

УТВЕРЖДАЮ

Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Институт
проблем машиноведения Российской
академии наук, д.т.н.



В.А. Полянский В.А. Полянский

«06» сентября 2023 г.

О Т З Ы В

ведущей организации на диссертацию *Попова Максима Алексеевича* на тему:
«Технологическое обеспечение качества поверхности прецизионных изделий
из хладостойких сталей на основе магнитно-абразивной обработки режущего
инструмента», представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 2.5.6 – Технология машиностроения.

1. Актуальность темы диссертации

Разработка новых и расширение существующих месторождений, расположенных в труднодоступных северных и восточных районах страны, требует от добывающей отрасли использования современной горнодобывающей техники. Особенностью такой техники становится возможность ее эксплуатации при низких температурах окружающей среды без потери производительности оборудования и сокращения фактического срока службы по сравнению с нормативами. Большую роль в надежности и в поддержании эксплуатационных свойств горнодобывающего оборудования на протяжении всего периода службы оказывают отдельные узлы и детали машин, для изготовления которых используют современные материалы и усовершенствованные технологии их механической обработки.

Широкое применение при изготовлении горнодобывающей техники северного исполнения нашли хладостойкие стали, способные обеспечивать температурный запас вязкости и препятствовать хладостойкому излому. Номенклатура изделий, в которых применяются хладостойкие стали, достаточно широка. Среди всего перечня изделий отдельно можно выделить силовые гидроцилиндры, которые являются частой причиной преждевременного выхода из строя оборудования, работающего в условиях низких температур. Основным элементом силового гидроцилиндра служит шток, который в большинстве случаев и является причиной поломки оборудования.

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-226 от 07.09.23
ЛВ УС

В типовом технологическом процессе изготовления штока гидроцилиндра применяется круглошлифовальная операция, которая имеет ряд негативных последствий при дальнейшей эксплуатации штока, связанных с изменением микроструктуры приповерхностного слоя изделия, насыщением поверхности абразивными частицами, возникновением локальных концентраторов напряжения. Все это приводит к повышенному износу гидроцилиндров: истиранию поверхности штока и разрушению уплотнительной системы, что в свою очередь оказывает негативное влияние на надежность и износостойкость изделия.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод о том, что на сегодняшний день актуальной задачей является совершенствование существующего технологического процесса обработки изделий из хладостойких сталей, в котором бы отсутствовала круглошлифовальная операция, а заданные геометрические и качественные характеристики изделия достигались бы на предшествующей операции – чистовом точении.

Для решения данной задачи требуется предварительная подготовка режущего инструмента, участвующего в операциях чистового точения изделий из хладостойких сталей. Подготовка инструмента включает в себя формирование правильной микрогеометрии инструмента, а в частности радиуса скругления режущей кромки, и повышение качественных характеристик рабочих поверхностей инструмента за счет снижения значения шероховатости.

Современный способ подготовки режущего инструмента – магнитно-абразивная обработка. Данный способ характеризуется низкой температурой обработки, и позволяет без микроструктурных изменений и дефектов, подготовить режущий инструмент с низкой шероховатостью передней и задней поверхностей и сформировать оптимальный радиус скругления режущей кромки. Предварительно подготовленный инструмент, прошедший магнитно-абразивную обработку, способен обеспечить требуемое качество поверхности штока гидроцилиндра, изготовленного из хладостойкой стали, на операции чистового точения.

Таким образом применение метода магнитно-абразивной обработки режущего инструмента и последующее его применением в операция чистового точения позволит получить более высокое качество поверхности прецизионных изделий по сравнению с традиционным шлифованием, оптимизировать и сократить технологический процесс, а также увеличить эксплуатационные характеристики изделий и повысить их ресурс при работе в условиях низких температур.

2. Научная новизна диссертации

К научной новизне диссертации следует отнести следующее:

1. Разработаны регрессионные математические зависимости и выявлены закономерности влияния технологических факторов (магнитная индукция, время обработки, частота вращения и величина продольной подачи) магнитно-абразивной обработки на шероховатость поверхности, радиус скругления и удельный съем материала с единицы площади при обработке керамического режущего инструмента;

2. Установлены зависимости влияния шероховатости поверхности и радиуса скругления режущей кромки инструмента на основе режущей керамики, подготовленного способом магнитно-абразивной обработки с различными значениями технологических факторов, на качество и шероховатость прецизионных поверхностей изделий из хладостойких сталей.

3. **Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций**

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обусловлена проведением теоретических и экспериментальных исследований, последние из которых проводились согласно общеизвестной методике планирования эксперимента. Экспериментальные исследования проводились на разработанном устройстве, базирующемся на фрезерном станке с ЧПУ. В рамках подготовки экспериментальных исследований проведена серия предварительных экспериментов, позволяющая установить диапазон варьируемых технологических параметров магнитно-абразивной обработки. На основании проведенных экспериментов и установленных диапазонов параметров проводился эксперимент, состоящий из 31 опыта. Проведение эксперимента позволило получить математическое представление отклика объекта исследования в виде полного полинома второй степени, построить математическую модель отклика эксперимента, а также оценить ее адекватность.

Дальнейшие экспериментальные исследования, связанные с применением предварительно подготовленного инструмента при чистовом точении хладостойкой стали, разделялись на серии согласно полученным параметрам инструмента на этапе его магнитно-абразивной обработки. Все исследования проводились при помощи сертифицированного и поверенного оборудования. Объем экспериментальных исследований является достаточным и полученные результаты не вызывают сомнений.

4. **Научные результаты, их ценность**

В рамках диссертационной работы был разработан и реализован на практике способ магнитно-абразивной обработки кромок и рабочих поверхностей керамических режущих пластин марки ВОК-60, включающий в себя схему обработки, сочетание рабочих движений, диапазон технологических параметров, технологический ферроабразивный инструмент, позволил увеличить износостойкость и ресурс керамического режущего инструмента, а также снизил время его приработки за счет нивелирования дефектного слоя и следов предыдущей обработки, уменьшил шероховатость режущих поверхностей до $R_a = 0,1$ мкм и сформировал радиус скругления режущей кромки ρ в диапазоне от 20 до 40 мкм.

Применение разработанного способа позволило сформировать регрессионные математические зависимости, учитывающие комбинированное влияние совокупности технологических параметров магнитно-абразивной обработки, позволяющие адекватно оценить эффективность варьируемых параметров системы и получить прогнозируемые значения шероховатости поверхности, удельного съема материала с единицы площади, радиуса скругления

режущей кромки, подготовив инструмент к последующему использованию в операциях чистового точения.

Разработанный и реализованный на практике способ технологической обработки изделия с использованием предварительно подготовленного инструмента методом магнитно-абразивной обработки, позволил сократить количество проводимых операций, уменьшил период приработки инструмента, увеличил износостойкость инструмента в 2,7 раза, а также повысил устойчивость динамической системы обработки за счет уменьшения автоколебательного процесса и обеспечил качество обработки хладостойких сталей с достижением значения шероховатости $R_a = 0,8$ мкм.

Ценность полученных результатов обуславливается апробацией на всероссийских и международных конференциях. Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 10 печатных работах, в том числе в 3 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, в 2 статьях – в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus, получен один патент.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

К основным результатам выполненных научно-прикладных исследований можно отнести:

1. Получены регрессионные математические зависимости, учитывающие величину магнитной индукции, время обработки, частоту вращения и величину продольной подачи в процессе магнитно-абразивной обработки инструмента на основе режущей керамики марки ВОК-60, позволяющие оценить степень влияния технологических факторов обработки на шероховатость поверхности, радиус скругления режущей кромки и удельный съем материала с единицы площади;

2. Разработан способ крепления сменных многогранных пластин при их магнитно-абразивной обработке (Защищен патентом РФ №212068), включающий в себя схему закрепления пластин, элементы крепления пластин различных форм и типоразмеров, позволяющий произвести равномерную бездефектную обработку;

3. Определены оптимальные режимные параметры магнитно-абразивной обработки кромок режущего инструмента марки ВОК-60, позволяющие удалить существующий оксидный и дефектный слой, обеспечить шероховатость поверхности $R_a = 0,1$ мкм и сформировать радиус скругления режущей кромки ρ в диапазоне от 20 до 40 мкм;

4. Установлено, что применение метода магнитно-абразивной обработки в качестве предварительной операции подготовки инструмента на основе режущей керамики марки ВОК-60 позволяет увеличить период стойкости инструмента в 2,7 раза при обработке хладостойких сталей по сравнению с использованием инструмента базовой конфигурации;

5. Установлено, что применение предварительно подготовленного инструмента на основе режущей керамики методом магнитно-абразивной обработки позволяет заменить процесс шлифования финишным процессом обработки хладостойких сталей точением и достичь шероховатости обрабатываемой поверхности $R_a = 0,8$ мкм;

6. Результаты диссертационной работы прошли апробацию на промышленных предприятиях АО ВО «Электроаппарат» и АО «Завод «Энергия», а также отдельные научные положения приняты к внедрению в учебный процесс подготовки бакалавров по направлению 15.03.01 – Машиностроение, программа подготовки «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств» Санкт-Петербургского горного университета.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Полученные результаты исследования могут быть применены на предприятиях машиностроительного, энергетического и др. комплексов, на которых осуществляется обработка изделий, в том числе из хладостойких сталей, с использованием режущего инструмента на основе режущей керамики. Применение разработанного способа предварительной подготовки режущего инструмента методом магнитно-абразивной обработки позволяет увеличить период стойкости инструмента и обеспечить высокое качество обрабатываемых поверхностей изделий, а также сократить технологический процесс обработки деталей за счет упразднения шлифовальной операции.

7. Замечания и вопросы по работе

1. Как следует из материалов диссертационной работы, цель исследований Попова М.А заключалась в разработке технологического обеспечения для подготовки режущего инструмента, участвующего в операциях чистового точения изделий, предназначенных для низкотемпературных условий эксплуатации, однако в работе не уделено внимание вопросу изучения влияния полученной наследственности после круглошлифовальной операции штока гидроцилиндра на его эксплуатационные свойства и износостойкость при работе в условиях низких температур.

2. Не вполне ясно, почему метод магнитно-абразивной обработки рекомендуется к применению в качестве подготовительной операции для керамических режущих пластин чистового точения хладостойкой стали, а не используется сразу в качестве финишной операции при обработке этой стали?

3. При проведении экспериментальных исследований по магнитно-абразивной обработке керамических режущих пластин не рассмотрено влияние формы-абразивных зерен, которая также может оказывать влияние на получаемые результаты.

4. Шероховатость керамических режущих пластин измерялась по передней и задней поверхностям в точках, указанных в таблице 3.2, но в тексте работы нет информации по выбору именно данных точек измерений.

5. В четвертой главе для проведения экспериментальных исследований с использованием предварительно подготовленных керамических пластин используется определенный набор режимных параметров токарного станка, но в тексте диссертации нет описания выбора данного режима обработки.

Указанные недостатки не снижают общей положительной оценки диссертационного исследования и важности основных полученных результатов.

8. Заключение по диссертации

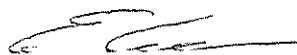
Диссертация «Технологическое обеспечение качества поверхности прецизионных изделий из хладостойких сталей на основе магнитно-абразивной обработки режущего инструмента», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6 – Технология машиностроения полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета от 20.05.2021 № 953, а ее автор, **Попов Максим Алексеевич**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6 – Технология машиностроения.

Материалы кандидатской диссертации Попова М.А. «Технологическое обеспечение качества поверхности прецизионных изделий из хладостойких сталей на основе магнитно-абразивной обработки режущего инструмента» заслушаны и получили одобрение на семинаре по механике ИПМаш РАН, основанном Д.А. Индейцевым, 22.05. 2023 г протокол № 5/23.

Отзыв на диссертацию Попова Максима Алексеевича заслушан, обсужден и одобрен на заседании лаборатории трения и износа Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем машиноведения Российской академии наук, протокол № 1/9 от 06.08.2023 года.

Руководитель лаборатории трения и износа ИПМаш РАН,

д.т.н.



Седакова Елена Борисовна

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем машиноведения Российской академии наук

Почтовый адрес: 199178, Санкт-Петербург, Васильевский остров, Большой пр., д. 61

Официальный сайт в сети Интернет: <https://ipme.ru>

эл. почта: ipmash@ipme.ru телефон: +7 (812)-3214778

