

О Т З Ы В

официального оппонента, кандидата технических наук, доцента

Помпеева Кирилла Павловича

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

Развитие машиностроительной отрасли напрямую связано с применением современных технологий и инновационных материалов, отличающихся повышенными физическими и эксплуатационными свойствами. Среди материалов, имеющих широкое применение для изготовления ответственных деталей горнодобывающей техники, можно выделить хладостойкие стали. Такие стали принято применять в условиях климатического холода, когда температура окружающей среды, в которой эксплуатируется техника, значительно ниже нормальных условий. Хладостойкие стали обеспечивают температурный запас вязкости и препятствуют хладноломкому разрушению изделий.

Одним из изделий горнодобывающей техники, где используются хладостойкие стали, является силовой гидроцилиндр. В результате низкотемпературного воздействия окружающей среды гидроцилиндр теряет производительность по сравнению с летним периодом использования, уменьшается его наработка на отказ и сокращается срок службы по сравнению с нормативами. В большинстве случаев причиной преждевременного выхода из строя и поломки гидроцилиндра является шток.

Типовой технологический процесс изготовления штока гидроцилиндра предполагает его финишную обработку на круглошлифовальной операции. Негативные последствия данной операции выражаются в шаржировании поверхности абразивными зернами, изменении микроструктуры поверхностного слоя под действием высоких температур и в возникновении концентраторов напряжения, что приводит к истиранию поверхности, разрушению уплотнительной системы, и как следствие, к снижению надежности и износостойкости изделия.

В то же время для придания дополнительных прочностных характеристик штоку хладостойкую сталь, из которой он изготовлен, подвергают дополнительной термообработке, которая значительно ухудшает обрабатываемость стали.

В связи с этим актуальной задачей является разработка нового технологического процесса обработки изделий из хладостойкой стали без использования операции шлифования, когда требуемые геометрические и качественные характеристики изделия достигаются на операции

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-230 от 07.09.23
АУ УС

чистового точения. Один из возможных способов решения данной задачи заключается в предварительной подготовке режущего инструмента.

Предварительная подготовка режущего инструмента включает в себя формирование правильной микрогеометрии его режущих кромок и углов, а также снижение шероховатости передней и задней поверхностей.

Среди возможных способов предварительной обработки режущего инструмента, обеспечивающих требуемую подготовку инструмента для последующего его использования при обработке точных поверхностей изделий из хладостойкой стали, является магнитно-абразивный метод, который характеризуется низкой температурой и бездефектностью получаемых поверхностей режущего инструмента.

В результате можно сделать вывод о том, что предварительная подготовка режущего инструмента методом магнитно-абразивной обработки позволяет усовершенствовать технологический процесс обработки изделий из хладостойкой стали, исключив при этом операцию шлифования, заменив ее операцией чистового точения и одновременно обеспечив высокое качество обрабатываемых поверхностей. Это благоприятным образом сказывается на эксплуатационных свойства изделия и увеличении его ресурса при работе в условиях климатического холода.

2. Научная новизна диссертации

Структура диссертации достаточно логична и раскрывает в полном объеме цель, задачи, новизну работы и полученные результаты. К основным элементам и признакам научной новизны представленной диссертационной работы следует отнести:

- разработанные регрессионные математические зависимости и выявленная закономерность влияния технологических факторов (магнитной индукции, времени обработки, частоты вращения и величины продольной подачи) магнитно-абразивной обработки на шероховатость поверхности, радиус скругления и удельный съём материала с единицы площади при обработке керамического режущего инструмента;
- установленные зависимости влияния шероховатости поверхности и радиуса скругления режущей кромки инструмента на основе режущей керамики, подготовленного способом магнитно-абразивной обработки с различными значениями технологических параметров, на качество и шероховатость точных и ответственных поверхностей изделий из хладостойких сталей.

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

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, содержащихся в диссертации Попова М.А., определяется логической структурой исследования. Автор

последовательно исследует влияние варьируемых параметров магнитно-абразивной обработки на предварительную подготовку инструмента из режущей керамики, которая описывается формированием новой микрогеометрии инструмента и снижением шероховатости его рабочих поверхностей. Попов М.А. проводит экспериментальные исследования, которые позволяют сформировать математическую зависимость условий проведения магнитно-абразивной обработки и получаемых результатов.

Для оценки качества предварительной подготовки инструмента проводились практические исследования, где в качестве обрабатываемого материала выступает хладостойкая сталь. По результатам проведенных комплексных исследований автор дает рекомендации по совершенствованию технологического процесса изготовления штока, за счет предварительной подготовки инструмента методом магнитно-абразивной обработки с последующей обработкой этим инструментом точных поверхностей изделий из хладостойкой стали.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждена апробацией результатов исследования на научно-практических конференциях, полным отражением основных результатов диссертационной работы в опубликованных автором научных трудах.

Достоверность результатов исследования обеспечена использованием современных методов анализа. Экспериментальные исследования проводились согласно известным методикам планирования эксперимента, все выводы построены на корректной интерпретации и анализе полученных результатов. Результаты измерений величин параметров шероховатости поверхности, количества снимаемого материала и радиуса скругления режущей кромки проводились при помощи сертифицированного оборудования по стандартным методам измерений. Все вышеперечисленное свидетельствует о достоверности полученных результатов и выдвинутых рекомендаций.

Выводы, сделанные автором, соответствуют поставленной цели и сформулированным задачам исследования.

4. Научные результаты, их ценность

Основными научными результатами работы Попова М.А. являются:

- разработанный и реализованный 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, позволяющий увеличить износостойкость и ресурс керамического режущего инструмента, а также снизить время его приработки за счет уменьшения дефектного слоя и следов предыдущей их обработки заточкой, уменьшить шероховатость режущих поверхностей до $R_a = 0,1$ мкм и сформировать радиус скругления режущей кромки ρ в диапазоне от 20 до 40 мкм;

- разработанные 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, позволяющий сократить разнообразие проводимых операций, уменьшить период приработки инструмента, увеличить износостойкость инструмента в 2,7 раза, а также повысить устойчивость динамической системы обработки за счет уменьшения автоколебательного процесса и обеспечить качество обработки хладостойких сталей с достижением значения шероховатости по параметру $R_a = 0,8$ мкм.

Исследования, проведенные Поповым М.А., выполнены на высоком методическом уровне, полученные результаты, выводы и рекомендации оригинальны. Результаты и выводы представленной работы создают базу для новых научных исследований в области технологического обеспечения качества точных и ответственных поверхностей изделий из хладостойких сталей режущим инструментом, оснащенным керамическими пластинами, режущие кромки которых предварительно подготавливаются магнитно-абразивной обработкой.

Результаты диссертационного исследования, его основные положения, идеи и выводы нашли отражение в десяти печатных работах, в том числе в трех статьях в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий (перечня ВАК), в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата или доктора наук, в двух статьях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получен один патент.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

К основным результатам выполненных Поповым М.А. научно-прикладных исследований, характеризующихся теоретической и практической значимостью, можно отнести следующие:

- 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 ВСК-60, позволяющие оценить степень влияния технологических факторов обработки на шероховатость поверхности, радиус скругления режущей кромки и удельный съем материала с единицы площади;

- разработан способ крепления сменных многогранных пластин при их магнитно-абразивной обработке (Патент на изобретение №212068), включающий в себя схему закрепления

пластин, элементы крепления пластин, позволяющий произвести равномерную бездефектную обработку;

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

- 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;

- 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 параметра шероховатости обрабатываемой поверхности $R_a = 0,8$ мкм;

- 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. Замечания и вопросы по работе

По работе имеются следующие замечания:

1. Для изготовления штоков, эксплуатируемых в условиях Крайнего Севера и Сибири, наиболее широко применяется хладостойкая сталь 12Х18Н10Т, а не сталь 40Х2Н2МА.

2. Ось ординат на графике, представленном на рисунке 1.6 (на с.25), некорректно обозначать как «Свойства стали 40Х2Н2МА». Это совмещенный график, иллюстрирующий зависимость предела прочности σ_b и ударной вязкости КСЧ от изменения температуры $t^{\circ}\text{C}$, поэтому должно быть две оси ординат (с указанием соответствующих единиц измерения), расположенных относительно оси абсцисс либо рядом в левой части графика, либо слева и справа от нее.

3. Рисунок 1.13, согласно тексту в диссертации и под рисунком, должен иллюстрировать влияние глубины резания на величину параметра шероховатости R_a . Однако, вместо этого показано влияние подачи на параметр R_a .

4. На рисунке 1.15 (с.34) позицией 3 обозначена поверхность обработки, однако это приповерхностный слой материала. Поверхность обработки – это та, которая находится непосредственно под резцом (его задней поверхностью) после снятия стружки.

5. На рисунке 1.19 (с.39) в качестве комбинированной формы режущей кромки в виде фаски и скругления представлена ее плоская форма в виде двойной фаски, которая уже имеется на данном рисунке.

6. Из рисунка 1.23 и пояснительного текста к нему неясно, где по длине режущей кромки находятся точки А, В и С, в которых измерялся радиус ее скругления.

7. Выбор материала керамических режущих пластин ВОК-60 недостаточно обоснован.

8. Сочетания движений 4, 6 и 7, перечисленные на с.62 и 63 второй главы, не являются таковыми, так как состоят всего лишь из одного вида движения. В данном случае корректнее было написать, что «В работе были исследованы следующие движения и их сочетания: ...».

9. С целью установления максимальных значений частота вращения и продольной подачи вспомогательного устройства был проведен эксперимент по магнитно-абразивной обработке керамических пластин со значениями параметров обработки $n_{в.мао} = 1000 \text{ мин}^{-1}$ и $S_{п.мао} = 400 \text{ мм/мин}$, который показал неудовлетворяющий автора результат по качеству обработки. В связи с этим непонятно, какими другими соображениями кроме этого результата руководствовался автор, чтобы сделать вывод о том, что «значение величины продольной подачи $S_{п.мао}$ следует задавать не более 225 мм/мин, а скорость вращения заготовки $n_{в.мао}$ – не более 600 мин^{-1} ».

10. В п.2.2.4 уже указано, что при проведении экспериментальных исследований по MAO керамических пластин марки ВОК-60 в качестве абразивного инструмента применяется магнитно-абразивный порошок «АЛВОПОЛ», а в п. 2.3.2 обосновывается необходимость его применения. Это, а также обоснование марки СОЖ (в п. 2.3.3), следовало сделать до написания п.2.2.4, либо в п.2.2.4 следовало указать, что обоснование выбора магнитно-абразивного порошка и марки СОЖ приводится позже в п.п. 2.3.2 и 2.3.3 соответственно.

11. В выводе под номером 7 к 3-ей главе говорится о том, что в процессе микрорезания при проведении MAO, согласно результатам оптического контроля, формируется приповерхностный слой изделия с новыми физико-химическими свойствами. Однако эти новые свойства нигде (ни в третьей главе, ни ранее) не перечислены

12. В 4-й главе на с.128 используется некорректное понятие «скорость стружки».

Указанные замечания не снижают значимости полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационного исследования.

7. Заключение по диссертации

Диссертация является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком научном уровне. В работе приведены научные результаты, позволяющие ее квалифицировать как разработку научно обоснованных технических решений, внедрение которых вносит значительный вклад в решение важнейших задач промышленности.

Диссертационная работа Попова М.А. представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу на актуальную тему.

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 адм, а ее автор **Попов Максим Алексеевич** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6 – Технология машиностроения.

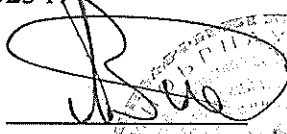
Официальный оппонент,
доцент факультета систем управления и
робототехники федерального
государственного автономного
образовательного учреждения высшего
образования «Национальный
исследовательский университет ИТМО»,
кандидат технических наук.
тел.: +7 (921) 337-04-94
e-mail: kir-pom@mail.ru



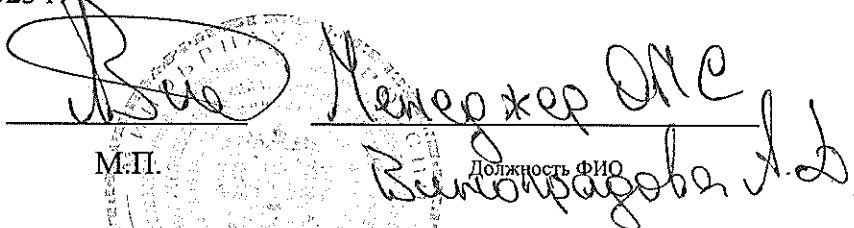
Помпеев Кирилл Павлович

Дата подписания отзыва «04» 09. 2023 г.

Подпись Помпеева К.П. заверяю



М.П.



Должность ФИО

197101, г. Санкт-Петербург, Кронверский проспект, д.49, литер А
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет ИТМО»
Официальный сайт в сети Интернет: <https://itmo.ru/>
эл. почта: od@itmo.ru; телефон: +7 (812) 480-00-00