

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

**Заключение диссертационного совета Д ПНИПУ.05.13
по диссертации Шайманова Григория Сергеевича
на соискание ученой степени кандидата технических наук**

Диссертация «Исследование влияния деформационно-термической обработки на структуру, механические свойства и особенности изломов углеродистых и низколегированных конструкционных сталей» по специальности 2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов принята к защите 13 декабря 2022 года (протокол заседания № 6) диссертационным советом Д ПНИПУ.05.13, созданным по приказу ректора Пермского национального исследовательского политехнического университета от «06» апреля 2022 г. № 33-О в рамках реализации предоставленных ПНИПУ прав, предусмотренных абзацами вторым – четвертым пункта 3.1 статьи 4 Федерального закона от 23 августа 1996 г. № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» на основании распоряжения Правительства Российской Федерации от 23 августа 2017 г. № 1792-р.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, на кафедре «Металловедение, термическая и лазерная обработка металлов»

Научный руководитель – кандидат технических наук (05.16.09), Симонов Михаил Юрьевич, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, кафедра «Металловедение, термическая и лазерная обработка металлов», директор лаборатории.

Официальные оппоненты:

1 Швейкин Владимир Павлович, доктор технических наук (05.16.01 –

Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов), профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт машиноведения имени Э.С. Горкунова» Уральского отделения Российской академии наук, директор.

2 Куприянова Ольга Александровна кандидат технических наук (05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов), Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова», Научно-исследовательский институт Наносталей, научный сотрудник ресурсного центра нанотехнологий и наноматериалов.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, город Новосибирск (отзыв ведущей организации утвержден Бровановым Сергеем Викторовичем, доктором технических наук, доцентом, проректором по научной работе, заслушан на заседании научного семинара кафедры материаловедения в машиностроении 15.12.2022 года и подписан Батаевым Владимиром Андреевичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой материаловедения в машиностроении НГТУ).

По материалам диссертации соискателем опубликовано 12 работ, из них – 11 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, из них - все 11 работ - в международных научных изданиях, индексируемых в наукометрических базах данных Scopus и Web of Science. Получено 2 патента РФ на изобретение.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем научных трудах. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Симонов М. Ю., Шайманов Г. С., Перцев А. С., Юрченко А. Н., Симонов Ю. Н. Динамическая трещиностойкость и структура трубной заготовки из стали 09Г2С после деформационно-термической обработки // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2017. – № 6 (744). – С. 64-71. (ВАК). Переводная версия: Simonov, M.Y., Shaimanov, G.S., Pertsev, A.S. et al. Dynamic Crack Resistance and Steel 09G2S Tubular Billet Structure After Deformation and Heat Treatment. Met Sci Heat Treat. – 2017. - V.59. – P. 389–396. <https://doi.org/10.1007/s11041-017-0161-6>. (WoS, Scopus).

2. G.S. Shaimanov, M. Yu. Simonov, Yu. N. Simonov Comparative analysis of machine steels structure parameters and dynamic crack resistance after deformation-and-heat treatment // *Materials Today: Proceedings.* – 2019. – V.19. – Part 5 - P. 2167-2173. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.07.239>. (Scopus).

В работах соискателем проведено исследование влияния деформационно-термической обработки на структуру, характеристики прочности и надежности конструкционных сталей 09Г2С, 25 и 35Х.

3. Симонов М. Ю., Георгиев М. Н., Симонов Ю. Н., Ханов А. М., Шайманов Г. С. Оценка параметров рельефных составляющих изломов высоковязкой конструкционной стали 09Г2С после динамических испытаний // *Металловедение и термическая обработка металлов.* - 2012. - №11. - С.45-50. (ВАК). Переводная версия: Simonov, M.Y., Georgiev, M.N., Simonov, Y.N. et al. Evaluation of the parameters of texture components of fractures of high-toughness structural steel 09G2S after dynamic tests // *Met Sci Heat Treat.* – 2013. – V.54 - P. 600–604. <https://doi.org/10.1007/s11041-013-9556-1>. (WoS, Scopus).

4. Симонов М. Ю., Шайманов Г. С., Перцев А. С., Симонов Ю. Н., Князева А. Н., Шибанова К. А., Смирнов А. И. Влияние структуры на динамическую трещиностойкость и особенности микромеханизма роста трещины стали 35Х после холодной радиальнойковки // *Металловедение и термическая обработка металлов.* - 2016. - № 2 (728). - С. 24-32. (ВАК). Переводная версия: Simonov, M.Y., Shaimanov, G.S., Pertsev, A.S. et al. Effect of structure on the dynamic crack resistance and special features of the micromechanism of crack growth in steel 35Kh after cold radial forging // *Met Sci Heat Treat.* - 2016. – V.58. – P. 82–90. <https://doi.org/10.1007/s11041-016-9968-9>. (WoS, Scopus).

5. Симонов М. Ю., Симонов Ю. Н., Шайманов Г. С. Структура, динамическая трещиностойкость и микромеханизм роста трещин в трубных заготовках после деформационно-термической обработки // *Физика металлов и металловедение.* - 2018. - Т. 119. - № 1.- С. 54-62. (ВАК). Переводная версия: Simonov, M.Y., Simonov, Y.N., Shaimanov, G.S. Structure, dynamic cracking resistance, and crack growth micromechanism in pipe billets after thermomechanical treatment // *Phys. Metals Metallogr.* – 2018. - V.119. - P. 52–59. <https://doi.org/10.1134/S0031918X18010155>. (WoS, Scopus).

6. Симонов М. Ю., Симонов Ю. Н., Шайманов Г. С. Структурные и фрактографические особенности формирования расщеплений в низколегированной стали, подвергнутой деформационно-термической обработке // *Металловедение и термическая обработка металлов.* - 2019. - № 10 (772). - С. 5-15. (ВАК). Переводная версия: Simonov,

M.Y., Simonov, Y.N., Shaimanov, G.S. Structural and fractographic features of formation of splits in low-alloy steel subjected to thermal deformation treatment // Met Sci Heat Treat. – 2020. – V.61 - P. 591–600. <https://doi.org/10.1007/s11041-020-00466-8>. (WoS, Scopus).

7. Шайманов Г. С., Симонов М. Ю., Перцев А. С., Симонов Ю. Н. Структура, механические свойства и особенности поверхности разрушения конструкционных сталей, подвергнутых деформационно-термической обработке // Metallurg. - 2019. - № 5. - С. 62-74. (ВАК). Переводная версия: Shaimanov, G.S., Simonov, M.Y., Pertsev, A.S. et al. Structure, mechanical properties and fracture surface features of structural steels subjected to deformation-heat treatment // Metallurgist. – 2019. – V.63. – P. 496–510. <https://doi.org/10.1007/s11015-019-00850-7>. (WoS, Scopus).

В работах выполнены исследования поверхности разрушения углеродистых и низколегированных конструкционных сталей. По результатам количественной оценки элементов поверхности разрушения, полученным соискателем, предложена классификация по соотношению средних поперечных размеров элементов поверхности разрушения к их средней глубине. Проведен сравнительный анализ структуры, характеристик прочности, надежности и параметров элементов поверхности разрушения сталей 09Г2С, 25 и 35Х, подвергнутых деформационно-термической обработке.

8. Симонов М. Ю., М Георгиев М. Н., Симонов Ю. Н., Шайманов Г. С. Оценка размеров зоны пластической деформации высоковязких материалов после динамических испытаний методом систематического измерения микротвердости // Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallorv. - 2012. - №11. - С.40-45. (ВАК). Переводная версия: Simonov, M.Y., Georgiev, M.N., Simonov, Y.N. et al. Evaluation of the sizes of the zone of plastic strain of high-toughness materials after dynamic tests by the method of systematic measurement of microhardness // Met Sci Heat Treat. 2013. - V.54. – P. 595–599. <https://doi.org/10.1007/s11041-013-9555-23>. (WoS, Scopus).

9. Симонов М. Ю., Наймарк О. Б., Симонов Ю. Н., Георгиев М. Н., Шайманов Г. С., Карпова Д. Д., Билалов Д. А. Структурные аспекты зон пластической деформации. Часть I. Эффект адиабатического сдвига // Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallorv - 2019. - № 10 (772). - С. 43-53. (ВАК). Переводная версия: Simonov, M.Y., Naimark, O.B., Simonov, Y.N. et al. Structural aspects of zones of plastic strain. Part I. Effect of adiabatic shear // Met Sci Heat Treat. – 2020. – V.61. – P. 628–638. <https://doi.org/10.1007/s11041-020-00471-x>. (WoS, Scopus).

Разработана методика оценки размеров и формы зоны пластической деформации высоковязких конструкционных сталей по результатам систематических измерений микротвердости, выполненных соискателем. Рассмотрены особенности структуры в зонах пластической деформации под поверхностью разрушения после однократных динамических испытаний.

Полученные патенты

10. Пат. 2516391. Российская федерация. МПК G 01 n 3/28. Способ определения зоны пластической деформации под изломом в образце / Ю. Н. Симонов, М. Ю. Симонов, Г. С. Шайманов, Л. Е. Макарова; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет». – № 2012153101/28; заявл. 07.12.2012. опубл. 20.05.2014 //Бюл. №14. 2014. 15 с.

11. Пат. 2598972 РФ: МПК G 01 N 3/30. Способ оценки физико-механических свойств высоковязких листовых конструкционных сталей: Ю. Н. Симонов, М. Ю. Симонов, Г. С. Шайманов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет». заявл. 18.06.2015. опубл. 10.10.2016 // Бюл. №28. 14 с.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований

установлена взаимосвязь ударной вязкости и динамической трещиностойкости с параметрами строения изломов, характеристиками прочности и пластичности сталей 09Г2С, 25 и 35Х в различном структурном состоянии, что позволило выявить режимы деформационно-термической обработки, обеспечивающие высокий уровень динамической трещиностойкости одновременно с повышенным уровнем прочности;

доказана возможность построения диаграмм динамической трещиностойкости конструкционных сталей, подвергнутых деформационно-термической обработке, что позволило проводить их ранжирование по уровню динамической трещиностойкости;

выявлено положительное влияние увеличения размеров зон пластической деформации на ударную вязкость и динамическую трещиностойкость конструкционных сталей, подвергнутых деформационно-термической обработке;

установлены особенности микромеханизмов роста трещин в конструкционных сталях, подвергнутых деформационно-термической обработке, при динамическом нагружении, позволяющие дополнительно повысить ударную вязкость и динамическую

трещиностойкость.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

установлено повышение уровня ударной вязкости и динамической трещиностойкости конструкционных сталей по мере увеличения поперечных размеров ямок и их доли на поверхности разрушения;

раскрыт механизм образования макро-расщеплений на поверхности изломов конструкционных сталей, подвергнутых деформационно-термической обработке, заключающийся в слиянии близкорасположенных глубоких ямок-тоннелей в микро-расщепления и дальнейшем объединении микро-расщеплений в более крупные мезо- и макро-расщепления;

установлено, что формирование расщеплений в изломах конструкционных сталей, подвергнутых деформационно-термической обработке, способствует поддержанию высоких показателей динамической трещиностойкости и ударной вязкости, в том числе - и при низких климатических температурах;

показано, что построение карт распределения микротвердости в зонах пластической деформации под поверхностью динамического разрушения, позволяет определить форму и размеры зон и связать эти параметры с уровнем ударной вязкости и динамической трещиностойкости.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

построены диаграммы динамической трещиностойкости конструкционных сталей, подвергнутых деформационно-термическим обработкам, по результатам испытаний двух серий образцов на стандартном лабораторном оборудовании (патент РФ № 2485476);

предложена методика трехмерной количественной оценки параметров рельефа разрушения конструкционных сталей, позволяющая классифицировать элементы ямочного микрорельефа поверхности разрушения по типам и размерам;

разработана и апробирована методика определения формы и размеров зон пластической деформации под поверхностью разрушения конструкционных сталей (патент РФ №2516391), подвергнутых деформационно-термическим обработкам.

Результаты диссертационного исследования Шайманова Г.С. рекомендуется использовать в практике машиностроительным предприятиям: АО «ЭЛКАМ-нефтемаш», АО «ПНИТИ», ООО «МГМ», ООО «Фирма «Радиус-Сервис», ЗАО «Гидробур-сервис» и других.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

для экспериментальных работ использовано сертифицированное оборудование, стандартные методики определения механических свойств сталей и показана воспроизводимость результатов исследования;

теория построена на известных положениях металловедения и термической обработки, согласуется данными других исследователей по теме диссертации;

идея повышения надежности конструкционных сталей при повышенном уровне прочности базируется на обобщении теоретического и практического опыта использования деформационно-термической обработки сталей;

использованы современные методики математической и статистической обработки данных и соответствующие прикладные программы.

Личный вклад соискателя. Экспериментальные исследования выполнены либо самим автором, либо при его непосредственном участии. Личный вклад заключается в обработке электронно-микроскопических изображений структуры и поверхности разрушения, результатов масштабных систематических измерений микротвердости под поверхностью разрушения сталей. Автору принадлежат идеи по постановке цели и задач исследования, формулировке выводов и основных положений.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и Порядком присуждения ученых степеней в ПНИПУ, утвержденным приказом ректора ПНИПУ от 09 декабря 2021 г. № 4334-В: в ней содержатся теоретические и технические решения в области повышения ударной вязкости и динамической трещиностойкости конструкционных сталей методами деформационно-термической обработки, имеющие перспективу промышленного применения для изделий повышенной надежности в различных отраслях машиностроения.

В диссертации приведены ссылки на авторов и источники заимствованных материалов и отдельных результатов.

На заседании «21» февраля 2023 г. диссертационный совет Д ПНИПУ.05.13 принял решение присудить Шайманову Григорию Сергеевичу ученую степень кандидата технических наук (протокол заседания № 2).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13

человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 6 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за присуждение ученой степени – 13, против присуждения ученой степени – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного
совета Д ПНИПУ 05.13
доктор технических на:



Юрий Дмитриевич Щицын

Ученый секретарь дисс
совета Д ПНИПУ
кандидат технических наук



Елена Михайловна Федосеева

«21» февраля 2023 г.

М.П.