

В диссертационный совет Д 002.060.02
при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки
Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова
Российской академии наук

119334, г. Москва, Ленинский проспект, 49

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

ГОЛОВКИНОЙ МАРИНЫ ГЕННАДЬЕВНЫ

«Исследование влияния технологических параметров процесса горячей обработки металлов давлением на распределение механических свойств по объему полуфабрикатов из алюминиевых сплавов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением

Актуальность работы. В настоящее время одной из основных задач современного машиностроения является обеспечение требуемых механических свойств деталей, получаемых методами горячей обработки металлов давлением. Известно, что анизотропия механических свойств полуфабрикатов, имеющая место в результате горячей обработки металлов давлением, приводит в дальнейшем к снижению эксплуатационных свойств деталей различных конструкций.

Современные методы расчета процессов обработки металлов давлением позволяют определить напряженно-деформированное состояние полуфабриката в зависимости от ряда факторов: химического состава материала, условий деформирования, вида и режимов охлаждения после деформирования и последующей термической обработки, однако не позволяют определить механические свойства полуфабриката и получаемой из него детали.

Для возможности установления распределения и получения требуемых механических свойств по объему полуфабриката после горячей обработки давлением необходимо установить связь между параметрами технологического процесса и формирующимися механическими свойствами материала для получения качественных и количественных показателей.

Поэтому диссертационная работа Головкиной М.Г., посвященная разработке методики прогнозирования механических характеристик полуфабрикатов из алюминиевых сплавов, изготавливаемых методами обработки металлов давлением для получения деталей с заданными механическими свойствами, является актуальной для развития научных и

технологических подходов к разработке процессов обработки металлов давлением.

Научная новизна работы заключается в разработке методики прогнозирования распределения механических свойств по объему полуфабрикатов из алюминиевых сплавов, изготавливаемых методами горячей обработки давлением, с учетом совместного влияния температуры, деформации и скорости охлаждения на величину механических свойств материала. Кроме этого, установлены зависимости между показателями механических свойств алюминиевых сплавов АМгб и Д1 и параметрами технологического процесса горячего деформирования в диапазонах изменения интенсивности деформации от 0,2 до 1,5 (относительная степень деформации составила 0-75%), температуры нагрева перед деформацией от 380°С до 520 °С и скорости охлаждения после формоизменения от 0,1 °С/с до 0,6 °С/с.

Практическая значимость работы заключается в создании программного приложения к САЕ – системе DEFORM, позволяющего прогнозировать распределение механических свойств (предел прочности, предел текучести и твердость) по сечению полуфабрикатов, получаемых методами горячей обработки металлов давлением.

Результаты работы внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) при подготовке бакалавров по дисциплине «Моделирование процессов и систем».

Достоверность и новизна научных результатов и выводов подтверждается применением апробированных методов исследования, соответствием результатов компьютерных прогнозов, базирующихся на разработанных моделях, и экспериментальных данных.

Структура и содержание работы.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, основных выводов, библиографического списка из 98 наименований и содержит 184 страницы текста, 94 рисунка и 25 таблиц.

Во введении обоснована актуальность исследуемой проблемы, сформулированы цель работы и содержание поставленных задач исследования, отмечены научная новизна и практическая ценность полученных результатов.

В первой главе рассмотрены процессы, сопровождающие горячую пластическую деформацию, и их влияние на механические свойства полуфабрикатов. Показано, что механические свойства зависят от химического состава, условий деформирования, напряженно-деформированного состояния, вида и режима последующей термообработки.

Проведен анализ физических процессов, ответственных за упрочнение и разупрочнение. Рассмотрены основные методы решения задач течения сплошной среды, проанализированы их достоинства и недостатки. Отмечено, что эффективным является применение систем инженерного анализа, базирующихся на методе конечных элементов. На основе анализа

литературных данных обоснована актуальность исследований, связанных с разработкой методик прогнозирования механических свойств полуфабрикатов, получаемых горячей ОМД.

Во второй главе приведено описание методики экспериментальных исследований, включая характеристики сплавов АМгб и Д1, применяемое оборудование, приборы и программное обеспечение.

Для анализа напряженно-деформированного состояния, распределения полей температур и получения количественных значений интенсивности деформации проводилось моделирование процесса деформирования и последующего охлаждения образцов с использованием программного комплекса DEFORM. Обработку результатов эксперимента проводили с использованием метода многофакторного планирования эксперимента с последующим статистическим анализом.

В третьей главе приведены результаты экспериментальных исследований процесса горячей прокатки клиновых образцов из алюминиевых сплавов АМгб и Д1. В качестве варьируемых параметров технологического процесса выбраны степень деформации, температура и скорость охлаждения после обработки.

Для численной оценки полученных механических свойств образцов проводились испытания на разрыв. Для этого из прокатанных клиновых заготовок вырезали по 15 образцов для механических испытаний, в результате которых получены значения механических свойств, в частности, предел текучести и предел прочности. Затем на образцах проводили замер твердости по Бринеллю. На основании полученных данных построены зависимости механических свойств от технологических параметров процесса деформирования.

Приведены результаты компьютерного моделирования процесса горячей прокатки и охлаждения образцов в программе DEFORM, включающие картины распределения интенсивностей деформаций, напряжений и температур по объему образца. При этом параметры моделирования – контактное трение, геометрия заготовки, температурно-скоростной режим задавали в соответствии с проведенными физическими экспериментами.

На основе полученных данных разработана методика построения математической модели прогнозирования свойств полуфабрикатов из алюминиевых сплавов, получаемых методами ОМД, учитывающая влияние неоднородного напряженно-деформированного состояния, температуры и скорости охлаждения после деформации.

В четвертой главе разработана автоматизированная система прогнозирования механических характеристик изделий, получаемых методами ОМД на базе интегрированных результатов конечно-элементного анализа и опытных данных.

Автоматизированная система прогнозирования является программным приложением к современным CAE-системам. и построена на основе базы данных, где функциональная зависимость $(T, \varepsilon, \tau) \rightarrow (\sigma_{\text{в}}, \sigma_{0,2}, \text{HB})$

организована в виде взаимосвязанных таблиц базы данных и осуществляется с помощью локальной аппроксимации. Исходная база данных АСП заполнена взаимосвязанными значениями механических характеристик и технологических параметров процесса прокатки и последующего охлаждения клиновых образцов.

На основании проведенных исследований разработана методика прогнозирования распределения механических свойств по объему полуфабрикатов в зависимости от степени деформации, температуры и скорости охлаждения. Методика включает в себя следующие этапы:

- проведение механических испытаний клиновых образцов из исследуемого материала, полученных при прокатке при различных режимах для получения количественных значений изучаемых свойств;

- математическое моделирование процесса пластического течения и охлаждения после деформирования клиновых образцов с целью определения распределения температур и интенсивности деформаций по объему изделия;

- построение с помощью регрессионного анализа функциональных зависимостей механических свойств, полученных опытным путем, от параметров деформационного процесса, установленных в ходе математического моделирования;

- создание базы данных, совмещающей данные по механическим свойствам и результаты конечно-элементного анализа;

- использование полученных зависимостей при моделировании технологических процессов ОМД для установления распределения механических характеристик по объему изделия.

Данная методика разработана и апробирована для прогнозирования распределения следующих механических свойств алюминиевых сплавов АМг6 и Д1: предела текучести, предела прочности и твердости. Методика является универсальной и может применяться для прогнозирования распределения механических, эксплуатационных и других свойств, зависящих от НДС, температуры и скорости охлаждения, различных металлов и сплавов.

В заключении сформулированы *общие выводы по работе*.

Основное содержание диссертации отражено в 5 статьях в рецензируемых изданиях, внесенных в «Перечень утвержденных ВАК Российской Федерации изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней»; 8 тезисах докладов на международных и всероссийских научно-технических конференциях общим объемом 2,8 печ. л.; из них авторских – 2 печ. л.

Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации.

По работе можно сделать следующие **замечания**:

1. Можно отметить некоторую несогласованность названия и цели работы, поскольку в названии указано об исследовании влияния технологических параметров горячей объемной штамповки на распределение механических свойств в изделии, а в цель работы вынесена разработка методики прогнозирования распределения свойств в изделии.

2. Из диссертации не ясно, чем обоснован выбор температурного интервала деформирования сплавов АМг6 и Д1: 380, 450, 520 °С, поскольку температурный интервал горячего деформирования сплава АМг6: 320 - 470°С, а для сплава Д1: 310 - 470°С.

3. Проверку адекватности построенной регрессионной модели для определения твердости по Бринеллю проводили путем сравнения результатов экспериментальных и расчетных данных. Однако при этом не обосновывается вывод об адекватности и других построенных регрессионных моделей (σ_b , $\sigma_{0,2}$) без соответствующего сравнения с экспериментальными данными.

4. В работе сделан вывод о том, что разработанная автоматизированная система прогнозирования механических свойств алюминиевых изделий после горячей пластической деформации обладает высокой точностью решения. Однако проверку точности предлагаемой автоматизированной системы прогнозирования механических свойств также проводили только при сравнении экспериментальных данных и результатов прогнозирования величины твердости по Бринеллю в контрольных точках.

5. В работе отмечено, что методика прогнозирования распределения механических свойств по объему полуфабрикатов в зависимости от степени деформации, температуры и скорости охлаждения разработана и апробирована для прогнозирования распределения механических свойств алюминиевых сплавов АМг6 и Д1 при определенных условиях (относительная степень деформации 0...75%), температура нагрева 380...520°С, скорость охлаждения от 0,1...0,6°С/с).

Вместе с тем, ничем не обоснован вывод о том, что данная методика является универсальной и может применяться для прогнозирования распределения свойств различных металлов и сплавов.

6. При проведении дальнейших исследований желательно учесть влияние последующей термической обработки на механические свойства отштампованного полуфабриката, а также решить вопрос определения оптимальных технологических режимов деформирования (температура нагрева заготовки, скорость деформирования, скорость охлаждения, технологические переход и т.д.) в зависимости от требуемых свойств готовой детали.

Отмеченные замечания существенно не снижают высокий уровень диссертационной работы и не влияют на ее общую положительную оценку.

Заключение. Диссертационная работа Головкиной М.Г. является законченной научно-квалификационной работой, в которой разработана методика прогнозирования распределения механических свойств по объему полуфабрикатов из алюминиевых сплавов, изготавливаемых методами горячей обработки давлением, позволяющая определять механические и эксплуатационные свойства деталей в зависимости от параметров технологического процесса изготовления полуфабрикатов.

Представленная диссертационная работа по актуальности, достоверности, научной новизне и практической значимости результатов

