

О Т З Ы В

**официального оппонента на диссертационную работу
Филипповой Марины Владимировны «Развитие научных основ и
разработка комплекса ресурсосберегающих технологий полугорячей
безоблойной штамповки», представленную к защите на соискание ученой
степени доктора технических наук по специальности
05.16.05 – Обработка металлов давлением.**

1. Актуальность темы диссертации

Основным компонентом структуры себестоимости штампованных поковок является стоимость металла, поэтому приоритет безоблойной штамповки перед другими видами получения заготовок (ковка, облойная штамповка и др.) очевиден. В свою очередь широкое внедрение технологии безоблойной штамповки сдерживается отсутствием способов получения точной мерной заготовки. Диссертационная работа Филипповой М.В., связанная с разработкой комплекса малоотходных технологий, состоящего из отдельных взаимосвязанных между собой операций, является *актуальной* для науки и практики.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

В первом разделе диссертации проведен критический анализ научно-технической литературы (список литературы содержит 345 наименований) по проблемам, возникающим в операциях комплекса технологий штамповки. Основное внимание уделено достоинствам и недостаткам разделения металла на заготовки в штампах и на станах поперечно-винтовой прокатки; изменению свойств и величине угара при нагреве металла, определению температур нагрева заготовок; исследованиям процессов штамповки металла в закрытых штампах, а также моделированию объектов и систем в указанной сфере.

На основании анализа источников М.В. Филиппова *обоснованно заключила*, что наибольший эффект энерго- и ресурсосбережения может быть получен только в том случае, если учитываются все операции комплекса технологий штамповки во взаимосвязи друг с другом. Разделение прутка на заготовки, точные по массе, методом поперечно-винтовой прокатки, энергосберегающий нагрев до температур штамповки и ресурсосберегающая деформация заготовки в закрытых штампах составляет комплекс технологий полугорячей штамповки. Автором определены перспективные направления развития теории, а также разработок новых и совершенствования действующих технологий обработки металлов давлением (ОМД) в заготовительных операциях и на финальных стадиях формообразования. С учетом этого *обоснованно* сформулированы цель и задачи диссертационного исследования.

Второй раздел преимущественно посвящен проектированию комплекса технологий полугорячей штамповки с использованием методов численного математического моделирования. В результате создана виртуальная модель стана поперечно-винтовой прокатки и проведены исследования напряженно-деформированного состояния металла при прокатке шаровых заготовок. Особый *интерес и новизну* имеют данные, показывающие распределение интенсивности деформаций вдоль оси прокатки. Основную научную значимость в данном разделе представляют результаты сравнения полугорячей штамповки в закрытых штампах из шаровой и цилиндрической заготовок. М.В. Филиппова на созданной виртуальной модели *убедительно доказала*, что при штамповке из шаровой заготовки неравномерность деформации на 5–10 % меньше, чем при штамповке из цилиндрической заготовки. Кроме того, усилие штамповки ниже, чем при использовании цилиндрической заготовки.

Третий раздел М.В. Филиппова посвятила экспериментальным исследованиям операций комплекса технологий полугорячей безоблойной штамповки. В этом разделе представлены результаты лабораторных и промышленных исследований получения заготовок в условиях шаропрокатного стана, разработана новая методика расчета калибровки валков для прокатки шаровой заготовки, точной по массе. *Обосновано* получение шаровой заготовки для безоблойной штамповки с номинальным диаметром 90 мм в условиях стана 40-80. Проведены экспериментальные исследования по влиянию температуры на технологические свойства деформируемого металла и его окисление; нагрева металла для штамповки и непосредственно самой штамповки круглых в плане поковок. Выводы и рекомендации обоснованы результатами исследований.

В четвертом разделе «Совершенствование операций комплекса технологий полугорячей штамповки» предложена реконструкция шаропрокатного стана 40-80 с целью расширения размерного ряда (сортамента) производимой заготовки. Исследовано качество шаровых заготовок большого диаметра, полученных на валках с новой калибровкой. *Подтверждена* стабильность массы заготовки (отклонение от номинальной менее 1 %) и ее сплошность. В зависимости от сопротивления деформации, пластических свойств и количества окислы при нагреве проведены расчеты оптимальной температуры нагрева исследуемых марок стали для полугорячей штамповки. Разработана высокопроизводительная технология производства шаровых заготовок диаметром более 120 мм.

Пятый раздел представляет промышленную апробацию комплекса технологий полугорячей объемной штамповки из заготовки, полученной разделением на стане поперечно-винтовой прокатки. *Убедительно* показана эффективность научных разработок, доведенных до стадий промышленных испытаний и внедрения в условиях АО «ЕВРАЗ ЗСМК», ОАО «Гурьевский металлургический завод», ОАО «Новокузнецкий вагоностроительный завод», ООО «Тонар АГРО», ООО «ТехнОмаш». Кроме того, результаты исследований, полученные при выполнении диссертации, используются в

учебном процессе, что подтверждено актом ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет».

Таким образом, *степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций в диссертации М.В. Филипповой не вызывает сомнения*, они являются прямым следствием математических моделей, подтвержденных лабораторными и производственными исследованиями, а также разработанными технологиями, доведенными до стадии внедрения.

3. Оценка содержания диссертации

Диссертационная работа изложена на 285 страницах текста, состоит из введения, пяти разделов, основных результатов и выводов по работе, списка литературы из 345 наименований, 10 приложений. Работа содержит 104 рисунка и 27 таблиц. Особо следует отметить хорошее оформление работы и высокое качество иллюстративного материала.

Анализируя тексты диссертации, автореферата и сопоставляя их с работами соискателя, опубликованными по теме диссертации, можно заключить, что *общие выводы и положения, сформулированные диссертантом, правомерны, логичны и вытекают из полученных экспериментальных данных*. Все основные результаты, отраженные в диссертации, опубликованы автором в периодической (рецензируемой) печати и материалах конференций. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

4. Новизна и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

В диссертационной работе М.В. Филипповой разработаны и научно обоснованы концептуальные решения комплекса ресурсосберегающих технологий полугорячей безоблойной штамповки, состоящего из получения в условиях шаропрокатных станов точных по массе заготовок; рационального нагрева заготовок до необходимых температур и собственно полугорячей безоблойной штамповки в закрытых штампах.

В части разделения металла на заготовки предложена новая методика расчета калибровки валков стана поперечно-винтовой прокатки с изменяющимся шагом подрезки реборды. Достоверность новой методики подтверждена исследованиями качества прокатанных стальных шаровых заготовок, отсутствием «эффекта Маннесмана», стабильной массой (с учетом отклонений, приемлемых для безоблойной штамповки в закрытых штампах) для всех исследованных диаметров в интервале 50–120 мм.

В части рационального нагрева заготовок получены новые данные по пластическим свойствам, сопротивлению металла деформации и угару в интервале температур 600–1000 °С для 10 марок углеродистой и легированной стали. Впервые для определения оптимальной температуры нагрева заготовок применена обобщенная функция желательности. Показано, что экстремум этой

функции в исследованном диапазоне температур соответствует оптимальной температуре нагрева металла для полугорячей штамповки.

В части собственно полугорячей безоблойной штамповки в закрытых штампах с применением методов физического и математического моделирования проведены сравнительные экспериментальные исследования напряженного и деформированного состояния, использования ресурса пластичности, энергосиловых условий деформации металла при штамповке поковок круглых в плане. Доказано для безоблойной штамповки в закрытых штампах приоритетное использование шаровой заготовки вместо цилиндрической.

Таким образом, *все положения и выводы, представленные в работе, являются новыми, достоверными*, заслуживающими внимания, как с научной, так и с практической точек зрения. *Достоверность научных результатов*, полученных в работе, обеспечена корректным выбором современных методов исследования и согласованностью базовых положений диссертации с концепциями теории процессов ОМД, а также подтверждением данных математического моделирования в лабораторных и производственных экспериментах.

5. Значимость результатов диссертации для науки и практики

В научном плане М.В. Филиппова в диссертационной работе разработала концептуальные основы комплекса энерго- и ресурсосберегающих технологий полугорячей безоблойной штамповки.

Виртуальная модель стана поперечно-винтовой прокатки, предложенная автором, позволила провести исследования и получить новые данные по заполнению калибров металлом, динамике изменения напряженно-деформированного состояния и силовым условиям прокатки шаровых заготовок.

Новая методика расчета калибровки валков стана поперечно-винтовой прокатки вносит не только вклад в развитие заготовительной операции безоблойной штамповки для производства геометрически точных шаровых заготовок с отклонением по массе не более 2 %, но и в совершенствование шаропрокатного производства как отрасли в целом.

Применение М.В. Филипповой обобщенной функции желательности в расчетах оптимальной температуры нагрева металла для полугорячей штамповки правомерно и может быть распространено на другие процессы и группы сталей.

В практическом плане в результате проведенных исследований энергосиловых параметров прокатки, расчета прочностных характеристик проведена реконструкция, расширен сортамент и повышена производительность шаропрокатного стана 40–80 ОАО «Гурьевский металлургический завод», для заготовок диаметром 120 мм.; в условиях АО «ЕВРАЗ ЗСМК» внедрена в производство новая калибровка валков и технология прокатки шаров.

Концептуальные подходы комплекса ресурсосберегающих технологий полугорячей безоблойной штамповки, разработанные в диссертации, легли в основы внедренных разработок: производства поковки «шестерня» ОАО «Новокузнецкий вагоностроительный завод»; поковок «фланец» и «шайба упорная» ООО «Тонар–АГРО»; корпуса распылителя дизельного двигателя ООО «ТехнОмаш».

Результаты теоретических и экспериментальных исследований внедрены в учебный процесс в ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» и используются при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Металлургия».

По результатам исследований опубликовано 59 печатных работ, в том числе 2 монографии, 57 статей в журналах и сборниках статей, 18 из которых опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК для опубликования результатов кандидатских и докторских диссертаций, 5 – в иностранных журналах, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science.

Диссертация М.В. Филипповой *имеет высокую значимость для науки и практики*, это подтверждено цитируемостью многочисленных работ, опубликованных автором по данной тематике, и внедрением научных результатов в производство.

6. Замечания

1. При формулировке п. 6 научной новизны автор пишет: «Установлено, ... диаметр шаровой заготовки больше диаметра равной по высоте цилиндрической заготовки ...» (стр. 6 автореферата, стр. 11 диссертации). Во-первых, упущен важный момент: в случае, если объемы (массы) заготовок равны; во-вторых, это примитивная геометрия и писать об этом в научной новизне не стоит. В диссертации доказано: для безоблойной штамповки есть преимущество шаровой заготовки перед цилиндрической. Это и необходимо формулировать.

2. Неудачный ракурс рисунка 2.4 (модели распределения интенсивности напряжений при прокатке шаровой заготовки) не позволяет визуально определить, закручивается или нет цилиндрическая заготовка при захвате валками. При отсутствии вращения вместо шара образуется дефект, называемый «рейка».

3. При изготовлении валков по разработанной калибровке автор ориентируется на то (стр. 125), что «нарезка калибров производится на токарно-винторезном станке модели 165». «Методом подбора шестерен гитары станка находим максимально приближенное значение основного шага». Согласен, что такой способ производства очень распространен, но на настоящем уровне развития промышленности и, тем более, в перспективе следует ориентироваться на более прогрессивные технологии изготовления.

4. Стр. 165. «Горячие шары после прокатки на стане по наклонным решеткам скатываются в ковшевой конвейер закалочного устройства». Стр. 174 «На рисунках 4.5–4.8 приведены экспериментальные данные по замеру

твердости шаровых заготовок после термообработки». Данные твердости, приведенные на этих рисунках, действительно подтверждают, что закалка произведена. А зачем нужна закалка для заготовки под безоблойную штамповку?

5. «Для проверки качества металла внутренних слоев» (стр. 174 и далее) автор контролирует распределение твердости по диаметру шаровой заготовки. Во-первых, метод Роквелла для контроля пористости («разрыхления») не применяется. Во-вторых, провалы твердости все же есть: например (рис. 4.5.a) точка 7 – 29 HRC, рядом точка 8 – 37 HRC.

Ряд вопросов связан с ошибками и неточностями терминологического и редакционного характера:

- В п. 3.1.2. автор ошибочно пишет размерность скорости прокатки в об/мин. (стр. 130 и далее). Хотя в экспериментах (стр. 130 – 132) речь идет о частоте вращения инструмента деформации.
- В комментариях к рисунку 3.6 (стр. 132) сказано «... с понижением температуры усилие возрастает.». График же свидетельствует об обратном: $1100\text{ }^{\circ}\text{C} > 900\text{ }^{\circ}\text{C}$, а усилие для деформации горячего металла требуются большие, т.е. графики перепутаны.
- Чертеж поковки «фланец» продублирован в диссертации два раза без изменений рис. 2.13 (стр. 88) и рис. 5.8 (стр. 208). К тому же цепь из трех размеров замкнута общим, это не корректно.

Указанные замечания не снижают общую положительную оценку работы, научную и практическую значимость полученных автором результатов.

Заключение

По объему, актуальности исследований, новизне результатов, их достоверности, научной и практической значимости диссертация М.В. Филипповой является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена научная проблема разработки процессов полугорячей безоблойной штамповки и создания комплекса ресурсосберегающих технологий производства стальных изделий ответственного назначения, имеющая важное хозяйственное значение для машиностроительной промышленности. Диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени доктора технических наук.

Содержание автореферата в полной мере соответствует основному содержанию диссертации.

Диссертационная работа «Развитие научных основ и разработка комплекса ресурсосберегающих технологий полугорячей безоблойной штамповки» содержит новые научно-обоснованные технические и технологические решения развития комплекса энерго- и ресурсосберегающих технологий полугорячей безоблойной штамповки. Внедрение изложенных решений вносит значительный вклад в развитие страны.

