Отзыв официального оппонента

на диссертационную работу Самчука Антона Павловича «Разработка технологии получения и исследование реологических свойств деформированных полуфабрикатов из сплавов систем Al-Mg и Al-Fe с применением методов совмещенной обработки», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением

1. АКТУАЛЬНОСТЬ

Процессы совмещенной обработки с применением операций прокатки, прессования и непрерывного литья активно развиваются и находят широкое применение в производстве полуфабрикатов и продукции из алюминия и его сплавов. Это связано с развитием современного оборудования и проводимыми комплексными научно-технологическими исследованиями, направленными на совершенствование технологичности таких процессов. Особую сложность представляет разработка непрерывных процессов получения качественной продукции из трудно деформируемых алюминиевых сплавов серий 4XXX, 5XXX, 8XXX и др., которые, как правило, имеют узкий температурно-скоростной диапазон обработки и повышенные энергосиловые параметры, что может приводить к появлению температурных трещин или поломке оборудования и инструмента. В этой связи в работе проведен широкий спектр исследований направленный на создание технологии получения полуфабрикатов высокого качества из сплава систем Al-Mg и Al-Fe. Причем, в рамках этой работы использована отечественная перспективная схема СЛИПП и промышленное оборудование на её базе, используемое на Иркутском алюминиевом заводе. Также научно-практический интерес представляет анализ реологических свойств таких сплавов в достаточно широком диапазоне изменения температурно-скоростных условий и при высоких степенях деформации. К тому же исследования проводились в рамках Постановления Правительства РФ №218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства» в соответствии с договором Министерства образования и науки России №13.G25.31.0083 по созданию высокотехнологичного производства по теме «Разработка технологии получения алюминиевых сплавов с редкоземельными, переходными металлами и высокоэффективного оборудования для производства электротехнической катанки» и хозяйственных договоров ООО «РУСАЛ ИТЦ». На основании вышесказанного тема представленного диссертационного исследования Самчуком Антоном Павловичем, несомненно, актуальна.

2. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, содержащего 105 источников, и трех приложений. Основной материал изложен на 110 страницах, включая 24 таблицы и 47 рисунков.

Во введении диссертации показана и обоснована актуальность работы, поставлена цель и сформулированы задачи, отражены новизна и практическая значимость полученных результатов, сформулированы положения, выносимые на защиту.

В первой главе приведен анализ требований, предъявляемых к длинномерным деформированным полуфабрикатам из алюминиевых сплавов систем Al-Mg и Al-Fe и методов их получения. Проведен анализ работ, посвященных исследованиям процессов совмещенной обработки и их моделированию. Описаны методики и оборудование для определения реологических характеристик, при этом предпочтение отдано методу горячего кручения, так как он характеризуется высокими степенями и скоростями деформации. На основании проведенного анализа, сформулированы цель и задачи диссертационного исследования.

Во второй главе изложены результаты изучения реологических свойств и оценки энергосиловых параметров при получении длинномерных деформированных полуфабрикатов из сплавов АМг6, АВ87, 8176.

Представлена методика исследований на кручение и последовательность работы на специально разработанной и запатентованной установке на кручение образцов. Исследованы реологические свойства выбранных сплавов в условиях горячего кручения при различных температурно-скоростных параметрах обработки. Результатами данных исследований являются кривые зависимости сопротивления деформации от температуры, степени и скорости деформации, представленные в виде графиков, а также в виде аппроксимированных в программном пакете MathCad уравнений и использованы для расчета энергосиловых характеристик процесса совмещенной прокатки-прессования (СПП). Также дана информация, что полученные реологические характеристики исследуемых алюминиевых сплавов использовались в расчетах при проектировании новых установок совмещенной обработки металлов давлением, а также для разработки технологии производства на таких агрегатах.

В **третьей главе** изложены результаты компьютерного моделирования в программном комплексе Deform-3D процесса совмещенной прокатки-прессования для исследуемых сплавов на установках СПП-200 и СПП-400. Представлены исходные данные и граничные условия для моделирования.

По результатам моделирования получены данные по влиянию заданных технологических параметров на напряженно-деформированное состояние, поврежденность и дефектообразование, на тепловой деформационный эффект

и силовые условия, сделаны выводы. Например, обработка малопластичных алюминиевых сплавов серии АМг6 и АВ87 с небольшими скоростями деформации на установке СПП с разными катающими диаметрами валков приводит к образованию бесконтактной зоны в очаге деформации со стороны валка с выступом. Это вызывает увеличение неравномерности деформации и температуры металла и, как следствие, возможность образования дефектов на поверхности пресс-изделия в виде трещин.

Также показано, что для проектирования технологии получения пресс-изделий на установках СПП необходимо учитывать особенности обрабатываемого сплава для корректировки температурно-скоростного режима работы установки. Так, например, для сплава АМг6 даже при незначительных изменениях скорости деформации температура металла увеличивается до критических значений, что может вызвать появление трещин на поверхности пресс-изделия.

В **четвертой главе** приведены технические и технологические решения, которые обеспечивают расчетную энергосиловую загрузку и стабильный процесс деформации при совмещенной обработке, и результаты натурных экспериментальных исследований структуры и свойств опытных сплавов. Представлены перечень методик, приборов и оборудования для металлографических исследований микроструктуры полученных деформированных полуфабрикатов из всех сплавов и их физико-механических свойств, а также результаты применения этих методик. Проведенный комплекс исследований позволил автору выявить ряд закономерностей, например, влияющих на образование трещин при обработке, на вид структуры и фазовый состав. Показано, что на установке СПП-200 получены опытные партии полуфабрикатов сплава АВ87 различного диаметра, массив экспериментальных данных по их механическим свойствам и энергосиловым параметрам процесса обработки. Проанализирована бесслитковая схема прокатки-прессования (БПП), получены и исследованы образцы. Путем применения методов планирования и обработки эксперимента получена формула для расчета временного сопротивления разрыву металла для опытного сплава, при этом адекватность расчетных и экспериментальных данных была проверена по критерию Фишера.

В **заключении** представлены основные выводы и результаты работы.

В **приложении** представлены акты практического использования представленных исследований.

3. НАУЧНАЯ НОВИЗНА

Работа Самчука Антона Павловича безусловно обладает научной новизной, заключающейся в установлении закономерностей изменения реологических свойств алюминиевых сплавов АМг6, АВ87, 8176 в условиях совмещенной обработки и их формализация в виде аналитических зависимостей в широком диапазоне изменения температурно-скоростных и деформационных параметров, а также в обосновании технологических

параметров и установлении закономерности их изменения для получения длинномерных полуфабрикатов круглого поперечного сечения из исследуемых сплавов требуемого качества и уровня физико-механических свойств с использованием способов совмещенной обработки на базе метода «прокатка-прессование».

4. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ И РЕАЛИЗАЦИЯ РАБОТЫ

Полученные автором результаты имеют практическую значимость по следующим признакам:

1. Проведена модернизация установки для испытаний образцов на кручение с целью расширения её технических возможностей.
2. Получены аналитические формулы реологического поведения исследованных марок алюминиевых сплавов в широком диапазоне температурно-скоростных параметров, которые можно использовать в инженерных расчетах при проектирования технологий деформационной обработки.
3. С использованием промышленного оборудования получены бездефектные образцы катанки из алюминиевого сплава АВ87 по разработанным в рамках диссертационной работы рациональным режимам обработки.
4. По результатам проведенных исследований получено три патента РФ.
5. Результаты исследований внедрены в учебный процесс СФУ и используются для подготовки бакалавров и магистров по направлению «Металлургия» и аспирантов по специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением.

5. АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ И ПУБЛИКАЦИЯ ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Материалы диссертации достаточно полно опробованы на научно-технических конференциях различного уровня и опубликованы в научной печати. Результаты диссертационной работы отражены в 14 печатных трудах, из них 1 статья в издании, входящем в базу цитирования Scopus, 4 статьи из перечня журналов, рекомендуемых ВАК, и в 3 патентах РФ.

6. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертация написана логично, хорошим техническим языком, проиллюстрирована рисунками, графиками, таблицами и картинами виртуальных исследований, позволяющими достаточно объективно оценить полученные автором результаты. При проведение теоретических, виртуальных и практических исследований использовались современные аналитическое, экспериментальное оборудование и приборы, а также программное обеспечение.

Оформление диссертации отвечает требованиям ВАК РФ.

Автореферат диссертации в полной мере отражает её содержание.

Анализ представленных в работе материалов, позволяет сделать вывод о том, что диссертация обоснованно представлена к защите по специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением.

7. ЗАМЕЧАНИЯ

1. Первый пункт научной новизны отражает техническое совершенствование оборудования и получение массива реологических данных и больше отвечает технической значимости проведенной работы.
2. В положениях, выносимых на защиту, отсутствуют научные аспекты представленной работы, что затрудняет оценку научной значимости проведенного исследования.
3. Использование термина «скручивание» относится к ГОСТ 1535-80, направленного на анализ эксплуатационных характеристик круглой и фасонной проволоки, причем при комнатной температуре и с базой не менее 50 диаметров, поэтому не вполне корректно его использование в данной работе. В действительности в работе использован (взят за основу) ГОСТ 3565-80. Металлы. Метод испытания на кручение.
4. В таблице 2.2. (стр. 34) представлены коэффициенты «**а**» для аналитического расчета напряжения течения, так $\mathbf{a_3}$ для сплава АМГ6 (в первом столбце) составляет величину в минус пятой степени (10^{-5}), а для двух других сплавов величины в минус третьей степени (10^{-3}), не является ли это опечаткой?
5. Не ясен смысл обобщающего предложения после таблицы 2.2. (стр. 34), учитывая, что уравнениями состояния или реологическими уравнениями называют уравнения, связывающие тензор напряжений и тензор скоростей деформаций.
6. Недостаточно четко заданы граничные условия при моделировании, не ясно, каким задан инструмент – абсолютно жестким телом, упругим или каким-либо еще?
7. Термин «Энергосиловые параметры» это многофакторное понятие, включающее до 10 параметров, автором же оно используется, преимущественно, для определения «силы» прессования, но в работе вместо термина «сила» используется термин «усилие», который в ГОСТ отсутствует. (например, стр. 37).
8. В работе для одного объекта используется два термина «валок с канавкой» (стр. 59) «валок с ручьём» (стр.61) и не представлен список принятых сокращений.
9. В работе имеются незначительные опечатки, например, на стр.8 в слове «возникновение», а на стр.79 в слове «волокнистые».

Заключение

Несмотря на указанные замечания, диссертация производит положительное впечатление. В целом, считаю, что по объему выполненных исследований, новизне, научной и практической значимости диссертация Самчука А.П. удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением, а также соответствует требованиям пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней. Автор диссертации – Самчук Антон Павлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент Рааб Георгий Иосифович

«30» ноября 2018

Ведущий научный сотрудник
Научно-исследовательского
института Физики перспективных
материалов ФГБОУ ВО
«Уфимский государственный
авиационный технический
университет»,
д.т.н. (05.03.05 – Технологии и
машины обработки давлением)

Я, нижеподписавшийся, Рааб Георгий Иосифович, автор «Отзыва официального оппонента на диссертационную работу Самчука Антона Павловича «Разработка технологии получения и исследование реологических свойств деформированных полуфабрикатов из сплавов систем Al-Mg и Al-Fe с применением методов совмещенной обработки»», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением, даю согласие на обработку персональных данных, указанных в упомянутом «Отзыве…».

Г.И. Рааб

450008, Республика Башкортостан,
г. Уфа, ул. К. Маркса, д. 12,
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный
авиационный технический университет»,
8(347)273-98-77,
giraab@mail.ru

Подпись Рааба Г.И.
Удостоверяю «30» 11 2018 г.
Начальник отдела документационного обеспечения
и архива Тильванова А.А.