

Отзыв официального оппонента

на диссертацию Жукова Александра Сергеевича

по теме «ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ГОРЯЧЕПРЕССОВАННЫХ ТРУБ ИЗ СЛОЖНОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ РАЗРУШЕНИЯ МЕТАЛЛОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДАВЛЕНИЕМ» представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук, специальность: 2.6.4 – Обработка металлов давлением (технические науки)

Одной из важных проблем современного развития процессов обработки материалов давлением является повышение качества массовых видов продукции, к которым относится производство бесшовных высокопрочных стальных труб. При этом новые технологии, должны быть направлены на ускоренное развития и обеспечение конкурентной среды российской трубной отрасли. Учитывая ограниченную пластичность, высокие температуры обработки, необходимость использования специальных смазочных материалов и активное окалинообразование технологии прессования труб представляют интегральную задачу по получению качественной продукции. Причем на качество поверхности трубной продукции и получаемые свойства большое влияние оказывает трибологические условия прессования, наследственные дефекты, а также геометрия инструмента, температурно-скоростные и деформационные параметры обработки на стадиях экспандирования и прессования. Представленная диссертационная работа направлена именно на комплексное решение задачи по повышению качества поверхности труб, полученных горячим прессованием.

В этой связи, диссертация Жукова А.С. представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук и посвященная решению отраслевой проблемы повышения качества массовых видов продукции в виде стальных высокопрочных бесшовных труб, является весьма **актуальной**.

Важным также является тот аспект, что основные её результаты лежат в практической плоскости и востребованы производством.

Несомненна также и научная значимость представленной работы, поскольку в ней получены научные закономерности связывающие условия трения с показателем напряженного состояния и при этом проведены численное моделирование, а также верификационные исследования с привлечением универсального исследовательского комплекса Gleeble 3800.

Структура и объем работы отвечает устоявшимся требованиям к кандидатским диссертациям и включает введение, пять глав с таблицами и выводами, заключения, список использованной литературы и приложения в виде актов промышленного опробования разработанных технологий. Представленные объем и содержание достаточны для оценки значимости результатов и целостности представленной работы. Выводы в целом отражают поставленные задачи.

Во введении концентрированно представлены актуальность и степень разработанности темы исследования, поставлены цель и задачи работы, научная новизна, личный вклад автора, практическая значимость и выносимые на защиту научные положения, степень достоверности и апробация результатов работы.

В первой главе представлен расширенный литературный обзор, которым представлен **анализ** дефектов, образующихся на поверхности труб, полученных горячим прессованием. Приведена классификация дефектов с оценкой морфологических и структурных аспектов проблемы. Представлены причины, определяющие возможное появление дефектов сплошности стенки и поверхности горячепрессованных труб, среди которых физическая природа материала, в частности его структурные особенности

(химический состав, введенные легирующие элементы, пластические свойства, наличие предварительной горячей деформации), которые оказывают определяющее воздействие на параметры процесса прессования. Также проведена оценка технологических факторов определяющих качество поверхности труб при горячем прессовании к которым следует отнести состояние геометрии и поверхности исходной заготовки, режим нагрева заготовок, эффективность удаления окалины, способ нанесения и эксплуатационные характеристики смазки, температурно-скоростные и деформационные условия деформационной обработки. Рассмотрены наиболее известные методики оценки условий разрушения при деформационной обработке, которые можно применить для расчета вероятности появления дефектов в горячепрессованных трубах. Указано, что для оценки вероятности разрушения металла в процессах пластической деформации наибольшее распространение получили методики В.Л. Колмогорова и А.А. Богатова, а также методика Кокрофта-Латама.

По итогам литературного обзора сделаны адекватные выводы, обоснован и выбран программный продукт для численного моделирования и сформированы цель и задачи исследований.

Во второй главе представлен анализ напряженно-деформированного состояния и технологических параметров процесса горячего прессования труб. Методически было использовано компьютерное моделирование в пакете программ QForm, что позволило произвести оценку влияния технологических параметров, таких как коэффициент вытяжки, температура деформации и коэффициент трения на напряженно-деформированное состояние металла в очаге на наружной поверхности прессуемой трубы. Регрессионным анализом получены параметрические уравнения влияния наиболее значимых условий деформирования на изменение показателя жесткости напряженного состояния (σ/T), степени деформации и температуры деформации по длине очага деформации. Отмечена связь трибологических условий и НДС в очаге деформации, при этом показано что увеличение коэффициента трения приводит к росту растягивающих напряжений на выходе из очага деформации и повышению вероятности образования дефектов. Предложен тип уравнения (модель) диаграммы пластичности, позволяющей корректно аппроксимировать экспериментальные данные, для оценки поврежденности. Выполнено компьютерное моделирование и проведен регрессионный анализ качественной и количественной оценки

степени использования ресурса пластичности при прессовании некоторых типоразмеров труб. Оценены критические условия деформирования. Сделаны выводы по главе.

В третьей главе представлены исследования пластических свойств бесшовных труб из специальных сталей и сплавов в условиях горячего прессования. Разработаны методики исследований. Проведены оценки реологических свойств из сталей марок 10X13H3MФБ, 15X13H2, 08X18H10T, 10X17H13M2T с использованием горячего сжатия, растяжения и кручения на универсальном исследовательском комплексе Gleeble 3800. Выявлены технические проблемы проведения экспериментов на осадку, которые следует учитывать при обработке результатов. Построены диаграммы пластичности с использованием опытов на растяжение и кручение, которые охватывают диапазон изменения коэффициента напряженного состояния от 0,0 до 0,58. Разработана модель для аппроксимации диаграммы пластичности сталей, обеспечивающая высокую сходимость результатов экспериментальных исследований пластичности сталей марок 10X13H3MФБ, 15X13H2, 08X18H10T, 10X17H13M2T. Сделаны выводы по главе.

Четвертая глава посвящена разработке технических решений по повышению качества поверхности горячепрессованных труб. Исследования включали определение характеристик процесса прессования на основе расчетных и экспериментальных данных с использованием компьютерного моделирования и верификационных исследований. На базе полученных данных проведены оценки ресурса пластичности и разработаны технические рекомендации для повышения качества поверхности горячепрессованных

труб за счет разработки рациональных режимов обработки, использования более эффективных смазок и улучшенных геометрических параметров формообразующего инструмента. Сделаны выводы по работе.

В пятой главе представлены результаты промышленных испытаний разработанных мероприятий по повышению качества труб. Прессование проводилось с использованием заготовок из наиболее проблемной в производстве и востребованной стали 08Х13Н4М1Ф. В результате внедрения результатов исследования при прессовании труб был обеспечен высокий уровень выхода годного ($\text{ЦП} > 90\%$) и снижение расходного коэффициента металла в 1,25-1,86 раза. Суммарный экономический эффект за 2022-2023 годы от внедрения предложенных технологических решений составил более 11 млн. рублей. Сделаны выводы по главе и работе в целом. В приложении представлен акт внедрения результатов исследований на предприятии ТПЦ-2 АО «ВТЗ».

Следует отметить, что в процессе исследований диссертантом проведен большой объем экспериментальных работ, который может послужить фундаментом для дальнейшего развития разрабатываемого научно-прикладного направления

Личный вклад соискателя при постановке задач проведения исследований не вызывает сомнения, что подтверждается получением новых научных и практических знаний, и достаточным объемом публикаций с его участием. По теме диссертации опубликовано 11 научных работ, в том числе 4 статьи – в реферируемых журналах из перечня ВАК при Минобрнауки РФ, 5– статей в зарубежных журналах, входящих в реферативные базы Scopus и Web of Science. Получен патент РФ на изобретение. Практическая значимость подтверждена, внедрением результатов диссертационной работы на предприятии ТПЦ-2 АО «ВТЗ».

Достоверность полученных результатов диссертационной работы обеспечивается применением стандартных методик испытаний, использованием современного технологического и исследовательского оборудования, также прецизионных методов исследований.

В целом, текст диссертации написан доступным техническим языком.

По тексту автореферата имеется ряд замечаний, требующих пояснений.

1. На стр. 35 представлена «Зависимость увеличения температуры металла от скорости прессования», видимо следовало бы её представить от 0. Тогда было бы более понятна кинетика температурного разогрева от деформации относительно номинала (исходной температуры), которую нужно было бы обозначить в подрисуночной надписи или показать участок от номинала в реальных температурах.
2. В первом общем выводе (стр. 136) по работе употреблен термин «сверхпластичность» что является корректным по сути поведения, однако сам термин характеризует «явление сверхпластичности» проявляющееся при низких скоростях деформации в определенных температурно-скоростных условиях действия растягивающих напряжений. Поэтому более уместным был бы термин «сверхвысокой пластичности», что присуще для условий схемы всестороннего сжатия, когда активно подавлено дефектообразование.
3. Как правило, при написании текста диссертации включают ссылки и на свои работы, кроме Патента ссылок я не заметил.
4. На рис.42 (стр.125) стрелкой обозначен « δ -феррит» - следовало бы более подробно и убедительно описать структурное состояние с оценкой долей имеющихся фаз. (обычно для этого используют рентгеновский анализ)
5. Хотелось бы понять, как в динамике изменяется температура поверхности заготовки в процессе прессования если стеклянная шайба «холоднее» заготовки, а её текучесть и плакирующие свойства зависят от температуры. Насколько это значимый фактор для бездефектного прессования?

Выражаю свое согласие на обработку персональных данных.

Доктор технических наук, главный научный сотрудник, руководитель лаборатории «Механика градиентных, бимодальных и гетерогенных металлических наноматериалов повышенной прочности и пластичности для перспективных конструкционных применений им. А.П. Жилева»

Шифр научной специальности: 05.03.05 – Технологии и машины обработки давлением (технические науки)

E-mail: giraab@mail.ru