**Резюме НИР, выполненной в рамках** **ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы**

«итоговое»

**Государственный контракт** П2423 от 19.11.2009 г.

**Тема:** Разработка теории и практики применения инструментального оснащения из сверхтвёрдых материалов для изготовления конструктивно-сложных деталей машин.

**Приоритетные направления:** Транспортные, авиационные и космические системы

**Критические технологии:** Технологии создания и обработки композиционных и керамических материалов

**Период выполнения:** 19.11.2009 – 26.07.2011 г.г.

**Плановое финансирование проекта:** бюджетные средства – 5,1 млн. руб.

**Исполнитель:** ЮЗГУ

**Ключевые слова:** Станок, деталь, точность, качество, эксплуатация, инструмент, оснастка, композит.

**1. Цель исследования**

Проблема решаемая в исследовании: Разработка технологий восстановления и реновации базовых деталей металлорежущих станков.

Цель исследования: Разработать научно-обоснованные рекомендации по восстановлению эксплуатационных характеристик металлорежущего оборудования с применением высокоэффективных технологий с использованием инструмента из сверхтвердых материалов.

**2. Основные результаты проекта**

 Первый этап научно-исследовательской работы содержит аналитический обзор, обоснование оптимального варианта направления исследований, план проведения исследования и экспериментально-теоретические исследования.

Было проведено изучение классификаций современных инструментальных материалов. Это необходимо для того, чтобы знать, какой из инструментальных материалов необходимо применять при конкретных обстоятельствах.

Так же были выявлены причины, обусловливающие неустойчивый характер процесса резания различными инструментальными материалами: цик­личность за счет чередования гладких и прерывистых участков обраба­тываемой поверхности заготовки, изменения и колебания сил резания, температуры, а также изменения условий стружкообразования. Был обобщен опыт исследования как отдельных характеристик процесса прерывистого резания, так и его оптимизации инструментами из разнообразных материалов.

Одной из важнейших тем, рассмотренных на первом этапе, являлось влияние прерывистости резания на результаты механической обработки. Прерывистое резание по сравнению с непрерывным отличается тем, что через промежутки времени, измеряемые секундами или долями секунд, резание чередуется с холостым пробегом режущей кромки инст­румента. При этом начало каждого резания осуществляется или при ну­левой (например, при встречном фрезеровании), или при всей заданной толщине (например, строгание) срезаемого слоя. Прерывистое резание возникает также в случаях обработки точением деталей сложной формы стального литья, сварных конструкций, некруглых поковок и т.д. При прерывистом резании возникает ряд специфических явлений, в резуль­тате которых изменение стойкости инструмента подчиняется иным закономерностям, чем при непрерывном резании. Особенности этих зако­номерностей наиболее резко проявляются при работе твердосплавным инструментом и инструментом из сверхтвердых материалов, при этом создаются и наиболее значительные практические трудности.

В результате данных исследований были выработаны рекомендации по применению прогрессивного инструментального оснащения для конкретного случая.

Определена рациональная область применения каждой марки композитов, произведено сравнение их работоспо­собность с традиционными инструментальными материалами и относительно новыми, уже применяющимися в металлообработке.

На основании проведенных исследований сделаны выводы об основных закономерностях резания композиционными материалами, основываясь на которых, можно усовершенствовать процесс лезвийной обработки и получить более качественные изделия.

На втором этапе, было изучено влияние теплового фактора на процесс обработки. Выявлено, что между температурой контактных поверхностей инструмента и их износом имеется достаточно четкая связь. Изучена схема распределения температуры на контактных поверхностях режущего и её влияние на общую теорию износа и разрушения режущих поверхностей, в выявление законов стойкости инструмента и условий экономичного ре­зания.

В результате установления связи между условиями резания и температурой контактных поверхностей инструмента были сформированы требования к материалам режущих инструментов в отношении подбора оптимальной марки применительно к методу и способу обработки, материалу, точности, качеству и конструктивным особенностям обрабатываемых поверхностей деталей.

 Кроме того было проведено изучение деформационного упрочнения поверхностного слоя детали при лезвийной обработке. Использование данной информации позволяет получить ещё более качественную поверхность и большую производительность. Проведенные исследования позволяют установить расчетные предельно допустимые уровни режимов резания композитами прерывистых поверхностей деталей из различных марок сталей и чугунов, которыми теоретически должна обеспечиваться минимально возможная шероховатость обработанной поверхности.

В ходе выполнения теоретически-экспериментальных исследований третьего этапа было выявлено, что к числу наиболее активно развивающихся направлений в области защитных покрытий относятся методы наплавки и напыления.

Было проведено изучение процессов лезвийной обработки наплавленных и напыленных покрытий твердостью 40-65 HRC, в частности нанесенных порошковыми проволоками, а также самофлюсующимися порошками системы Ni-Cr-B-Si.

Установлено,что перспективным методом обработки гетерофазных материалов и, в частности наплавленных и напыленных защитных покрытий, является лезвийная обработка режущими инструментами из поликристаллических сверхтвердых материалов на основе кубического нитрида бора (композитов). Установлено, что в достижении задан­ного высокого качества и производительности обработки существенную роль играет технологическое обеспечение, правильность методов проек­тирования технологии.

 Были изучены задачи повышения точности, качества и производи­тельности обработки прерывистых поверхностей деталей инструмента­ми из композитов решаются путем управления положением режущей части инструмента относительно обрабатываемой прерывистой поверх­ности заготовки, за счет оптимизации конструктивных параметров и ре­жимов резания. Последние тесно связаны с размерной стойкостью инст­румента, точностью, себестоимостью и производительностью процесса.

Приведенные аналитические решения, зависимости, номограммы и рекомендации могут служить основой подбора оптимальных конструктивных, геомет­рических параметров и режимов резания для широкого диапазона кон­струкционных материалов заготовок и создания на этой базе методов прогнозирования и технологического обеспечения заданных качествен­ных и количественных показателей.

**3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках исследования, разработки**

1. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2013614177 Российская Федерация, заявл.15.03.2013; зарегистрировано 25.04.2013.

**4. Назначение и область применения результатов проекта**

 Среди важнейших задач современного машиностроения особое место уделяется повышению эффективности обработки деталей машин. Эта задача включает в себя достижение наиболее высокой производительности обработки с обеспечением заданного уровня качества поверхностного слоя деталей. В современном производстве технологическое обеспечение параметров состояния поверхностей конструктивно-сложных деталей недостаточно обосновано. Это влечет за собой либо завышение требований к этим параметрам, что приводит к повышению стоимости деталей машин, либо происходит занижение требований, вследствие чего снижается надежность. Обеспечение качества обрабатываемой поверхности с достижением максимально возможной производительности обработки – важнейшая задача, решаемая при проектировании технологических процессов изготовления конструктивно-сложных деталей. Одним из резервов повышения производительности является выбор рациональных параметров процесса резания. В связи с этим очень актуальны исследования с определением параметров оптимальных режимов резания, обеспечивающих максимальную производительность для заданных условий обработки и требований к качеству обрабатываемых поверхностей.

В настоящее время проведено много исследований в области повышения качества поверхностей. Одним из перспективных путей решения этой задачи является использование высокоскоростной обработки инструментами, оснащенными синтетическими сверхтвердыми материалами.

Эффективными средствами обеспечения надежности и стойкости инструмента являются инструментальные материалы повышенной износостойкости и теплостойкости, прочности и твердости, рациональные конструкции инструментов, высокоэффективные технологии их обработки. Интенсификация инструментального производства на основе развития эффективных средств производства (инструменты, оборудование) и высокопроизводительных технологий механообработки – ключевая задача машиностроительного комплекса и других базовых отраслей промышленности. Применение сверхтвердых материалов рассматривается в инструментальном производстве как приоритетное направление увеличения производительности и повышения надежности режущих инструментов и деталей машин. На наш взгляд перспективным способом является применение инструментального оснащения из композитов.

Изготовление конструктивно-сложных деталей станков обычными металлорежущими инструментами достаточно трудоёмок. Данные детали имеют достаточно сложную форму, большое количество выступов, пазов, что предусматривает применение прерывистого резания. Обычный металлорежущий инструмент в данных условиях имеет пониженную работоспособность. Применение инструментов из сверхтвердых материалов увеличивает как качество изготовления деталей, так и скорость. Причем по оценкам отечественных и зарубежных специалистов совершенствование режущего инструмента позволит значительно снизить общие затраты на обработку и тем самым повысить эффективность производства конструктивно-сложных деталей.

Таким образом, разработка рекомендаций по применению прогрессивного инструментального оснащения, для изготовления конструктивно-сложных деталей машин, является на сегодняшний день актуальной задачей.

**5. Эффекты от внедрения результатов проекта**

 Развитие современного машиностроения неразрывно связано с повышением надежности деталей машин и механизмов, снижением энерго- и материалоемкости производства, требует широкого использования новых прогрессивных технологий.

В связи с этим экономически и технически целесообразно развивать принципиально новый подход к выбору материалов уже на стадии проектирования изделий: механическая прочность деталей гарантируется за счет применения одного материала, а специфические свойства поверхности достигаются в результате формирования на ней тонких слоев других материалов – покрытий. В настоящее время к числу наиболее активно развивающихся направлений в области защитных покрытий относятся методы наплавки и напыления.

Однако применение покрытий сдерживается в связи с недостатком научно обоснованных рекомендаций по их производительной и качественной обработке. Особенно это относится к лезвийной обработке наплавленных и напыленных покрытий твердостью 40-65 HRC, в частности нанесенных порошковыми проволоками, а также самофлюсующимися порошками системы Ni-Cr-B-Si. Перспективным методом обработки гетерофазных материалов и, в частности наплавленных и напыленных защитных покрытий, является лезвийная обработка режущими инструментами из поликристаллических сверхтвердых материалов на основе кубического нитрида бора (композитов). В результате обеспечивается повышение долговечности деталей, сочетающееся с экономией легирующих элементов, удешевлением изделий, возможностью их многократного восстановления и использования. При реставрации изношенных деталей в 5-8 раз сокращается число технологических операций по сравнению с изготовлением новых деталей, а стоимость восстановления, как правило, на 30-50% ниже стоимости изготовления деталей. Увеличение объема восстановления деталей позволяет существенно снизить затраты на запасные части, а, следовательно, и себестоимость ремонта машин.

**6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта**

 Коммерциализация результатов выполнения проекта возможна в виде внедрения в производство технологий восстановления работоспособности базовых деталей станков методами плазменно-дуговой и ионной наплавок, с последующей механической обработкой инструментом из сверхтвердых материалов. Это позволит в 5-8 раз сократить число технологических операций по сравнению с изготовлением новых деталей, а стоимость восстановления, уменьшить на 30-50%, существенно снизить затраты на запасные части, а, следовательно, и себестоимость ремонта машин. Результаты проекта были внедрены в 2011 году на предприятии ООО «НИИЭЛЕКТРОАГРЕГАТ», что позволило получить экономический эффект более 70 тыс. руб. в опытном производстве, с годовой программой выпуска 500 шт.

 Руководитель темы Е.А. Кудряшов