

ОТЗЫВ
официального оппонента на диссертационную работу
Рябова Вячеслава Викторовича

**«Разработка износостойкой стали с пределом текучести 1200-1700 МПа
для деталей рабочих органов почвообрабатывающих машин»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специ-
альности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»**

Актуальность темы диссертации

Направление исследований диссертационной работы Рябова В.В. является, несомненно, актуальным, поскольку разработка технологии и освоение отечественной промышленностью производства деталей для современной почвообрабатывающей техники позволит сократить, а возможно даже избавиться от закупок дорогостоящих сельскохозяйственных почвообрабатывающих машин и запасных частей к ним зарубежного производства.

До настоящего момента в качестве материалов для рабочих органов отечественных почвообрабатывающих агрегатов применялись разработанные ранее и хорошо зарекомендовавшие себя в машиностроении конструкционные стали. Однако изменение технологии обработки почв, связанное в первую очередь с увеличением скорости обработки и вовлечением в обработку участков со сложными почвенно-климатическими условиями, привело к увеличению нагрузок на рабочие органы не менее чем в 4 раза. Это объясняет ускоренное изнашивание, изменение размеров и формы рабочих органов в процессе эксплуатации. Разработанные в середине 20-ого века стали марок 30ХГСА, 40Х, 40Г2, 45 и др. не удовлетворяют современным требованиям по ресурсу таких деталей. Это связано с низкой линейной износостойкостью деталей из этих сталей, преждевременном затуплении лезвийных частей рабочих органов, большом количестве поломок.

В последние десятилетия активно закупались сельхозмашины зарубежного производства. Ресурс высоконагруженных деталей пахотных агрегатов зарубежного производства более чем вдвое превышает отечественные аналоги. В частности, это связано с тем, что рабочие органы отечественных сельскохозяйственных машин до сих пор изготавливаются из сталей с временным сопротивлением 900-1200 МПа, тогда как эта характеристика зарубежных аналогов повышена до 1600-2000 МПа, благодаря чему обеспечивается и более высокая твердость. Решению указанных проблем автор посвятил свою диссертационную работу.

Основной целью рассматриваемой работы являлась разработка новых износостойких высокопрочных сталей с повышенными до 1700 МПа значениями предела текучести, а также технологии их обработки. Это позволит повысить эксплуатационные характеристики и увеличить ресурс почвообрабатывающей техники по сравнению с существующими аналогами.

Основные **задачи работы** заключались в исследовании фазовых превращений, процессов рекристаллизации аустенита при горячей пластической деформации, изучении особенностей структуры и механических свойств в ходе горячей пластической деформации и последующей термической обработке листового проката толщиной до 20 мм.

Материалами для исследования послужили среднеуглеродистые стали Mn-Cr-Ni-Cu-Mo композиции легирования.

Вх. № <u>3390</u>	Исполнено
<u>10 10 16</u> г.	В ДЕЛО
Основн. <u>5</u> л.	№ _____
Прил. _____ л.	подп. _____

Анализ диссертации по главам

Первая глава рассматриваемой работы посвящена анализу условий эксплуатации быстроизнашиваемых деталей рабочих органов сельскохозяйственных почвообрабатывающих машин, а также применяемым в РФ и за рубежом материалам для их изготовления. На основании проведенных исследований разработаны требования к новым материалам. Литературный обзор характеризуется методичностью рассмотрения различных аспектов проблемы, использованием большого массива современных и классических литературных источников (отечественных и зарубежных примерно в равных долях), что в целом показывает большую глубину проработки материала по рассматриваемой проблеме.

Вторая глава содержит описание стандартных методов исследования фазовых превращений на dilatометре DIL 805, проведения физического моделирования горячей прокатки и штамповки и исследования структурообразующих процессов, протекающих во время и после деформации, на пластометрическом комплексе Gleeble-3800 при выполнении деформации сжатием, методов исследования структуры с использованием оптической, растровой и просвечивающей электронной микроскопии, методов определения механических свойств листового проката, а также сравнительной оценки износостойкости деталей почвообрабатывающих сельхозмашин.

В **третьей главе** предложен химический состав новых экономнолегированных марок стали. Представлены результаты исследования фазовых превращений, протекающих в среднеуглеродистых микролегированных сталях Mn-Cr-Ni-Cu-Mo композиции легирования при охлаждении после горячей пластической деформации и после закалки. Показано, что разработанные химические составы высокопрочных износостойких сталей обеспечивают формирование преимущественно мартенситной структуры при всех видах технологических операций, обеспечивая твердость после закалки и низкого отпуска не менее 43-52 HRC.

В **четвертой главе** соискателем изучено влияние режимов горячей пластической деформации при прокатке и штамповке, а также термической обработки на структурные превращения и механические свойства разрабатываемых сталей. На основании проведенных исследований автором рекомендованы температуры нагрева под прокатку или штамповку с учетом величины зерна аустенита и скорости деформирования, обеспечивающие протекание процессов статической рекристаллизации, установлены оптимальные температуры закалки и отпуска для сталей Mn-Cr-Ni-Cu-Mo композиций легирования для получения требуемого комплекса механических свойств.

Пятая глава посвящена разработке технологий изготовления листового проката и штампуемых деталей, опробованию температурно-деформационных режимов горячей пластической обработки и режимов термической обработки при изготовлении опытных партий листового проката и деталей. Соискатель провел подробное исследование качества изготовленных листового проката и штампованных деталей.

В **шестой главе** приведены данные о натуральных испытаниях деталей почвообрабатывающей техники и результатах стендовых испытаний на износостойкость разработанных сталей.

Научная новизна. Диссертация имеет научную новизну. Следующие основные положения диссертации, выносимые на защиту, достаточно обоснованы.

1. Установлены температурно-деформационные условия протекания рекристаллизационных процессов в аустените. Для сталей Mn-Cr-Ni-Cu-Mo композиции легирования с содержанием углерода 0,30-0,45% после горячей пластической деформации при 950-1050°C со скоростью 1с^{-1} (имитация горячей прокатки) статическая рекристаллизация завершается за время не более 30 с, а в условиях деформации со скоростью 100с^{-1} (имитация горячей штамповки) статическая рекристаллизация завершается за время 6-8 с после окончания деформации. Это положение имеет практически важное значение, т.к. позволяет использовать новые подходы к разработке технологий горячей пластической деформации, а именно: обеспечивать мелкозернистую структуру за счет нормирования технологических пауз между деформацией.

2. Показана эффективность измельчения зерна аустенита и блоков мартенсита среднеуглеродистой стали Mn-Cr-Ni-Cu-Mo композиции легирования при горячей штамповке при относительно низких температурах за счет развития процессов статической рекристаллизации в аустените при двухстадийной деформации. Размер аустенитного зерна при этом уменьшается с 110-150 мкм до 60-80 мкм при деформации 78% в области температур 1000-1050°C и до 20-40 мкм при температурах порядка 950°C, способствуя измельчению конечной превращенной структуры - блоков мартенсита до 3-3,5 мкм и повышению твердости стали. Следует отметить, что повышение твердости и износостойкости достигается за счет повышения дисперсности мартенсита независимо от влияния содержания углерода.

3. Методом дифференциальной дилатометрии установлены температурные интервалы образования промежуточных карбидов при отпуске среднелегированных сталей Mn-Cr-Ni-Cu-Mo композиции легирования: образование промежуточных карбидов, идентифицированных как $Fe_{2,5}C$ и ϵ -карбид, в сталях с 0,30-0,35 %C и с содержанием основных легирующих элементов до ~ 2,5% начинается при температурах около 150°C и завершается при температурах 200°C, а при 0,37-0,45 %C и повышении уровня легирования до 5% - при 250-260°C. В последние годы лишь редкие отечественные публикации были посвящены изучению карбидных превращений в легированных сталях. Автором представлены количественные взаимосвязи между композицией легирования разработанных сталей и температурными интервалами образования промежуточных карбидов.

4. Показано, что получение высоких значений характеристик прочности, твердости, износостойкости и ударной вязкости (не менее 20-30 Дж/см²), а также удовлетворительной пластичности (включая относительное равномерное удлинение до 4,2%), обеспечивается предложенным режимом двухстадийной штамповки в сочетании с упрочняющей термической обработкой. Таким образом формируют мелкодисперсную карбидную фазу промежуточного и цементитного типа высокой объемной плотности внутри вязкой матрицы α -фазы – реечного и высокотемпературного мартенсита. Охрупчивающее влияние оказывает формирование пластинчатого цементита размером до 180 мкм, располагающегося по границам бывших аустенитных зерен и реек мартенсита. В результате выполненных исследований выявлены параметры структуры, отвечающие за достижение требуемого комплекса свойств.

Практическая значимость

В результате теоретических и экспериментальных исследований были разработаны новые химические составы сталей трех категорий прочности, на которые подана заявка на изобретение в РФ. В ходе освоения технологии производства из них листовых полуфабрикатов и деталей создан комплект технологических инструкций, охватывающий весь спектр операций, начиная от выплавки стали и заканчивая термической обработкой готовых изделий, как в опытных, так и в опытно-промышленных условиях. Изучены и предложены режимы термической обработки, позволяющие на промежуточных технологических стадиях процесса изготовления деталей снизить твердость для улучшения обрабатываемости металла.

О безусловной практической значимости работы свидетельствуют положительные результаты опытной полевой эксплуатации почвообрабатывающих деталей из разработанных сталей в различных регионах РФ: ЗАО «Совхоз имени Ленина» (Московская область, Ленинский район), СПК «Кузьминский» (Московская область, Сергиево-Посадский район), СПК «Крапивинский» (Тульская область), ООО «РАМЕНЬЕ» (Московская область, Дмитровский район), подтвержденные актами внедрения.

Достоверность основных научных результатов и выводов обеспечена использованием современного исследовательского оборудования, лицензионных программных средств для обработки информации и моделирования технологических процессов, а также значительным объемом разнообразных экспериментальных исследований. Полученные результаты согласуются с обширными экспериментальными данными по близким маркам

сталей. Выводы и рекомендации работы подтверждены оценкой эксплуатационных свойств деталей при натуральных испытаниях, включая оценку стойкости к абразивному изнашиванию.

Оценка содержания и оформления диссертационной работы

Рассмотренная диссертационная работа состоит из введения, шести глав, основных выводов, списка литературы и трех приложений. Содержание автореферата достаточно полно и точно отражает содержание и результаты диссертации. Основные положения диссертации отражены в 20 печатных изданиях, в том числе в 5 статьях в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ. Диссертация написана технически грамотным языком и оформлена в соответствии с установленными требованиями. Описание полученных результатов четко и полно проиллюстрировано таблицами и рисунками. В тексте автореферата и диссертации выявлен ряд опечаток, но они не затрудняют понимания текста.

Следует отметить аккуратность оформления текста диссертационной работы и автореферата, применение цветной печати для представления рисунков, отличное качество представления результатов металлографических исследований, что создает благоприятное впечатление о работе в целом.

По диссертации можно сделать следующие замечания:

1. В разделе актуальность (стр. 6 диссертации, стр. 3 автореферата) автор приводит сведения о величине временного сопротивления импортных аналогов сталей 1600-2000 МПа, а в целях работы и по тексту диссертации и автореферата особое внимание уделяется пределу текучести. Не ясно, почему автор не сравнивает разработанные стали именно по величине временного сопротивления, которое неплохо согласуется с твердостью.

2. Во втором пункте научной новизны высказано мнение, что измельчение зерна аустенита и блоков мартенсита эффективно при горячей штамповке. С такой формулировкой можно согласиться лишь относительно измельчения зерен аустенита. Автору следовало уточнить, что эффективное измельчение зерен аустенита, а впоследствии и блоков мартенсита происходит за счет паузы при двухстадийной горячей штамповке, где проходят процессы рекристаллизации.

3. В 4 пункте научной новизны отмечено, что величина относительного удлинения для разработанных сталей составляет до 4,2%, однако на гистограммах рисунка 4.4.8 (а,б) все значения не превышают 3,8%. Следует пояснить указанное противоречие.

4. На стр.81 диссертации и стр.10 автореферата указано, что в легированных износостойких сталях после закалки следует получать структуру мартенсита. Вместе с тем известно, что получение высоких значений комплекса механических свойств в легированных сталях (с учетом снижения вероятного охрупчивания) достигается именно благодаря получению после закалки нижнего бейнита.

5. На стр.199 диссертации приведены сведения о том, что долота из разработанных сталей испытывались в Ставропольском крае, однако не приведены сведения по результатам данных испытаний.

Сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы официальным оппонентом, так как не затрагивают ее основных положений и выводов. Работа выполнена на высоком научном уровне, написана ясным языком.


Заключение

Диссертационная работа Рябова Вячеслава Викторовича является завершенной научно-квалифицированной работой, в которой содержатся практические и технологические решения важной народно-хозяйственной задачи по созданию конкурентоспособных отечественных износостойких сталей для сельскохозяйственного машиностроения.

Автореферат и опубликованные работы отражают основное содержание диссертации, результаты диссертационной работы достаточно широко были представлены на российских и международных научно-технических конференциях. Все основные результаты получены автором лично, на совместные работы в диссертации имеются соответствующие ссылки.

Диссертация Рябова В.В. полностью отвечает требованиям п.п.9-11 Положения о присуждении ученых степеней в редакции Постановления правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 - «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Официальный оппонент Вологжанина Светлана Антониновна, доцент кафедры технологии металлов и металловедения ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», доктор технических наук, доцент


Вологжанина С.А.

Подпись Вологжаниной С.А. удостоверяю
Директор ИХиБТ ФГА ОУ «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики»,
доктор технических наук, профессор




Бараненко А.В.
(подпись, дата, печать организации)

197101 Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д.49
Тел.: +7 812 232-97-04
Факс: +7 812 575-61-32
E-mail: od@mail.ifmo.ru
Сайт: www.ifmo.ru