

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Д.т.н., ст. научн. сотрудника Бурлакова Игоря Андреевича
на диссертацию ФИЛИППОВОЙ Марины Владимировны
«РАЗВИТИЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ И РАЗРАБОТКА
КОМПЛЕКСА РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ
ПОЛУГОРЯЧЕЙ БЕЗОБЛОЙНОЙ ШТАМПОВКИ»,
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по
специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением

На отзыв представлены следующие материалы –
диссертация, содержащая введение, пять глав, заключение,
список литературы из 345 наименований, содержит 285 страниц
машинописного текста, включая 104 рисунка, 27 таблиц и приложения,
автореферат – объем 39 страниц, в том числе рисунков – 18,
список опубликованных работ по теме диссертации – 25 (в том числе 2
монографии и 5 статей в зарубежных изданиях).

Актуальность темы диссертации.

В машиностроении подавляющее количество металлических заготовок изготавливают обработкой металлов давлением, в том числе горячей, полугорячей, теплой и холодной штамповкой. Штамповка, по сравнению со свободной ковкой, обеспечивает высокую производительность и точность получаемых полуфабрикатов. Наибольшее распространение получила штамповка с облоем и при его удалении в отход уходит до 25% металла, что приводит к значительным потерям в рамках страны.

Существующий уровень штамповочного производства позволяет получать точные поковки без облоя и с минимальными припусками для последующей механической обработки. Широкое внедрение безоблойной штамповки сдерживается сложностью получения мерных заготовок в силу ряда таких факторов, как большие допуски на диаметр пруткового металла, низкое качество разделительных операций и т.д.

Кроме того, нагрев в окислительной атмосфере приводит к значительному окалинообразованию, что приводит к дополнительным потерям металла и трудозатратам на защиту или очистку поверхности заготовок.

Тема диссертационной работы, посвященная разработке комплекса технологий, обеспечивающих уменьшение расхода металла за счет применения новейших достижений теории и технологии обработки металлов давлением, актуальна.

Цель работы - Развитие научных основ, разработка процессов полугорячей безоблойной штамповки и создание комплекса ресурсосберегающих технологий производства стальных изделий ответственного назначения.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи, имеющие научную и практическую значимость:

1. Развита научная основа процессов получения точных по массе и размерам заготовок для безоблойной штамповки посредством разделения прутков на станах поперечно-винтовой прокатки и снижения температур нагрева металла, а именно:

- разработана новая методика расчета калибровки валков стана поперечно-винтовой прокатки с целью получения шаровых заготовок для полугорячей безоблойной штамповки стальных поковок;

- разработана новая калибровка валков шаропрокатного стана для производства шаровых заготовок повышенной точности по массе;

- с использованием детерминированных математических моделей исследовано напряженно-деформированное состояние металла в процессах прокатки шаровых заготовок на станах поперечно-винтовой прокатки, полугорячей штамповки и штамповки выдавливанием в закрытых штампах.

2. Исследована пластичность, сопротивление деформации, угар сталей ст. 3сп, 20, 20ХН, 40, 40Х, 40ХН, 65Г, 35ХГСА, 18ХГТ, 18Х2Н4МА и научно обоснован оптимальный интервал температур полугорячей штамповки.

3. Установлены и научно обоснованы зависимости и закономерности влияния формы, температуры нагрева заготовок, пластических и прочностных свойств металла на энергосиловые параметры процессов деформации, напряженно-деформированное состояние металла и вероятность дефектообразования.

4. Освоена в условиях стана поперечно-винтовой прокатки 40-80 новая калибровка и производство высокоточных шаровых заготовок диаметром до 120 мм с повышенным качеством поверхности и однородностью макроструктуры.

5. Разработан и внедрен в производство энерго- и ресурсосберегающий комплекс технологий полугорячей штамповки в закрытых штампах из шаровой заготовки поковок круглых в плане симметричных и несимметричных (относительно горизонтальной оси), типа «шестерни» и поковок, изготавливаемых прямым выдавливанием из цилиндрической заготовки, типа «корпуса форсунки».

6. Внедрены в учебный процесс результаты теоретических и экспериментальных исследований способов полугорячей безоблойной штамповки и разработки комплекса ресурсосберегающих технологий производства стальных изделий ответственного назначения.

Научное содержание, новизна и достоверность.

Научное содержание и новизна заключаются в следующем:

1. Разработаны концептуальные основы комплекса ресурсосберегающих технологий полугорячей безоблойной штамповки стальных изделий ответственного назначения.

2. На основе теоретических исследований разработана новая научно-обоснованная методика расчета калибровки валков стана поперечно-винтовой прокатки для производства, посредством разделения стальных прутков, шаровых заготовок повышенной точности по массе.

3. Впервые исследованы напряженно-деформированное состояние и использование ресурса пластичности металла в процессе разделения стальных прутков на станах поперечно-винтовой прокатки на шаровые заготовки повышенной точности по массе. Установлено влияние разработанной калибровки на распределение напряжений, деформаций, среднего нормального напряжения по объему шаровых заготовок и в перемычках.

4. Впервые для многокритериальной оптимизации температурных режимов полугорячей штамповки адаптирована и применена обобщенная функция желательности. На основе ее использования установлены оптимальные температурные интервалы нагрева исследуемых марок сталей, обеспечивающие получение поковок с заданными характеристиками качества.

5. Проведены комплексные исследования свойств различных марок сталей с предварительно деформированной (катаной) структурой. Получены новые количественные данные, установлены и научно обоснованы зависимости и закономерности влияния температурного фактора (в интервале температур полугорячей штамповки 600–1000 °С) на пластичность, сопротивление деформации и величину угара исследуемых марок стали.

6. На основе результатов физического и математического моделирования, выявлены закономерности и получены новые данные по напряженно-деформированному состоянию и использованию ресурса пластичности при полугорячей безоблойной штамповке осесимметричных поковок и прямому выдавливанию прецизионных изделий. Установлено, что шаровая форма заготовки является более благоприятной в связи с тем, что диаметр шаровой заготовки больше диаметра равной по высоте цилиндрической заготовки, и течение металла в радиальном направлении происходит более равномерно.

Достоверность полученных результатов, выводов и рекомендаций подтверждается использованием в работе известных положений классических и прикладных наук, таких как физика, математика, теория пластичности, теория обработки металлов давлением. Применением численного метода конечных элементов, реализованного в виде пакетов прикладных программ DEFORM-3D и QForm; большим объемом экспериментального материала, полученного в лабораторных и промышленных условиях с применением современных методик; применением современных методов статистической обработки результатов; сопоставлением полученных результатов с данными других исследователей; эффективностью предложенных технических и технологических решений,

подтвержденных результатами промышленных испытаний и внедрением в производство.

Теоретическая и практическая значимость работы:

1. Разработана виртуальная модель шаропрокатного стана и проведено компьютерное моделирование, по результатам которого получены новые данные по заполнению калибров металлом; динамики изменения напряженно-деформированного состояния и силовым условиям при прокатке шаровых заготовок большого диаметра.

2. Разработаны фундаментальные основы ресурсосберегающей технологии нагрева металла под обработку давлением и расчет оптимальной температуры нагрева заготовок.

3. Разработана виртуальная модель и проведено компьютерное моделирование полугорячей штамповки в закрытых штампах из шаровой заготовки поковок круглых в плане, исследована динамика изменения напряженно-деформированного состояния металла и силовые условия штамповки.

4. Получены новые результаты исследования динамики заполнения металлом полости штампов; компьютерное моделирование технологического процесса полугорячего выдавливания поковок типа «корпус форсунки» из точной цилиндрической заготовки; исследовано изменения напряженно-деформированного состояния металла при выдавливании корпуса форсунки из точной цилиндрической заготовки.

5. Разработана новая методика расчета калибровки валков стана поперечно-винтовой прокатки для производства геометрически точных шаровых заготовок с отклонением по массе не более 2%.

6. Разработана новая калибровка валков стана поперечно-винтовой прокатки, изготовлены калиброванные валки для прокатки шаровых заготовок диаметром 60; 80; 90; 120 мм, технология внедрена в производство. Получены результаты исследования качества прокатанных шаров.

7. Разработана и внедрена в производство технология разделения металла на точные шаровые заготовки большого диаметра 90–120 мм на станах поперечно-винтовой прокатки 40–80. Результаты исследования полученных заготовок показали отсутствие пористости в центральных слоях шара.

8. Разработаны и рекомендованы к внедрению новые данные температурных интервалов для полугорячей штамповки сталей ст. 3сп, 20, 20ХН, 40, 40Х, 40ХН, 65Г, 35ХГСА, 18ХГТ, 18Х2Н4МА.

9. Разработаны ресурсосберегающие режимы нагрева шаровых заготовок для полугорячей штамповки, обеспечивающие заданное качество металлопродукции.

10. Установлено, что предложенный комплекс технологий полугорячей безоблойной штамповки, состоящий из разделения заготовок на станах

поперечно-винтовой прокатки, нагрева до температуры полугорячей штамповки и полугорячей штамповки из шаровой заготовки в закрытых штампах, позволяет получать поковки высокого качества с заданными размерами.

11. Разработана и внедрена технология прецизионной полугорячей штамповки поковок круглых в плане из шаровой заготовки с исследованием динамики заполнения металлом полости штампа. Получены новые результаты исследования изменения силовых параметров и напряженно-деформированного состояния металла при штамповке из шаровой заготовки.

12. Разработан и внедрен технологический процесс полугорячего выдавливания поковок типа «корпус форсунки» для дизельных двигателей из точной цилиндрической заготовки.

13. Результаты диссертационной работы используются в учебном процессе при подготовке бакалавров по направлению 22.03.02 «Металлургия» профиль «Обработка металлов давлением», магистров по направлению 22.04.02 «Металлургия» и аспирантов по направлению 22.06.01 «Технология материалов».

Содержание автореферата соответствует теме диссертации и раскрывает ее в достаточной мере.

Общая характеристика работы

В первой главе диссертации приведен анализ теоретических и экспериментальных работ отечественных и зарубежных исследователей, связанных с темой диссертационной работы. Показано, что современная технология горячей штамповки представляет собой сложный комплекс различных по своему характеру операций, основной целью которых является максимальный учет физических, теплофизических, механических и термомеханических свойств конкретного металла, изучение свойств в процессе технологического процесса. На основании выполненного аналитического обзора сформулированы цель и основные задачи исследования.

Во второй главе приведен анализ напряженно-деформированного состояния металла в процессе формообразования шаровых заготовок, включая разработку виртуальной модели стана поперечно-винтовой прокатки, поковок «фланец», «шестерня» и «корпус форсунки распылителя» методом компьютерного моделирования. Исследовано использование ресурса пластичности при формообразовании шаровых заготовок. Рассмотрено преимущество применения в качестве исходных шаровых заготовок, вместо цилиндрических, как обеспечивающих меньшие неравномерность деформации и силу формообразования.

В третьей главе приведены результаты экспериментальных исследований операций разделения металла на стане поперечно-винтовой прокатки, изучения влияния температуры на прочностные и пластические

характеристики металла. Изучены процессы окисления металла при нагреве и процессы нагрева металла перед штамповочными операциями. Показаны результаты определения сопротивления деформации и пластичности десяти наиболее распространенных сталей в интервале температур 600-1000 °С. Оценка достоверности результатов распределения деформаций и напряжений по объему поковок по распределению твердости с использованием в качестве модельного материала алюминия показала, что результаты моделирования близки экспериментальным данным.

Четвертая глава посвящена совершенствованию комплекса технологий полугорячей штамповки, включая расчет калибровки валков для прокатки шаровых заготовок, исследования качества шаровых заготовок, определения температурных интервалов нагрева заготовок для последующей полугорячей штамповки. По результатам проведенных исследований была разработана и внедрена в производство рациональная технология штамповки шаров, позволившая увеличить производительность их изготовления почти в два раза.

В пятой главе представлены результаты промышленного внедрения технологий полугорячей объемной штамповки. Результаты исследований позволили разработать технологии получения деталей с применением полугорячей безоблойной штамповки и внедрить их на пяти предприятиях с суммарным экономическим эффектом 13 млн. 89,3 тыс. рублей.

Замечания критического характера

1. Диссертация посвящена развитию научных основ полугорячей безоблойной штамповки. В диссертации следовало полнее конкретизировать сущность основ.

2. В диссертации многократно используется термин «оптимальный» (стр. 7, 8, 12, 30, 42, 44, 62, 78, 79, 87, 116, 134, 144, 180, 181, 184, 185, 187, 188, 193, 213, 219, 220). В большинстве случаев не приведены применяемые критерии оптимальности, т.е. определение целевой функции, по значению которой оценивается оптимальность найденного решения.

3. В работе утверждается, что перемычки, соединяющие отформованные шары, срезаются ребордой валков и вдавливаются в тело шара. Однако нет данных по исследованию макро- и микроструктуры сечения заготовки, так как вдавливание остатков перемычек может приводить к образованию дефектов.

4. На стр. 70 указано, что для материала проката принята упругопластическая модель. С учетом нагрева заготовки перед прокаткой до температуры 1100 °С соискателю следовало применить модель идеально пластического металла.

5. На рис.2.27 приведены показатели неравномерности деформации при штамповке поковок «фланец» и «шестерня», демонстрирующие меньшую неравномерность деформации при штамповке из шаровой заготовки. В действительности отличие составляет около 0 – 6%, что находится практически в пределах ошибки измерения.

6. В работе приведены данные по использованию ресурса пластичности при штамповке поковок «фланец» и «шестерня» с использованием критерия Кокрофта-Латэма. Утверждается, что наибольшее использование ресурса пластичности наблюдается в торце диска поковки «фланец» и в венце на торце поковки «шестерня». Для поковки «фланец» при штамповке из шаровой заготовки максимальная величина использования ресурса пластичности составляет 0,18, при штамповке из цилиндрической заготовки – 0,09, для поковки «шестерня» – 0,163 и 0,12 соответственно. Справедливо отметив, что величина деформации до разрушения зависит от схемы напряженного состояния (стр. 138) автор приводит данные по пластическим свойствам материалов для плоского напряжённого состояния. Так как при штамповке имеет место объемное напряженное состояние, то применение найденных зависимостей не совсем корректно.

7. Отсутствие чертежа детали «корпус форсунки распылителя» (стр. 110) затрудняет понимание и оценку результатов компьютерного моделирования.

8. Рядом ведущих отечественных ученых (Целиковым А.И., Томленовым А.Д. и др.) отмечается, что при поперечной прокатке границы пластических областей являются линиями разрыва скоростей. Рост деформаций сдвига вдоль линий разрыва скоростей в процессе прокатки приводит к разрыхлению средней части заготовок и вскрытию осевой полости, что подтверждено экспериментально. Автор утверждает, что «провалов твердости в центральной зоне шара не обнаружено, что говорит об отсутствии внутренних дефектов». Однако результаты измерения твердости с нагрузкой 100 кгс не гарантируют отсутствие микротрещин. К сожалению, соискатель не представила результаты прочностных и металлографических исследований изготавливаемых заготовок и фотографий макроструктуры из центральной части шаров, что снижает уверенность в качестве полученных соискателем заготовок.

9. В диссертации использован термин «усилие». В соответствии с постановлением правительства российской федерации от 31 октября 2009 года № 879 вместо него к применению допускается только термин «сила».

10. В автореферате часть глав (первая, вторая, третья, четвертая) названы разделами, а пятая – главой. Должно быть единообразие терминов.

Соответствие диссертации паспорту специальности 05.16.05 «Обработка металлов давлением».

Наиболее значимыми являются исследования, соответствующие области исследования научной специальности 05.16.05 «Обработка металлов давлением»:

- по научному обоснованию технологии получения деталей с применением полугорячей безоблойной штамповки, включающему анализ напряженно-деформированного состояния металла в процессе формообразования шаровых заготовок, разработку виртуальной модели стана поперечно-винтовой прокатки, поковок «фланец», «шестерня» и «корпус форсунки распылителя» методом компьютерного моделирования, исследование использования ресурса пластичности при формообразовании шаровых заготовок (материалы изложены в главе 2), что соответствует п. 2. «Исследование процессов пластической деформации металлов, сплавов и композитов с помощью методов физического и математического моделирования»;

- результаты экспериментальных исследований операций разделения металла на стане поперечно-винтовой прокатки, изучения влияния температуры на прочностные и пластические характеристики металла. Изучены процессы окисления металла при нагреве и процессы нагрева металла перед штамповочными операциями, сопротивления деформации и пластичности десяти наиболее распространенных сталей в интервале температур 600-1000 °С (материалы изложены в главе 3), что соответствует п.3. «Оптимизация процессов и технологий обработки давлением для производства металлопродукции с заданными характеристиками качества».

Высказанные замечания не снижают научную значимость и практическую ценность диссертации. Работа хорошо структурирована, оформление сделано в соответствии с предъявляемыми требованиями.

Основное содержание диссертационной работы отражено в 2 монографиях, 59 статьях в журналах и сборниках статей, из них 18 публикаций в журналах, рекомендованных ВАК.

Автореферат и опубликованные работы полно и точно отражают содержание диссертации.

Заключение. Диссертация Филипповой Марины Владимировны является самостоятельной и логически завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие машиностроительного и металлургического производства страны в части, касающейся разработки процессов полугорячей безоблойной штамповки и создании комплекса

ресурсосберегающих технологий производства стальных изделий ответственного назначения. Работа отвечает требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Марина Владимировна Филиппова заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением.

Официальный оппонент:
доктор технических наук,
старший научный сотрудник,
главный специалист производственного
комплекса «Салют» АО «ОДК»



Бурлаков И.А.

19 апреля 2021 г.

Подпись Бурлакова И.А. заверяю:

Начальник отдела управления персоналом
производственного комплекса «Салют»
АО «ОДК»



Б.А. Саватулин

Бурлаков Игорь Андреевич,
Главный специалист производственного комплекса «Салют» АО «ОДК»
Специальность 05.03.05 «Технологии и машины обработки металлов давлением».

АО «НПЦ газотурбостроения «Салют»,
105118, г. Москва, РФ, Проспект Буденного, 16, к. 2.
burlakov-ia@uecrus.com
8 499 785-81-59

Я, Бурлаков Игорь Андреевич, даю согласие на включение своих персональных данных в аттестационные документ соискателя ученой степени доктора технических наук Филипповой Марины Владимировны и их дальнейшую обработку.