

ОТЗЫВ

официального оппонента
на диссертационную работу
Подкругляк Любови Юрьевны

«Повышение быстроходности шпиндельного узла на основе моделирования его теплового состояния», представленную на соискание ученой степени кандидата технических по специальности 2.5.5 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки)

Структура работы

Диссертация выполнена в ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» и состоит из введения, пяти глав, выводов, списка использованной литературы (204 источника) и 4 приложений.; основной текст изложен на 131 странице, включая 68 рисунков и 30 таблиц.

Структура и объем работы соответствуют требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Публикации и апробация работы

По теме диссертации опубликованы 14 работ, в том числе 4 статьи в изданиях, включенных в Перечень ВАК РФ, 3 статьи в изданиях, индексируемых в международных базах данных, сделаны доклады на 7 конференциях различного уровня, что свидетельствует широком отражении результатов диссертации в научно-технических изданиях.

Актуальность темы

Актуальность темы диссертации связана с необходимостью совершенствования конструкций современных металлорежущих станков (МРС) на основе повышения их быстроходности, обеспечивающей рост производительности обработки с сохранением требуемой точности. Однако сдерживающим фактором при этом выступает повышение температуры шпиндельных узлов (ШУ), точность которых на 80% определяет точность станка в целом. Согласно многочисленным исследованиям тепловая погрешность МРС составляет 40-70% в общем балансе погрешностей, и она тем больше, чем выше требования, предъявляемые к точности обрабатываемых деталей. Тепловые потоки в узлах станков имеют весьма

сложный характер в связи с большим числом деталей, входящих в их конструкцию. В связи с этим формирование тепловых потоков определяется не только распространением тепла от источников через сплошные детали, но, в значительной мере, через контакты деталей между собой. Несовершенство контакта на границе раздела твердых тел приводит к возникновению контактного термического сопротивления (КТС). Учет КТС в используемых тепловых моделях дает возможность обоснованно управлять тепловыми потоками в особо точных узлах металлорежущих станков за счет конструкторских и технологических мероприятий, что определяет задачу повышения быстроходности ШУ за счет моделирования КТС несомненно актуальной в представленной диссертационной работе.

Общая характеристика работы

Среди множества факторов, влияющих на быстроходность и точность станка, большое значение имеют температурные погрешности. При этом главным источником температурной погрешности станка выступает тепловыделение в ШУ.

Анализ существующих тепловых моделей ШУ, применяемых для оценки влияния таких параметров эксплуатации ШУ, как частота вращения, нагрузка на шпиндель, предварительный натяг в опорах, показатели свойств смазочного материала и др., на тепловые характеристики ШУ, показал обоснованную необходимость обеспечения теплостойкости ШУ, как одного из важнейших проектных критериев.

Решена задача построения математической модели формирования КТС основе регрессионного анализа. Проведенные натурные эксперименты выявили закономерности влияния конструкторско-технологических факторов на контактное термическое сопротивление плоского стыка.

Разработана инженерная методика определения распространения тепловых потоков в сборочных единицах с использованием крупноблочных конечных элементов, позволяющая исключить применения сложных специализированных программных продуктов и максимально учесть конструкторско-технологические параметры. Предложенная автором методика на основании решения системы алгебраических уравнений теплового баланса для узловых точек тепловой модели дала возможность определить температуру в любой точке конструкции. Данная методика была применена также при моделировании теплового состояния опоры ШУ.

Предложены конструкторско-технологические решения, позволяющие снизить температуру подшипников шпинделя, что дает возможность повысить частоту его вращения, то есть повысить его быстроходность и интенсифицировать режимы высокоточной обработки на примере реализации на станке модели 2440СФ4.

Практическая реализация результатов работы в ЗАО «Стан-Самара» (г. Самара), а также использование в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» в ФГБОУ ВО СамГТУ, подтверждается актами внедрения.

Диссертация обладает внутренним единством, а предложенные автором решения в достаточной степени аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями, полученные результаты достоверны. Работа хорошо методически проработана, базируется на обширном экспериментальном материале, написана технически грамотно, иллюстрирована большим количеством рисунков и оформлена в соответствии с требованиями ВАК. По каждой главе и работе в целом сделаны обоснованные выводы.

Научная новизна работы

Научная новизна заключается в разработке и обосновании модели теплопроводности соединений деталей на основе использования псевдослоя, характеристики которого учитывают макро- и микроотклонения контактирующих поверхностей. Выявлена степень влияния конструкторско-технологических факторов на контактные термические сопротивления, что позволило установить закономерности формирования температурных полей шпиндельных узлов в условиях нескольких источников тепловыделения.

Степень достоверности результатов работы

Достоверность результатов подтверждается качественной аналогичностью результатов, полученных при математическом обосновании, сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований, а также данных моделирования с результатами их экспериментальной проверки.

Практическая ценность и реализация результатов работы

Разработана методика определения теплового состояния деталей ШУ с использованием крупноблочных конечных элементов. Получена регрессионная зависимость для определения КТС, позволяющая оценивать его с учетом основных параметров, задаваемых конструктором при проектировании. Предложены конструкторско-технологические решения по повышению быстроходности ШУ и улучшению теплообмена в его конструкции за счет выполнения кольцевых канавок.

Результаты диссертационной работы апробированы и приняты к внедрению в виде инженерной методики построения температурных полей с использованием крупноблочных конечных элементов шпиндельного узла в ЗАО «Стан-Самара» (г. Самара), а также использованы при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» в ФГБОУ ВО СамГТУ.

Предложения по расширенному использованию

Практические результаты диссертационной работы могут быть использованы на станкостроительных и машиностроительных предприятиях при проектировании, эксплуатации и модернизации высокоточного технологического оборудования.

Автореферат

Структура и содержание автореферата соответствуют требованиям ВАК. Автореферат дает достаточно полное представление о научно-технических результатах диссертации.

Замечания по работе

1. В выводах по 1 главе четко не сформулированы существующие отличия и преимущества направления моделирования тепловых полей, предложенного автором, по сравнению с известным методом конечных элементов, который им критикуется.
2. По результатам теоретических и экспериментальным исследований автором предложен ряд конструктивно-технологических решений при

проектировании шпиндельного узла станка, в частности, рекомендовано увеличение площади наружных теплоотдающих поверхностей путем выполнения кольцевых проточек на свободной от посадки поверхности гильзы ШУ. В работе указывается, что был произведен соответствующий расчет кольцевых канавок, однако не приведены цифровые значения размеров профиля канавок как результат их расчета, а показаны только форма профиля с буквенными обозначениями (рис. 5.12).

3. В общих выводах по работе не просматривается четко сформулированный вывод по обширному обзорному материалу, приведенному автором в 1 главе.

4. В выводе 7 в общих выводах указывается, что предложены конструкторско-технологические решения, позволяющие снизить температуры подшипников шпинделя станка модели 2440СФ4 (объекта исследования), что дает возможность повысить частоту вращения шпинделя с 4000 об/мин (у базового варианта) до 5000 об/мин (при работе с пластичной смазкой) и до 6300 об/мин (при работе с жидкой смазкой). Однако из паспортных данных станка следует, что 4000 об/мин – это максимальная частота вращения шпинделя, следовательно, для увеличения частоты вращения до 5000 об/мин и выше необходимо произвести модернизацию привода шпинделя станка, что не нашло отражение в материалах диссертации.

Заключение

Представленные выше замечания не затрагивают основные положения и выводы работы, которая обладает актуальностью, научной новизной и практической ценностью, что подтверждается актами внедрения ее результатов.

Рассмотренная диссертация является законченной научно-исследовательской работой, содержащей решение задачи, связанной с определением основных факторов, влияющих на контактное термическое сопротивление в стыках ШУ, разработкой методики определения теплового состояния ШУ с использованием крупноблочных конечных элементов и конструкторско-технологических решений по повышению быстроходности ШУ на основе температурного критерия.

Работа соответствует паспорту специальности 2.5.5 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки) по направлениям исследований по пунктам 1, 4 и 6.

Диссертация соответствует критериям пунктов 9, 11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. Считаю, что автор работы, Подкругляк Любовь Юрьевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки).

Согласен на включение в аттестационное дело и дальнейшую обработку моих персональных данных, необходимых для процедуры защиты диссертации исходя из нормативных документов Правительства, Минобрнауки и ВАК, в том числе на размещение их в сети Интернет на сайте ИМКБ СО РАН, на сайте ВАК, в единой информационной системе.

Официальный оппонент,

кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
доцент кафедры «Техническая механика и мехатроника»
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Саратовский государственный
технический университет имени Гагарина Ю.А.»

В.А. Добряков

05.12.2023

Подпись кандидата технических наук,

старшего научного сотрудника, доцента В.А. Добрякова заверяю:

Ученый секретарь Ученого совета

федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Саратовский государственный
технический университет имени Гагарина Ю.А.»

А.В. Потапова

