

ОТЗЫВ

официального оппонента Петрова Михаила Александровича
на диссертационную работу **Шарыкина Михаила Валерьевича «Повышение стойкости штампов горячей объёмной штамповки поковок деталей типа “лопасть”»**, представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности
2.5.7 – Технологии и машины обработки давлением

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Шарыкина Михаила Валерьевича направлена на решение конкретных задач в рамках одного из определенных в Стратегии научно-технологического развития РФ (утверждена Указом Президента РФ от 28.02.2024 г. № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации») направлений, а именно: «...переход к передовым технологиям проектирования и создания высокотехнологичной продукции, основанным на применении интеллектуальных производственных решений, роботизированных и высокопроизводительных вычислительных систем, новых материалов и химических соединений, результатов обработки больших объемов данных, технологий машинного обучения и искусственного интеллекта.» (раздел III, §21, пункт а)).

Разработка процессов пластического деформирования и их математических моделей с учетом важных технологических параметров, связанных с ресурсосбережением основных материалов и энергии, затрат на ремонт изношенных и изготовление новых штамповых инструментов, является неотъемлемой частью технологической среды, ускоряющей переход к Индустрии 4.0, как основы инновационного развития внутреннего рынка продуктов и услуг, устойчивого положения России на внешнем рынке. Таким образом, тема диссертационной работы является **актуальной**.

Структура и содержание работы

Содержание и структура диссертации находятся в логическом единстве и соответствуют поставленной цели исследования, критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования. Диссертационная работа написана по проблемно-тематическому принципу и состоит из введения, пяти глав, выводов по каждой главе, заключения, списка литературы, содержащего 124 источника, и приложения. Основной материал изложен на 175 страницах машинописного текста, включая 33 таблицы и 118 рисунков.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационного исследования, сформулированы цель и научно-практические задачи, указаны объект и предмет исследования, сформулированы научная новизна исследования, теоретическая и практическая значимость результатов диссертационной работы, представлены данные об апробации.

В первой главе автор приводит сведения о современном состоянии теоретической базы и практических подходах к проектированию технологии ГОШ, анализирует влияние различных факторов на стойкость штампов, приводит мероприятия (конструкторские, технологические, организационные) по увеличению их ресурса при эксплуатации. Проведен обзор и анализ теоретических подходов к выбору термомеханических режимов пластической деформации в условиях ГОШ, включая конечно-элементное моделирование разрабатываемых вариантов технологии горячей штамповки.

Во второй главе диссертант представил новые варианты технологии ГОШ для двух поковок. Поковку лопасти из алюминиевого сплава АК4-1 предложено штамповать либо в штампе с ограничением течения металла в направлении избыточного выхода металла в облой, либо по сдвоенной схеме из одной заготовки. Для данных вариантов технологии разработаны 4 конструкции штампов (на способы штамповки и инструмент в январе 2025 г. поданы 6 заявок в Роспатент). Кроме того, при участии автора подобрана технологическая смазка (МС-23 производства ООО «Коллоидно-графитовые препараты» г. Воскресенск), состав которой обеспечил уменьшение фактора трения до значений $m \leq 0,2$, что повлияло на повышение качества заполнения гравюры штампа. При этом оборудование, кривошипный пресс LLK-2000 номинальной силой 20 МН, используется с большей эффективностью по производительности и затратам энергии.

Для поковки детали типа «лопасть» из стали марки 13X11H2B2MФ-Ш, штампуемой на молоте, предложено изменить размеры, форму и позиционирование заготовки в ручье штампа. Введением данного мероприятия КИМ повысился по сравнению с заводской технологией на 15%.

В третьей главе представлены результаты виртуального эксперимента, по которым оценивались параметры (температуры, силы деформирования, НДС и объемный износ штампов) разработанных вариантов технологии с производственными процессами. Рациональной технологией для горячей объемной штамповки поковки детали типа «лопасть» из алюминиевого сплава АК4-1 признана технология штамповки сдвоенной поковки в штампе тип Б, применяя которую, стойкость штампа возрастает на 62%, по сравнению с производственной, а экономия материала заготовки достигает 12%.

По сравнению с производственной технологией горячей объемной штамповки поковки детали типа «лопасть» из хромоникелевой жаропрочной высоколегированной стали марки 13X11H2B2MФ-Ш, штампуемой за несколько переходов на молоте MB2145 с номинальной массой падающих частей 3150 кг, износ штампа в предлагаемом процессе уменьшился на 23%, а КИМ повысился на 15%.

В четвертой главе автором приведена методика эксперимента по определению объемного износа образцов из теплостойкой штамповой стали марки 5XНВ: термообработанных на твердость 41 HRC; термообработанных на твердость 41 HRC и подвергнутых сульфидированию с глубиной слоя 0,1 мм; а также азотированные на твердость 62 HRC с глубиной слоя 0,3 мм.

Постоянная нагрузка узла трения машины «Шкода-Савин» имела значение 10 кг, частота вращения ролика из сплава ВК8 составляла 675 об/мин, а время каждого испытания 15 мин. Для охлаждения и эвакуации абразивных частиц в зону трения подавался 0,5% раствор K_2CrO_4 . Объемный износ рассчитывался как величина выработанного сектора, исходя из геометрии ролика и величины его заглубления. Установлено, что, по сравнению с термообработкой стали марки 5XНВ на твердость 41 HRC, дополнительное сульфидирование увеличило износостойкость образцов в среднем на 25%, а проведение азотирования на твердость 62 HRC – на 67%.

В пятой главе отражены все этапы подготовки и проведения многофакторной оптимизации. Разработанные математические модели на основе статистического подхода, отражают взаимосвязи технологических параметров процессов и величины максимального износа штампового инструмента из стали марки 5XНВ при штамповке поковок деталей

типа «лопасть» в соответствии с предложенными рациональными вариантами ГОШ. Стойкость штампа до первой переточки при использовании технологии сдвоенной штамповки в штампе конструкции тип Б составит 844 шт. алюминиевых поковок, в сравнении данными предприятия – 520 шт.

При молотовой штамповке поковок деталей типа «лопасть» из 13X11H2B2MФ-III стойкость штампа до первой переточки будет составлять 799 шт. по технологии завода, в то время как для предлагаемого процесса – стойкость до первой переточки 1016 шт.

В конце диссертационного исследования приведены **основные выводы и результаты**, в которых сформулированы итоги работы. Основные научные результаты, полученные автором, их последовательность и содержание отражают структуру работы, соответствуют поставленным задачам и свидетельствуют о полноте их решения.

В целом, работа изложена технически грамотным языком. Каждая глава содержит важные результаты научных исследований автора и сопровождается развернутыми выводами. Общее оформление работы соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Научная новизна заключается в следующем:

- компьютерные модели вариантов процесса формообразования поковок деталей типа «лопасть», позволяющих обосновать температурно-силовые режимы технологического процесса с помощью варьирования технологических факторов, непосредственно влияющих на работоспособность штампов, связанную с механизмом абразивного износа;

- выявленный характер изменения и максимальные значения энергосиловых параметров для новых вариантов технологии горячего деформирования сдвоенных поковок свидетельствуют о том, что кузнечно-штамповочное оборудование не нуждается в замене, т.к. технологические силы не превышают номинальных значений и может быть использовано с большей производительностью;

- закономерности, отражающие влияние изменения объема и способа установки и позиционирования исходной заготовки в штампе, а также внесенных изменений в конструкцию самого штампа на величину износа его рабочих поверхностей;

- математические модели многокритериальной оптимизации, устанавливающие степень влияния технологических параметров процесса горячей объемной штамповки (температуры и объема заготовки, твердости гравюры штампа, теплового напора, напряженно-деформированного состояния штампового и деформируемого металлов) на интенсивность истирания наиболее уязвимых конструктивных элементов штампа, которая зависит от площади активного контакта растекающегося металла с элементами рабочих поверхностей штампа при изготовлении поковок типа «лопасть».

Теоретическая и практическая значимость работы состоит в:

- разработке компьютерных моделей и определении уравнения регрессии рассматриваемых вариантов технологических процессов ГОШ поковок с тонким полотном;

- подготовке новых вариантов технологий ГОШ поковок деталей типа «лопасть», обеспечивающих повышение износостойкости штампового инструмента: до 62 % – для поковок из алюминиевого сплава АК4-1 и до 23 % – при штамповке поковок из жаропрочной стали 13X11H2B2MФ-III;

– поиске новых конструктивных решений, обеспечивающих перераспределение потоков металла при заполнении рабочих полостей штамповой оснастки, что позволяет снизить расход металла на изготовление поковок деталей типа «лопасть» из АК4-1 на 12 %, а также повысить производительность за счёт штамповки сдвоенных поковок. Рационализация формы, размеров и способа расположения в ручье штампа заготовки при штамповке поковок из 13X11H2B2MФ-III позволяет повысить КИМ на 15 %;

– полученных результатах эксперимента по объемному износу образцов из штамповой стали 5ХНВ, которые показали, что по сравнению с термообработкой на твердость 41 HRC, дополнительное сульфидирование увеличило износостойкость в среднем на 25%, а проведение азотирования на твердость 62 HRC – на 67%.

Практическую значимость и ценность диссертации подтверждают результаты ее апробации в АО «МПО им. И. Румянцева».

Степень достоверности результатов исследований и обоснованность выводов подтверждаются применением проверенных верифицированных исходных данных и корректных начальных и граничных условий при численном моделировании и применением проверенных методов математической статистики и многофакторного планирования экспериментов, подтвердивших свою надежность в практических исследованиях. Теоретические положения основаны на общепринятых гипотезах.

Физические эксперименты выполнены на сертифицированном испытательном оборудовании с применением поверенных средств измерений, что обеспечило высокую точность экспериментальных данных. Полученные результаты демонстрируют удовлетворительную сходимость с данными аналитических расчетов и численного моделирования.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности 2.5.7 «Технологии и машины обработки давлением» подтверждается следующими аспектами: разработкой и анализом технологических вариантов горячей объемной штамповки поковок с тонким полотном типа «лопасть»; проведением комплексной оценки износостойкости штампового инструмента на основе математического и компьютерного моделирования, что соответствует следующим направлениям исследований:

«п. 1: Закономерности деформирования материалов и повышения их качества при различных термомеханических режимах, установление оптимальных режимов обработки.

п. 6: Методы оценки напряженного и деформированного состояния и способы увеличения жёсткости, прочности и стойкости деформирующего инструмента.»

Оценка содержания диссертации

По теме диссертации опубликовано 11 печатных работ, из них 5 – в журналах, рекомендованных Перечнем ВАК для опубликования основных результатов диссертаций на соискание учёной степени кандидата технических наук, получено 3 патента на изобретения и 3 работы опубликованы в научных рецензируемых изданиях, индексируемых в РИНЦ.

Анализ содержания диссертации, опубликованных работ, в том числе работ, опубликованных в соавторстве, показал, что все научные положения, выносимые на защиту, выводы и рекомендации являются оригинальными и принадлежат диссертанту. Анализ содержания диссертационной работы убеждает в ее завершенности. Содержание диссертации изложено грамотно, имеет логическую последовательность. Принятая терминология

гия и стиль изложения соответствует общепринятым нормам. Диссертационная работа соответствует специальности 2.5.7 – Технологии и машины обработки давлением. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертационной работы и ее основные положения.

Объем и содержание диссертационной работы по степени научной новизны и практической значимости удовлетворяет требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты и выводы диссертационного исследования могут быть использованы как на машиностроительных предприятиях, так и на предприятиях металлургической отрасли. Основные положения работы могут быть использованы в научной работе отраслевых институтов. Профильным ВУЗам, занимающимся подготовкой специалистов машиностроительной отрасли, также целесообразно использовать материалы диссертации Шарыкина М.В. в профильных курсах дисциплин современных образовательных программах подготовки бакалавров, магистров и специалистов.

Замечания по диссертационной работе

В диссертации успешно решены сложные в научном и практическом плане задачи, однако, при этом нельзя не отметить ряд замечаний и дискуссионных положений:

1. Численное моделирование является мощным помощником в решении сложных инженерных задач. Бесспорно, рассматриваемые соискателем вопросы требуют кропотливой и вдумчивой работы не только на компьютере, но и на экспериментальном оборудовании. В связи с этим хотелось бы, чтобы коэффициенты модели Арчарда, заданные при моделировании, были противопоставлены результатам экспериментов по износу рассматриваемой марки стали 5ХНВ, а также уравнению регрессии, полученному на основе метода многофакторного планирования эксперимента (МПЭ). В таблице 3.1 приведены значения износа инструмента, а на рис. 5.3 и 5.4 показаны результаты износа, вычисленные по уравнению регрессии (МПЭ) для поковки из алюминиевого сплава АК4-1. Требуется прокомментировать расхождение в значениях, чем оно было вызвано? Была ли возможность заложить результаты по износу, полученные на роликовой машине трения «Шкода-Савин», в программу DEFORM и выполнить повторные расчёты с целью определения износа инструмента после термической и химико-термической обработки инструмента численным способом?

2. Действительно, полученные энергосиловые характеристики процесса на основе результатов численного моделирования позволяют говорить о том, что оборудование подходит для выбранного вида объёмной деформации. Однако, современные прессы с сервоуправлением позволяют протравивать и контролировать циклограмму выходного звена пресса за счёт прямого управления главным приводом, что также в итоге скажется и на износе деформирующего инструмента. Какими факторами, в связи с этим, было бы логично дополнить уравнение регрессии?

3. По тексту диссертации формулы, числа и единицы измерения величин не всегда соответствуют общему форматированию текста. В диссертации желательно было бы

представить список всех сокращений, аббревиатур и буквенных обозначений, встречающихся в работе.

Указанные замечания не снижают ценность и общую положительную оценку диссертационной работы, не влияют на основные научные и практические результаты и не затрагивают основных положений, вынесенных соискателем на защиту.

Заключение

Диссертация Шарыкина Михаила Валерьевича является самостоятельной законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные и оригинальные технические, технологические и конструктивные решения, направленные на совершенствование процесса горячей объемной штамповки поковок деталей типа «лопасть». Предложенные разработки способствуют повышению износостойкости прессовых и молотовых штампов при повышении КИМ, а также увеличению производительности за счет штамповки, реализуемой в один переход на прессе с учетом сдваивания поковок и за два удара на молоте. Эти разработки вносят значительный вклад в дальнейшее развитие отечественного машиностроения.

Работа является актуальной, полученные результаты обладают научной новизной, обоснованы на современном научном уровне, описывают законченный этап исследований. Достоверность изложенных в диссертации результатов подтверждается использованием современных методик исследования, апробацией в условиях реального производства.

Всё вышеперечисленное даёт основание считать, что не смотря на отдельные замечания непринципиального характера, представленная диссертационная работа Шарыкина М.В. соответствует критериям, установленным п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 (ред. от 16.10.2024 г., с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2025).

Автор диссертации Шарыкин Михаил Валерьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.7 – Технологии и машины обработки давлением.

Официальный оппонент к.т.н., доцент
кафедры «Обработка материалов давлением
и аддитивные технологии»,
федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Московский политехнический университет»
доцент



М.А. Петров

« 14 » 10 2025 г.

Даю согласие на обработку персональных данных, представленных в отзыве.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Московский политехнический университет»

107023, г. Москва, ул. Большая Семёновская, д. 38

Тел.: +7 (495) 223-05-23,

электронная почта: mospolytech@mospolytech.ru

ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА
ОТДЕЛА КАДРОВ
А. Л. Волкова



ПОДПИСЬ Петрова М.А. заверяю