

**УТВЕРЖДАЮ**

И.о. проректора по научной деятельности  
и цифровизации

ФГБОУ ВО «Казанский национальный  
Исследовательский технический университет

им. А.Н. Туполева

Матвеев С.А.

2025

## **ОТЗЫВ**

ведущей организации на диссертационную работу Глининой Гульназ Фидаэловны: «Обеспечение требуемого качества штампов крупногабаритных поковок в процессе чистового фрезерования с учетом износа инструмента», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6 «Технология машиностроения».

### **Актуальность темы диссертации**

Особенностью изготовления штампов поковок, изготавливаемых в процессах горячей объемной штамповки является необходимость механической обработки поверхностей гравюр штампов значительной площади. Геометрическая точность гравюр штампа напрямую копируется в виде формы отдельных элементов поковки. Чем точнее будет изготовлена поверхность гравюры, тем точнее будет поковка, поэтому необходимость повышения точности изготовления штампов крупногабаритных поковок не вызывает сомнения.

В процессе чистового фрезерования гравюр штампов одновременно действуют различные технологические факторы, связанные с геометрическими отклонениями технологической системы формообразования, приспособлений и инструмента. В процессе чистового фрезерования поверхностей гравюр штампа сферическими концевыми фрезами формируется структура погрешностей, наиболее значимый вклад в которую вносит износ инструмента.

Выполненный автором научной работы аналитический обзор показал, что несмотря на наличие достаточного числа публикаций и исследований в области обеспечения точности чистового фрезерования сложных криволинейных поверхностей в недостаточной мере исследованы закономерности размерного износа концевых сферических фрез. Отсутствие методик выявления износа сферических концевых фрез и информации о закономерностях их изменения в периоде стойкости инструмента не позволяет выполнить компенсацию наиболее значимой погрешности обработки – износа инструмента в процессах чистового фрезерования поверхностей гравюр штампов.

Приведенные выше положения обосновывают актуальность научного исследования в части обеспечения требуемого качества изготовления штампов крупногабаритных поковок в процессах чистового фрезерования за счет компенсации износа инструмента для достижения требуемого качества механической обработки штампов крупногабаритных поковок двигателей большегрузных автомобилей.

## **Структура диссертационного исследования и публикации**

Диссертация состоит из введения, 4-х глав и выводов, изложена на 183 страницах машинописного текста, в том числе 154 страницы основного текста, содержит 38 таблиц, 88 иллюстраций, 3 приложения на 11 страницах и список литературы из 130 наименований.

По основным результатам диссертационного исследования опубликовано 7 печатных работ, в журналах, входящих в перечень ВАК России и 6 работ в журналах, цитируемых Scopus и Web of Science.

Цель исследования заключается в обеспечении требуемого качества штампов крупногабаритных поковок в процессе чистового фрезерования за счет коррекции траекторий обработки, компенсирующей систематическую составляющую размерного износа концевых сферических фрез.

## **Научная новизна диссертационной работы**

В диссертационной работе сформулированы следующие пункты научной новизны:

1. Установлены закономерности изменения отклонений расположения, формы, профиля и шероховатости поверхностей образцов материала штампов в периоде стойкости концевых сферических фрез диаметром 8 мм с износостойким покрытием на основе TiN при различной их угловой ориентации.

2. Разработаны и реализованы количественные критерии сравнения концевых сферических фрез различной заточки диаметром 8 мм с износостойким покрытием на основе TiN в периоде их стойкости при различной угловой ориентации в виде суммарного удельного изменения отклонений геометрических показателей точности с учетом их значимости для обеспечения требуемого качества чистового фрезерования поверхностей гравюр штампов и их стойкости в процессе горячей объемной штамповки.

3. На основе закономерностей приращения износа концевых сферических фрез диаметром 8 мм с износостойким покрытием на основе TiN в периоде их стойкости разработан метод улучшения качества чистового фрезерования поверхностей гравюр штампов горячей объемной штамповки крупногабаритных поковок, компенсирующий систематическую составляющую размерного износа режущих кромок.

Положения научной новизны дополняют известные результаты стойкостных испытаний для концевых сферических фрез новыми результатами, позволяющими улучшить точность чистового фрезерования и обеспечить сравнение концевых сферических фрез различного конструктивного исполнения.

## **Практическая значимость полученных результатов**

1. Разработан программный модуль расчета коррекции траектории фрез чистового фрезерования штампов крупногабаритных поковок, обеспечивающий повышение геометрической точности.

2. Разработана методика испытаний сферических концевых фрез и исследования закономерностей изменения геометрических отклонений точности на образцах материала штампов для нахождения математических моделей износа инструмента в периоде их стойкости.

3. Разработана методика оценки результативности применения концевых сферических фрез различных производителей инструмента.

От внедрения методики в производство достигнут экономический эффект от улучшения геометрической точности поковок коленчатых валов большегрузных автомобилей в размере 1,5 млн. руб./год., что подтверждается данными акта внедрения работы ПАО КАМАЗ.

### **Степень достоверности результатов исследования**

Достоверность результатов работы подтверждается их согласованностью с известными теоретическими и экспериментальными данными исследований износа инструмента. Полученные результаты достигнуты путем применения современных измерительных средств измерений, стандартных и нестандартных методик исследования, методик обработки металлов в процессах резания и методов статистической обработки результатов экспериментальной обработки.

### **Содержание работы**

Во введении содержится обоснование актуальности предлагаемой работы, сформулированы цель и задачи исследования, предложена методическая и теоретическая основа, научная новизна и практическая значимость.

#### **В первой главе**

Выполнен аналитический обзор различных подходов к выполнению стойкостных испытаний инструментов, методов сравнения стойкости режущих инструментов, а также методов улучшения качества чистового фрезерования деталей машин. По выполненному аналитическому обзору сформулированы задачи работы, обеспечивающие достижение ее цели в части обеспечения заданного уровня качества чистового фрезерования гравюр штампов.

#### **Во второй главе**

Теоретически обоснован метод испытаний концевых сферических фрез на плоских образцах материала штампов, заключающийся в послойном снятии с образца припуска при заданном наклоне концевой сферической фрезы координатными измерениями и измерениями параметров шероховатости.

Приведены математические зависимости расчета значений отклонений настроечного размера, положения базовой плоскости, отклонений от прямолинейности в продольном и поперечном направлении.

Рассмотрены закономерности изменения этих показателей для концевых сферических фрез различного конструктивного исполнения, заточенных на пятикоординатном заточном станке с ЧПУ, специально подготовленном пятикоординатном станке с ЧПУ и после заточки на универсальном заточном оборудовании в периоде их стойкости. Закономерности найдены в виде графиков изменения значений размеров и шероховатости по пути резания для угла наклона фрез в  $15^\circ$  и  $45^\circ$ , а также регрессионных математических моделей.

**В третьей главе** приведена методика сравнения результативности обеспечения показателей точности на основе расчета удельного износа с учетом обеспечения наиболее важных показателей для обработки гравюр штампа. Рассмотрены результаты сравнения интенсивности износа концевых сферических фрез различного конструктивного исполнения по комплексу

геометрических показателей точности. По значениям удельного износа обоснован наилучший из исследованных сферических концевых фрез вариант их применения.

Обоснована математическая модель нахождения систематической и случайной составляющей износа инструмента в зависимости от различных углов наклона фрезы. Найдены регрессионные модели изменения систематической и случайной составляющей размерного износа фрез различного конструктивного исполнения.

В четвертой главе Выполнен анализ требований качества к гравюрам штампа. Приведены математические модели расчета величины коррекции траекторий инструмента в зависимости от угла наклона фрезы по длине пути резания. Рассмотрены различные варианты коррекции износа инструмента и выполнена теоретическая оценка возможного улучшения геометрической точности при различных вариантах выполнения компенсации систематической составляющей износа инструмента. Представлена методика выполнения и статистической обработки данных производственного эксперимента обработки штамповой вставки в условиях инструментального цеха заготовительного производства. Данные экспериментальной обработки подтверждают теоретически обоснованный уровень улучшения качества обработки гравюр штампа при чистовом фрезеровании с коррекцией, компенсирующей систематический износ инструмента.

Автореферат объемом 1,8 п.л. в достаточной мере отражает содержание выполненной диссертационной работы. Представленные в нем публикации в количестве 7-ми в изданиях ВАК и 6-ти в иностранных базах Scopus соискателя достоверно отражают полученные в результате выполненного научного исследования научные и практические результаты, позволяющие достигнуть цели исследования.

### **Замечания к диссертационной работе**

1. Компенсация износа выполняется за счет коррекции 3D моделей гравюр штампов. Более результативно использование возможностей, встроенных в программное обеспечение станков с ЧПУ, позволяющих выполнить коррекцию для отдельных рабочих перемещений концевых сферических фрез.

2. Не рассмотрены вопросы выявления закономерностей износа режущего инструмента при режимах резания, отличающихся от принятых в производстве для обработки гравюр штампов.

3. В работе отсутствуют рекомендации о диапазоне диаметральных размеров концевых фрез, рекомендуемых для стойкостных испытаний по разработанной в диссертационном исследовании методике испытаний инструмента.

Отмеченные недостатки не являются принципиальными и не снижают ценности выполненного исследования.

### **Соответствие диссертации научной специальности**

Диссертационное исследование Глининой Гульназ Фидаэловны является законченной научно-квалификационной работой, в которой разработано новое решение, соответствующее паспорту специальности 2.5.6 «Технология

машиностроения» п. 4 Совершенствование существующих и разработка новых методов обработки с целью повышения качества изделий машиностроения и снижения себестоимости их выпуска.

### Заключение

Диссертация Глининой Гульназ Фидаэловны на тему: «Обеспечение требуемого качества штампов крупногабаритных поковок в процессе чистового фрезерования с учетом износа инструмента» является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной задачи в области механической обработки металлов резанием. Текст диссертационной работы изложен технически грамотно, взаимосвязи утверждений между собой логично увязаны. Достоверность результатов не вызывает сомнений.

Диссертационная работа соответствует требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор Глинина Гульназ Фидаэловна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6 «Технология машиностроения».

Диссертационная работа, автореферат и отзывы на диссертационное исследование обсуждены и одобрены на заседании кафедры «Технологии машиностроительных производств» ФГБОУ ВО КНИТУ им. А.Н. Туполева, протокол 6 от 20 марта 2024г. г. На заседании присутствовали 16 преподавателей, из них 6 докторов наук, 8 кандидатов наук. В голосовании приняли участие 16 человек. Результаты голосования: 16 – за, против – 0, воздержавшихся – 0.

Заведующий кафедрой  
«Технологии машиностроительных производств»  
ФГБОУ ВО КНИТУ им. А.Н. Туполева  
к.т.н., доцент



Адрес организации: 420111, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, 10.

Тел. справочной: +7 (843) 231 01 09,

Канцелярия: +7 (843) 231-97-34

Факс: +7 (843) 236-60-32 (Канцелярия). Адрес электронной почты kai@kai.ru