

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ
ОРГАНИЗАЦИЙ (ФАНО РОССИИ)
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки

ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ
И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ
им. А.А. Байкова
Российской академии наук
(ИМЕТ РАН)

119334, ГСП-1, Москва, Ленинский пр., 49

Тел. (499) 135-20-60, 135-86-11; факс: 135-86-80

E-mail: imet@imet.ac.ru <http://www.imet.ac.ru>

ОКПО 02698772, ОГРН 1027700298702

ИНН/КПП 7736045483/773601001

19.11.2018 № 12202-2154/19 _____

На № _____

НИИЦ «Курчатовский институт» ЦНИИ КМ «Прометей»		
ДОУ	Вх. № 3637	в ДЕЛО
	29.11.2018 г.	
	Осн. 4 л.	
	Прил. _____ л.	
	№ _____	подп. _____

ОТЗЫВ

доктора технических наук, доцента, ведущего научного сотрудника, и.о. зав. Лабораторией
«Физикохимии и механики металлических материалов» ИМЕТ РАН
Костиной Марии Владимировны,
на автореферат диссертационной работы Фоминой Ольги Владимировны
«Создание технологических принципов управления структурой и физико-механическими
свойствами высокопрочной аустенитной азотсодержащей стали», представленной
на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.01
- «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»

Диссертационная работа Ольги Владимировны Фоминой посвящена решению актуальной проблемы - разработке и последующей промышленной реализации научных основ технологии формирования у высокопрочной аустенитной азотсодержащей Cr-Ni-Mn стали 04X20H6Г11М2АФБ структурно-фазовых состояний, обеспечивающих получение заданных физико-механических и эксплуатационных свойств у горячедеформированных листовых полуфабрикатов.

Диссертантом проделана большая предварительная аналитическая работа по анализу факторов и механизмов фазо- и структурообразования в азотсодержащих аустенитных сталях на всех этапах их производства и эксплуатации, позволившая выявить существующие технологические проблемы, сформулировать цель и задачи работы.

В литературе до настоящего времени имелось мало данных о влиянии структурной наследственности литого состояния на способность к горячей пластической деформации, структуру, фазовый состав и свойства горячедеформированных азотсодержащих Cr-Ni-Mn сталей аустенитного класса. Указанный пробел в значительной мере восполнен выполненными О.В. Фоминой систематическими исследованиями, направленными на установление закономерностей формирования структуры азотсодержащей стали в процессе кристаллизации, последующего охлаждения, термической обработки литого металла в зависимости от содержания легирующих элементов, температурно-временных параметров процесса

термообработки. Для аустенитной стали марки 04X20H6Г11М2АФБ, с использованием термодинамического моделирования фазового состава, а также на основе изучения лабораторного и промышленного металла, диссертантка установила граничное соотношение хромового и никелевого эквивалентов ($St_{\text{экв}}/Ni_{\text{экв}}$), приводящее к изменению механизма кристаллизации стали (через полностью аустенитную область, либо через двухфазную с дельта-ферритом, выявила влияние механизма кристаллизации на особенности ликвационной неоднородности химического состава и её снижение при последующем отжиге.

В представленной работе осуществлено физическое моделирование горячей деформации слитков стали марки 04X20H6Г11М2АФБ, соответствующее реальным промышленным условиям термдеформационной обработки слитков при ковке и листовой прокатке, и определены характеристики сопротивления деформации. Сделан практически важный вывод о положительном влиянии δ -феррита на горячую пластичность исследуемой стали и, соответственно, предпочтительности механизма кристаллизации через δ -феррит с последующим превращением в аустенит при термической обработке. Изучено влияние температуры и скорости деформации, степени дробной деформации на формирование структуры при ВТМО, в том числе: - на процессы рекристаллизации; - на выделение вторичных фаз. Изучены закономерности изменения структурно-фазового состояния стали при ВТМО. Сформулировано условие необходимого для стали изученной марки соотношения никелевого и хромового эквивалентов для получения стабильно аустенитной стали (без дельта феррита и сигма-фазы).

С учетом выявленных закономерностей диссертанткой, на основе анализа термдеформационных параметров, структуры и свойств промышленного листового проката толщиной 20–45 мм, 4-18 мм, профильного проката и поковок разработаны технологические режимы его промышленного изготовления и проведено их успешное опробование. При этом в каждом случае были решены задачи выбора параметров процесса термдеформационной и термической обработки, формирующие конечную однородную мелкозернистую структуру с заданным уровнем механических свойств. Выявлены причины повышенного трещинообразования азотсодержащей стали при изготовлении брам и поковок на промышленном ковочном прессе и наиболее опасные операции, приводящие к образованию трещин при ковке.

Осуществлено исследование технологичности стали. Изучено влияние вида, степени и схемы холодной пластической деформации, ее распределения по объему заготовки, на изменение структуры и свойств стали. Предложены технологические схемы изготовления штампованных деталей сложной формы, успешно изготовлены штампованные детали сферической и торосферической формы. Изучены вопросы свариваемости с применением различных способов сварки и сварочных материалов, в том числе – как глубоко аустенитного, так и склонного к образованию феррита: структура, фазовый и химический состав сварных соединений, их магнитная проницаемость, механические свойства и коррозионная стойкость. Показана возможность получения бездефектных, высокопрочных и коррозионно-стойких немагнитных сварных соединений, не требующих проведения дополнительной термической обработки.

Изучены закономерности влияния процессов динамического, статического (со скоростью от 10^{-4} до 1 с^{-1}) нагружения разной степени, а также циклического нагружения на изменение структуры и механических свойств стали. Сделан вывод о достаточно высоком

запасе пластичности и вязкости стали и ее способности выдерживать значительные динамические нагрузки. Показано, что наличие 7% дельта-феррита в структуре стали снижает ее ударную вязкость, при этом разрушение происходит, в основном, по границам раздела «аустенитная матрица/δ-феррит». Установлено, что амплитуда деформации в диапазоне $\epsilon_a=0,2-0,4\%$ не влияет на значения временного сопротивления, в то время как предел пропорциональности и предел текучести монотонно снижаются при увеличении амплитуды циклической деформации. Изучено влияние напряжения при упругопластической деформации на магнитные свойства полностью аустенитной стали и стали с 7% остаточного феррита. Показано, что значения магнитной проницаемости до $\mu=1,001$ сохраняются во всем диапазоне приложенных растягивающих напряжений.

Анализ материалов автореферата позволяет заключить, что диссертационная работа О.В. Фоминой выполнена на высоком научно-техническом уровне. Достоверность полученных ею данных следует из применения современного исследовательского оборудования и методов исследований, принятых в современном металловедении, сопоставимости расчетных и экспериментальных данных. Она также подтверждена успешным промышленным опробованием полученных результатов. Несомненна научная новизна работы. Впервые проведены столь масштабные и системные исследования высокопрочной аустенитной азотсодержащей стали, направленные на создание технологических принципов управления её структурой и физико-механическими свойствами. Работа имеет высокую практическую значимость, поскольку выявленные диссертанткой закономерности позволили разработать технологические режимы промышленного производства высокопрочного коррозионно-стойкого аустенитного листового проката из азотсодержащей стали 04X20H6Г11M2АФБ толщиной 20–45 мм, 4-18 мм, профильного проката и поковок. Режимы были успешно опробованы, имеются акты внедрения.

Результаты диссертационной работы прошли апробацию. Основные результаты изложены в 19 статьях в профильных зарубежных и отечественных и журналах (все последние - в рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК), начиная с 2007 года по н.в. доложены на Российских и международных научных конференциях. Автореферат аккуратно и тщательно оформлен.

По автореферату можно сделать некоторые замечания:

1. На стр. 16-17 автореферата обсуждается эволюция литой структуры вариаций изученной стали. Указывается, что «...исследования влияния высокотемпературного нагрева и выдержки перед горячей деформацией на изменение дендритной структуры и распределения легирующих элементов в стали, кристаллизующейся по различным механизмам, осуществляли с учетом полученных результатов превращения остаточного δ-феррита». Далее обсуждаются результаты выдержки литой стали при температуре 1060°C в течение 100 мин. Из текста автореферата не ясно, почему были выбрана данная, относительно невысокая температура и небольшая длительность гомогенизирующего отжига.
2. На стр. 37 автореферата, в разделе, описывающем технологичность стали, отмечается, что «Сварные соединения из стали обладают высоким комплексом механических свойств и коррозионной стойкостью ко всем видам коррозии». Однако, в тексте автореферата не приводится никаких конкретных данных по коррозионной стойкости изученных сварных соединений, в списке основных статей по диссертационной работе не имеется публикации, посвященной вопросу коррозионной стойкости.

Указанные замечания не снижают общей высокой оценки актуальной, научно и практически значимой диссертационной работы О.В. Фоминой.

Представленная в автореферате докторская диссертационная работа является законченным научным исследованием, свидетельствующем о высокой квалификации соискателя, соответствует «Критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание ученых степеней» согласно Положению о присуждении ученых степеней, утвержденному Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., её автор – **Фомина Ольга Владимировна** - заслуживает присуждения ей искомой степени доктора технических наук по специальности 05.16.01-«Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Д.т.н., доцент, в.н.с., и.о. зав.

Лабораторией «Физикохимии и механики металлических материалов»
ИМЕТ РАН

 Костина Мария Владимировна

Подпись М.В. Костиной заверяю:

Ученый секретарь ИМЕТ РАН,

К.т.н.



 Фомина Ольга Николаевна