

Проректор по науке

А.В. Германенко

2020 г.



на диссертацию Аль-Кхузаи Ахмед Салим Олейви

Актуальность темы диссертации

Производство бесшовных стальных труб занимает существенный сегмент в экономике нашей страны и во многом определяет успешность развития нефтяной и газовой промышленности России. Большая доля трубной продукции изготавливается на трубопрокатных агрегатах с непрерывными раскатными станами, которые отличаются высокой производительностью, высокой точностью размеров продукции и качеством ее поверхности. Кроме того, некоторые заводы используют трубопрокатные агрегаты, включающие современные непрерывные раскатные станы типа PQF (Premium Quality Finishing) и FQM (Fine Quality Mill), рабочие клетки которых оснащены тремя валками для обеспечения еще более высокого качества поверхности и точности размеров прокатываемых труб. Ввиду высокого темпа прокатки на первый план выходят вопросы рационального использования фонда рабочего времени непрерывных станов. Одним из направлений уменьшения простоев оборудования является исключение аварийных

ситуаций, связанных с поломкой оборудования ввиду превышения усилия на валки, а также с образованием так называемых гармошек в рабочих клетях ввиду нарушения скоростного режима работы непрерывного стана. Это обстоятельство делает **актуальным** проведение исследований в области сопротивления трубных сталей пластической деформации в условиях, приближенных к промышленным, т.к. знание реологических свойств материала позволяет анализировать фактические условия прокатки труб более качественно и разрабатывать такие режимы деформации, которые снижали бы вероятность аварийных ситуаций.

Актуальность работы обусловлена также все более широким использованием методов компьютерного моделирования для анализа технологических процессов обработки металлов давлением, которые невозможно выполнить без учета реальных свойств материала, в частности зависимости напряжений течения от степени и скорости деформации, температуры материала и ряда других факторов. Ввиду ограниченности литературных сведений о сопротивлении металлов и сплавов пластической деформации в условиях, приближенных к промышленным, разработка методик соответствующих экспериментальных исследований является весьма актуальной.

Основное содержание диссертации

Диссертация содержит введение, четыре главы, выводы по работе, библиографический список из 136 наименований и четыре приложения.

Во введении показана актуальность диссертационной работы и степень разработанности темы исследования, сформулирована цель и определены задачи диссертационного исследования, отражена научная новизна работы, теоретическая ценность и практическая значимость полученных результатов, приведены положения, выносимые на защиту, а также представлена информация об апробации результатов исследования и публикациях автора по теме диссертации.

В первой главе представлен аналитический обзор по тематике диссертационного исследования. Рассмотрены особенности непрерывной прокатки труб, включая напряженно-деформированное состояние металла в процессе

прокатки, факторы, влияющие на сопротивление деформации металлов и сплавов пластической деформации, а также существующие математические модели для их учета. На основе проведенного анализа сформулирована цель работы и определены задачи диссертационного исследования.

Во второй главе на основе компьютерного моделирования в программе QForm выполнен анализ напряженно-деформированного состояния материала трубы при прокатке в непрерывном стане. За прототип принят непрерывный стан ТПА-80 Синарского трубного завода. Установленные закономерности изменения температурно-скоростных условий деформации приняты за основу при расчете сопротивления деформации стали 09Г2С по известной методике Андреюка-Тюленева. Анализ полученных результатов показал, что существующие эмпирические зависимости для расчета сопротивления деформации дают заниженные результаты для многостадийных процессов обработки металлов давлением и для корректной оценки энергосиловых параметров необходим учет эффектов разупрочнения материала в междеформационных паузах.

Третья глава посвящена разработке феноменологической модели сопротивления металлов и сплавов пластической деформации, которая учитывает эффекты разупрочнения материала не только во время пауз между этапами нагружения, но и в процессе самой деформации. Разработанный алгоритм для расчета сопротивления деформации был положен в основу программного продукта на базе электронных таблиц EXCEL, позволяющего автоматизировать вычисления.

В этой же главе на основе испытаний цилиндрических образцов на растяжение и ступенчатую осадку, выполненных с применением испытательного комплекса Gleeble 3800, были определены параметры деформационного упрочнения и разупрочнения трубных сталей 32Г2У, 09Г2С и 32ХГА. На основе полученных моделей был выполнен расчет величины сопротивления пластической стали 09Г2С, соответствующей условиям прокатки труб на непрерывном стане ТПА-80 Синарского трубного завода. Сравнение полученных результатов с результатами расчетов согласно методике Андреюка-Тюленева подтвердило эффективность предложенной методики расчета сопротивления деформации.

Четвертая глава посвящена вопросам практического применения результатов диссертационного исследования. Полученные результаты были использованы при корректировке калибровки валков калибровочного стана термического отдела Волжского трубного завода и при корректировке режимов деформации на стане FQM Северского трубного завода.

В выводах по работе обобщены результаты выполненного исследования.

В целом рассмотренная диссертация представляет собой самостоятельную, законченную научно-квалификационную работу. Основные материалы опубликованы в 6 научных работах, которые полностью отражают основное содержание диссертации, из которых 3 статьи опубликованы в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень изданий ВАК, 1 статья проиндексирована международной базой Scopus.

Научную новизну представляют следующие результаты диссертации:

- Получены закономерности изменения параметров напряженно-деформированного состояния металла гильзы при ее раскатке в непрерывном стане и соответствующее им изменение сопротивление металла пластической деформации.
- Исследованы закономерности изменения сопротивления стали пластической деформации в диапазоне температур от 300°C до 600°C.
- Уточнены эмпирические зависимости сопротивления пластической деформации трубных сталей при температурах тепловой деформации.

Значимость для развития теории обработки металлов давлением определяется следующими результатами исследований соискателя:

- Выполнена классификация процессов деформации, используемых при производстве труб с точки зрения использования методик определения сопротивления металла пластической деформации.
- Разработана методика экспериментального определения реологических коэффициентов металлов и сплавов, входящих в универсальную

феноменологическую модель сопротивления металла пластической деформации.

Практическую значимость диссертации представляют следующие разработки автора:

- Получены значения реологических коэффициентов для трубной стали марок 32Г2У, 09Г2С, 32ХГА.
- Получена база данных по сопротивлению пластической деформации стали марок 32Г2У, 09Г2С, 32ХГА в зависимости от степени деформации при температурах 20°C, 300°C, 600°C, 900°C и 1200°C при скорости деформации 10 с^{-1} .

Рекомендации по использованию результатов диссертации

Перечисленные выше разработки соискателя, имеющие практическую ценность, рекомендуется использовать на предприятиях, производящих горячекатаные бесшовные стальные трубы, таких как: АО «Волжский трубный завод», г. Волжский; ПАО «Северский трубный завод», г. Полевской; ПАО «Синарский трубный завод», г. Каменск-Уральский.

Замечания по диссертации

1. По тексту диссертации имеются многочисленные орфографические и синтаксические ошибки, например, на страницах 5, 6, 9, 11, 13, 14 и др. Имеются также замечания, связанные с форматированием некоторых абзацев в тексте диссертации, например, на страницах 4, 10, 22.
2. Имеются замечания к оформлению библиографического списка, ряд ссылок в котором оформлен с отклонениями от ГОСТ 7.1-2003, например, ссылки №№82-85, 95 и др. Это же касается и списка публикаций автора по теме диссертации, приведенного на странице 8.
3. Отсутствует пояснение величин, входящих в формулы 19 и 22, при этом формула 22 приведена по тексту диссертации повторно.

4. В таблицах 7, 8 и 9 приведена неверная формула для расчета деформации сдвига Λ .
5. Чертеж образца для испытания на сжатие, приведенный в приложении В, выполнен с ошибкой. Вместо диаметра 10.000 mm указано значение 10 000 mm.
6. На странице 39 автор утверждает, что существующие в литературе формулы позволяют описывать только возрастающие зависимости сопротивления металлов пластической деформации, какие бы значения не принимали входящие в них коэффициенты. Следует не согласиться с этим утверждением, т.к. модели, учитывающие разупрочнение металлов и сплавов в процессе деформации, существуют, например, модели Коновалова А.В, Смирнова А.С. и некоторые другие.

Вопросы по диссертации

1. При проведении компьютерного моделирования процесса раскатки гильз в рабочих клетях непрерывного стана в качестве материала гильзы использована сталь 40. При этом полученные результаты относительно температурно-скоростных условий прокатки использованы для расчета сопротивления деформации стали 09Г2С. Чем обусловлен выбор именно этой марки стали для проведения компьютерного моделирования и правомерно ли результаты расчета температурно-скоростных условий прокатки, полученные для одного материала, использовать для прогнозирования сопротивления деформации другого материала?
2. Согласно результатам компьютерного моделирования, приведенным в таблице 3, скорость деформации материала гильзы в зависимости от номера клетки принимает значения в диапазоне от 1,66 до 5,47 с⁻¹. Эти значения использованы для расчета сопротивления деформации стали 09Г2С по методике Андреюка-Тюленева. В свою очередь экспериментальные исследования сопротивления деформации трубных марок стали, в т.ч. 09Г2С, проведены при единственном значении скорости деформации 10 с⁻¹. Чем

обусловлен выбор именно этого значения скорости деформации? Правомерно ли в таком случае сравнивать результаты расчета величины сопротивления деформации, полученные по методике Андреюка-Тюленева, с экспериментальной моделью сопротивления деформации, установленной автором диссертации (рисунок 33)?

3. Обеспечивалось ли постоянство скорости деформации материала образцов при проведении испытаний на осадку и растяжение с использованием испытательного комплекса Gleeble 3800?
4. Из рисунков 24, 25 и 26 не ясно в каких координатах приведены кривые упрочнения сталей, полученные по результатам испытаний образцов на растяжение – в инженерных, истинных или эквивалентных. Учитывалась ли локализация деформации образца в шейке? Учитывалось ли неоднородное распределение напряжений в шейке?
5. При испытаниях образцов на осадку при температуре 600°C был обнаружен аномальный характер измерения напряжений, при котором наблюдаются эффекты разупрочнения. Утверждается, что снижение сопротивления деформации обеспечивается разрушением прослоек цементита в зернах перлита и образованием шаровидных карбидов, при этом изменений фазового состава стали не наблюдается. Тогда чем можно объяснить возрастание сопротивления деформации при ступенчатом нагружении образцов в начале следующего этапа деформации относительно предыдущего?
6. Каковы механизмы разупрочнения сталей 32Г2У и 32ХГА при температуре 300°C? И почему разупрочнение сталей наблюдается лишь на третьем этапе нагружения образцов?
7. Вызывает сомнение справедливость уравнения кривой упрочнения стали 32Г2У при температуре 20°C, приведенного на странице 84. Показатель упрочнения n получен больше 1 и составляет 1,269. Обычно это справедливо для полимерных материалов, а не для сталей. Выполнялась ли статистическая оценка достоверности полученных результатов?

8. При практическом использовании результатов исследования автором получены кривые изменения сопротивления сталей 32Г2У, 09Г2С и 32ХГА пластической деформации в табличном виде, адаптированном к вводу в базу данных программы QForm. Отражены ли в этих таблицах эффекты разупрочнения материалов и каким образом?

Заключение

Имеющиеся замечания и вопросы по диссертации не снижают ценности полученных результатов, а научные положения и выводы, представленные в диссертационной работе соискателя, являются обоснованными, достоверными, а также согласуются с общепринятыми положениями и закономерностями теории и практики непрерывной прокатки труб. Результаты диссертации обладают научной новизной, теоретической и практической значимостью и вносят вклад в развитие теории и технологии прокатки стальных бесшовных труб.

Автореферат отражает содержание диссертации, ее основные результаты и выводы.

Основные положения и результаты диссертационной работы обсуждены на научных конференциях и достаточно полно опубликованы в научной печати, в том числе в изданиях, определенных перечнем ВАК.

Диссертация А.С.О. Аль-Кхузаи является самостоятельной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки, связанные с изучением сопротивления сталей и сплавов пластической деформации с учетом эффектов разупрочнения в условиях, приближенных к промышленным. Диссертация соответствует специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением. Диссертационная работа соответствует требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор Аль-Кхузаи Ахмед Салим Олейви заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением.

Диссертация обсуждена на заседании кафедры «Обработка металлов давлением». Отзыв на диссертацию утвержден на заседании кафедры «Обработка металлов давлением», протокол № 6 от 25 июня 2020 года.

Заведующий кафедрой

«Обработка металлов давлением»,

доктор технических наук,

доцент

Шварц

Данил Леонидович

докторская диссертация защищена по специальности

05.16.05 – Обработка металлов давлением

Отзыв составил:

доцент кафедры

«Обработка металлов давлением»,

кандидат технических наук

Ерпалов

Михаил Викторович

кандидатская диссертация защищена по специальности

05.16.05 – Обработка металлов давлением

Сведения о ведущей организации

Полное наименование организации в соответствии с Уставом	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
Сокращенное наименование организации	ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
Ведомственная принадлежность	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Почтовый индекс, адрес организации	620002, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19
Телефон	+7 (343) 375-45-96
Адрес электронной почты	l.n.mazaeva@urfu.ru
Сайт организации	urfu.ru

ПОДПИСЬ
ЗАВЕРЯЮ



ЗАМ. НАЧАЛЬНИКА
УДЮВ
Р.А. УЛЬЯНОВА