки. Стоит отметить, что не изменяя общего количество проходов при горячей прокатке, а меняя лишь абсолютное обжатие Δh за проход, удалось снизить суммарные энергозатраты на производство плиты из сплава 6061 на 6,6 %, при всем при этом искусственно снижая скорость прокатки (и, тем самым, снижая скорость деформации), позволило добиться снижения разноструктурности по толщине плиты. Снижение разноструктурности по толщине плиты позволяет достичь минимальной неравномерности свойств по толщине готового изделия. Однако, предложенная схема обжатий увеличивает время прокатки плиты данного типоразмера на 35 %, при этом данный момент полностью нивелируется повышением качества готовой

продукции. Разработанные диссертантом рекомендации и технологические режимы прокатки плит из алюминиевых сплавов приняты к использованию на предприятии, на котором выполнялась экспериментальная часть исследования. Научные положения, на основе которых они разработаны, несомненно, окажутся полезны другим предприятиям, производящим продукцию из алюминиевых сплавов методом плоской прокатки.

В заключении обобщаются основные результаты и формулируются выводы выполненного диссертационного исследования.

В приложении приведён акт использования результатов научной работы на предприятии.

Оценивая содержание диссертации в целом, следует отметить логически правильную последовательность изложения материала, в полной мере раскрывающего основные этапы большой научно-исследовательской работы.

Новизна и значимость научных и практических результатов диссертации

К основным результатам диссертационного исследования М.А. Головнина, обладающим научной новизной относятся:

- методика, использующая применение мониторинговых устройств, непосредственно вмонтированных в состав прокатного агрегата, позволяющая производить оценку сопротивления деформации в каждом проходе прокатки;

- методика на основе булевой алгебры, позволяющая облегчить алгоритмизацию расчетов сопротивления деформации и соответствующих расчетов энергосиловых параметров горячей прокатки для последующей оценки полноты прохождения процессов динамической и статической рекристаллизации;

- выявлено влияние темпа горячей прокатки алюминиевых сплавов на формирование механических свойств непосредственно после горячей прокатки.

- получены конкретные уравнения регрессии, описывающие скоростное упрочнение сплавов 6061 и 7075, коррелируемые со справочными данными.

Практическую значимость диссертации М.А. Головнина представляют рекомендации по совершенствованию режимов горячей плоской прокатки алюминиевых сплавов, рационализированных с позиции снижения неравномерности свойств по толщине изделия и уменьшения удельных энергозатрат при горячей прокатке (акт использования результатов научной работы в Приложении диссертации)

Достоверность результатов диссертации

Научные и практические результаты диссертации М.А. Головнина **обоснованы:**

- выполнением экспериментальных исследований в условиях действующего производства;
- статистическим анализом полученных данных о механических свойствах готового изделия;
- применением современных вычислительных методов;
- показанной и научно-обоснованной сходимостью экспериментально и теоретических полученных результатов.

Это даёт полное основание считать их **достоверными**.

Оформление диссертации. Публикации по работе

Диссертация написана грамотным техническим языком с использованием общепринятых терминов исследуемых предметных областей, аккуратно и правильно оформлена в соответствии с требованиями ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание учёных степеней (ГОСТ Р 7.0.11 – 2011).

Материал диссертации достаточно полно опубликован в 12 печатных изданиях, из них 7 статей в рецензируемых научных журналах, определённых ВАК. Две статьи проиндексированы международными базами Scopus и Web of Science.

Основные результаты диссертации доложены и обсуждены на 5-ти научно-практических и научно-технических конференциях международного уровня.

Автореферат также соответствует установленным требованиям и отражает основное содержание диссертации.

Критические замечания

1. Целью диссертационной работы является оценка влияния режимов горячей прокатки алюминиевых сплавов на механические свойства полученного продукта. Но при этом не рассматривается структура металла, которая существенным образом определяет механические свойства и качества проката из алюминиевых сплавов.

2. В работе совершенно правильно отмечается, что при горячей прокатке крупных слябов из алюминиевых сплавов напряженно-деформированное состояние металла отличается неоднородной картиной распределения скоростей и деформаций и невозможностью качественной проработки литой структуры металла, что сопровождается возникновением растягивающих напряжений в осевой зоне толстолиствого проката, которые могут привести к разрыхлению структуры металла и тем самым снижению качества проката, но при этом в диссертации не предложены технологические рекомендации для повышения качества проката из алюминиевых сплавов. Для этой цели необходимо было поставить и решить упругопластическую задачу с использованием программного комплекса ANSYS, что позволило бы установить закономерности распределения деформаций и осевых напряжений в очаге деформации, определить зоны растягивающих напряжений, оценить проработку литой структуры металла и

разработать рекомендации для улучшения качества проката из алюминиевых сплавов.

3. В работе отсутствует описание технологического процесса подготовки литых слябов из алюминиевых сплавов для последующей прокатки (гомогенизация, фрезерование граней слитка и т.д.), не приведены данные по исходной структуре металла литого сляба и не описаны дефекты литейной природы. Известно, что качество литой заготовки существенным образом определяет качество готового проката, поскольку не все дефекты литейной природы могут быть устранены при горячей прокатке.

4. Желательно в диссертации дать оценку технологического процесса производства листовой металлопродукции из алюминиевых сплавов, поскольку он энерго- и ресурсозатратный (литье крупных слябов толщиной 400-600 мм, гомогенизационный отжиг, фрезерование граней, нагрев перед горячей прокаткой, прокатка слябов с плакирующими листами из алюминия и т.д.). Сделать анализ разработок в России и за рубежом, направленных на снижение энергозатрат и улучшения качества продукта из сплавов алюминия. Например в черной металлургии разработаны энерго- и ресурсосберегающие технологии: литьё и прокатка тонких слябов, совмещенные процессы непрерывного литья и деформации.

Заключение

Сделанные замечания не снижают общей **положительной оценки** рассмотренной диссертационной работы, ценности ее научных и практических результатов, а также степени их достоверности. Диссертация, выполненная М.А. Головниным, представляет собой **самостоятельную и законченную научно-квалифицированную работу**, выполненную на актуальную тему. В диссертации поставлены и решены практически важные для любого производства задачи, связанные с повышением качества продукции и снижением материально-энергетических затрат на

осуществление процесса. Диссертационная работа Головнина Максима Александровича «Влияние режимов горячей прокатки алюминиевых сплавов на механические свойства полученного продукта» соответствует требованиям п.9 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842.

Автор диссертации Головнин Максим Александрович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением.

Официальный оппонент,
доктор технических наук,
профессор,
профессор кафедры инжиниринга
и профессионального обучения
в машиностроении и металлургии,
ФГАОУ ВО «РГППУ»

Олег Степанович Лехов

Дата: 20.11.2018 г.

Подпись Олега Степановича Лехова заверяю:
Ученый секретарь Ученого совета
ФГАОУ ВО «РГППУ»

М.М. Кириллова



Российская Федерация, 620012, г. Екатеринбург, ул. Машиностроителей, 11,
8(343)338-44-47, MXLehov38@yandex.ru, Федеральное государственное
автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский
государственный профессионально-педагогический университет»