

"УТВЕРЖДАЮ"

Директор ФГБУН Институт физики
прочности и материаловедения СО РАН
Чл.-к. РАН

Псахье С.Г.

« 11 » 2018 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию

Скоробогатова Андрея Сергеевича

**«Управление формированием структуры и свойств поверхностного слоя
мартенситных сталей при высокоскоростном наноструктурирующем
выглаживании с теплоотводом»,**

представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности
05.16.09 – Материаловедение (машиностроение)

1. Актуальность темы исследований

Научная работа соискателя посвящена перспективному и актуальному направлению - повышение эксплуатационной надежности машин и оборудования, путём формирования уникальных свойств поверхностных слоев сталей. Такая модификация без значительных капиталовложений может быть применима для конструкционных сталей, изготовленных традиционным способом. Наноструктурирование поверхности стали скользящим индентором является хорошо изученным методом обработки, приводящим к значительному повышению прочностных свойств в сочетании с сохранением пластичности материала. Однако, увлечение скорости скольжения индентора ограничено потерей сдвиговой устойчивости, рекристаллизацией и разрушением материала поверхностного слоя. В диссертационной работе Скоробогатова Андрея Сергеевича предложен способ отвода фрикционного тепла из контактной зоны инструмента, а также проведены расчёты с целью поддержания оптимального температурно-скоростного режима пластической деформации.

2. Научная новизна диссертации

В работе впервые установлено, что зависимости объемного содержания нанокристаллитов и толщины наноструктурированного слоя от параметра Зинера Холломона при наноструктурирующем выглаживании мартенситных сталей имеют экстремум, обусловленный наличием оптимального температурно-скоростного режима. Соискателем обоснован подход к назначению скорости скольжения индентора инструмента при наноструктурирующем выглаживании поверхностей сталей на основе установления оптимальной величины параметра Зинера-Холломона по критериям размеров нанокристаллитов и толщины наноструктурированного слоя. Развита экспериментальные методы определения степени, скорости деформации и контактной температуры в зависимости от скорости скольжения индентора, позволяющие решать задачи управления отводом

фрикционного тепла и температурно-скоростным режимом обработки. Установлено, что отвод фрикционного тепла из контактной зоны в инструмент при наноструктурирующем выглаживании, по сравнению с обработкой без теплоотвода, приводит к повышению истинной деформации и скорости деформации.

3. Степень обоснованности и достоверности результатов исследования

Изложенные в диссертации научные положения, выводы и рекомендации аргументировано и обоснованно базируются на теоретических основах физического материаловедения. Достоверность результатов работы обеспечивается большим объемом и воспроизводимостью результатов экспериментальных исследований, сопоставлением их между собой и с известными литературными данными, использованием современных методов исследования и аттестованных средств измерения и анализа структуры и свойств материалов.

4. Научная и практическая значимость работы

Научная значимость работы заключается в создании математической модели теплопередачи фрикционного тепла из контактной зоны и получении расчетных зависимостей температуры, степени и скорости пластической деформации при наноструктурирующем выглаживании мартенситных закаленных сталей 20X и 20X13. Скоробогатовым Андреем Сергеевичем выявлены закономерности изменения скорости интенсивной пластической деформации, контактных сил и температуры в зависимости от скорости скольжения индентора.

Значительную практическую значимость работы подтверждает наличие акта внедрения на ООО «Предприятие «Сенсор» и получения экономического эффекта в размере 2,157 млн. рублей. По результатам проведенных исследований был создан и запатентован инновационный инструмент с системой охлаждения индентора, позволяющий обеспечивать оптимальный температурно-скоростной режим наноструктурирующего выглаживания и формирование наноструктурного состояния поверхностного слоя мартенситных сталей при повышении скорости скольжения индентора. Также соискателем достигнута высокая экологичность процесса обработки путём применения в инструменте замкнутого контура жидкостного охлаждения.

5. Анализ содержания диссертации.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов по работе и библиографического списка из 101 наименования. Общий объем составляет 142 страницы машинописного текста, в том числе 65 рисунков, 4 таблицы и 9 приложений.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, степень ее разработанности, приведены цель и задачи исследования, научная новизна, практическая значимость работы, методология и методы исследования, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и сведения об апробации результатов.

Первая глава диссертации посвящена анализу литературных источников по современному состоянию исследований в области формирования нанокристаллической структуры интенсивной пластической деформацией сдвига при трении и выглаживании, влиянию температурно-скоростного режима на

структуру и механические свойства материала. На основании проведённого анализа сформулирована цель и задачи исследования.

Вторая глава посвящена концепции формирования нанокристаллической структуры при высокоскоростном наноструктурирующем выглаживании, основанной на управлении отводом фрикционного тепла из контактной зоны и поддержанием оптимального температурно-скоростного режима. Соискателем описана математическая модель теплопередачи из контактной зоны скользящего индентора, позволяющая определять требуемую долю отвода фрикционного тепла и параметры теплоотводящей системы инструмента.

Третья глава посвящена описанию методик и результатов экспериментальных исследований контактных сил, температуры, степени и скорости пластической деформации сдвига непосредственно при наноструктурирующем выглаживании мартенситных сталей инструментом без теплоотвода и с системой отвода тепла. Установлено существование критической скорости скольжения, превышение которой приводит к скачкообразному росту коэффициента трения. Показано влияние отвода фрикционного тепла на стабилизацию коэффициента трения, снижение контактной температуры, повышение степени и скорости пластической деформации сдвига при увеличении скорости скольжения индентора.

Четвёртая глава посвящена описанию зависимости контактной температуры и коэффициента отвода тепла от скорости скольжения индентора для выглаживания инструментом без теплоотвода и с системой отвода тепла. Представлено развитие идеи о том, что управление формированием нанокристаллической структуры материала поверхностного слоя в условиях повышения скорости скольжения индентора возможно на основе определения оптимальных значений параметра Зинера-Холломона. Показана возможность решения задачи установления границ допустимых температурно-скоростного режима наноструктурирующего выглаживания по выявленным оптимальным значениям параметра Зинера-Холломона и заданной степени деформации материала.

Пятая глава посвящена описанию зависимости микротвердости и шероховатости наноструктурированных поверхностных слоев мартенситных сталей 20X и 20X13 от скорости скольжения индентора при обработке инструментом без теплоотвода и с системой отвода фрикционного тепла. Показано, что управление формированием минимальной шероховатости и максимальной микротвердости наноструктурированного слоя возможно путем определения оптимальной величины параметра Зинера-Холломона. Установлены закономерности изменения микротвердости по глубине поверхностного слоя после наноструктурирующего выглаживания инструментом без теплоотвода и с отводом фрикционного тепла. Показано существенное снижение интенсивности изнашивания исследованных поверхностей по сравнению с обработкой инструментом без теплоотвода.

В заключении приведены основные выводы по работе.

6. Замечания. По работе имеется ряд замечаний.

1. Из теста диссертации не понятно, для каких целей была проведена газовая цементация стали 20X, а также сохранялся ли упрочнённый слой после токарной

обработки образцов. Кроме того, по прочтению остается не совсем очевидно, в какой степени цементированный слой оказал влияние на параметры наноструктурирующего выглаживания.

2. На рис. 3.5 и 3.6 представлены зависимости коэффициента трения от скорости скольжения индентора с системой отвода фрикционного тепла и без неё. Однако численные значения по оси абсцисс, характеризующей скорость скольжения индентора, выбраны разными (от 0 до 25 м/мин. для обработки без охлаждения и 20 до 80 м/мин. с охлаждением). Это затрудняет оценку влияния охлаждения на изменение коэффициента трения. Подобное несоответствие также встречается далее по тексту, например при измерении микротвёрдости и шероховатости поверхности.

3. По тексту встречаются незначительные опечатки, а номера страниц в содержании не соответствуют расположению глав в диссертации.

4. Из текста диссертации не ясно, чем вызвано существенное отклонение расчетной зависимости контактной температуры при выглаживании сталей 20Х и 20Х13 без теплоотвода от экспериментальной в промежутке 15-18 м/мин. (рис. 4.1).

Высказанные замечания носят, скорее частный характер, и не затрагивают сути основных выводов и положений, выносимых на защиту диссертационной работы, которая написана и оформлена в соответствии с установленными требованиями.

7. Оформление диссертации. Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Материал диссертации изложен последовательно и логично грамотным техническим языком. Автореферат точно соответствует содержанию диссертации.

8. Публикации по работе. Основные результаты диссертации в полной мере отражены в 14-ти научных работах, в том числе в 7 статьях в рецензируемых журналах из списка ВАК и 7 статьях в сборниках трудов Международных научных конференций. Получен 1 патент РФ на изобретение и 1 патент РФ на полезную модель. Все публикации соответствуют теме диссертации.

9. Заключение.

По актуальности выбранной темы, степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверности и новизне, а также значимости для науки и практики диссертация А.С. Скоробогатова соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а также П. 9 «Положения о присвоении ученых степеней ВАК Минобрнауки РФ», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842. Проведённые исследования, их анализ и предложенные рекомендации составляют завершённую научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных системных исследований получены актуальные результаты. Автором выполнен существенный вклад в совершенствование процесса наноструктурирующего выглаживания поверхностного слоя мартенситных сталей при высоких скоростях скольжения индентора инструмента. Диссертационная работа по своим целям, задачам, содержанию, методам исследования и научной новизне соответствует паспорту специальности 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение), а автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Отзыв обсужден и одобрен на совместном семинаре лабораторий механики полимерных композиционных материалов и физики поверхностных явлений (протокол № 7 от 10.05.2018 г.).

Председатель семинара
заместитель директора ИФПМ СО РАН по
научной работе,
заведующий лабораторией механики
полимерных композиционных материалов
ИФПМ СО РАН, профессор РАН
г. Томск, проспект Академический 2/4, 634055
Тел. +7 (3822) 286-904
E-mail: svp@ispms.tsc.ru

Панин Сергей Викторович



Подпись С.В. Панина заверяю
Ученый секретарь ИФПМ СО РАН
кандидат физико-математических наук



Н.Ю. Матолыгина

Дата подписания отзыва 11 мая 2018 г.