Описание научно-исследовательской работы

1. Тема работы: Обеспечение оптимального напряженно-деформированного состояния заготовок на операциях фрезерования с учетом износа режущего инструмента и тепловых параметров резания;

2. Направление работы: космические и авиационные технологии (авиационная техника с использованием новых технических решений);

3. Описание проблемы: Современное производство характерно своей устойчивой тенденцией к усложнению промышленных изделий и использованию материалов, вызывающих сложности при механической обработке. В первую очередь это касается изделий авиационной техники. Данная тенденция во многих случаях приводит к необходимости изготовления высокоточных деталей со сложным фасонным профилем, работающих в условиях знакопеременных нагрузок и высоких температур. Поэтому при изготовлении таких деталей значительное место уделяется состоянию поверхностного слоя, определяющего в значительной мере надежность и долговечность детали и изделия в целом.

На формирование состояния поверхностного слоя деталей оказывают влияние силовой и температурный факторы. Более того, если температура в зоне резания достигает значений, соответствующих значениям критических точек аллотропических превращений в поверхностном слое материале заготовки, то влияние температуры на формирование поверхностного слоя существенно возрастает.

Значительное место в технологических процессах изготовления деталей отводится операциям фрезерования. При этом нередко операции фрезерования являются окончательными операциями, определяющими состояние поверхностного слоя деталей.

В процессе фрезерования, также как при любом другом виде лезвийной обработки, имеет место затупление режущего инструмента, приводящее к росту сил и эффективной мощности резания, температуры в зоне резания и ухудшению качества обработки. Поэтому возникает задача по определению оптимального периода стойкости. При черной и получистовой обработке, как правило, в качестве оптимального – принимают экономический период стойкости, а при чистовой обработке – технологический период стойкости, который составляет половину от экономического периода стойкости, так как при чистовой обработке на первое место выступают требования к точности обработки, шероховатости поверхности и состоянию поверхностного слоя.

К основным факторам, влияющим на износ режущих кромок инструмента, относится температура в зоне резания. Как известно, она оказывает доминирующее влияние на адгезионные и диффузионные процессы на контактных поверхностях инструмента, а эти процессы в свою очередь оказывают непосредственное влияние на скорость изнашивания и на величину износа.

4. Цели работы: разработка методики для определения напряженно – деформированного состояния поверхности детали с учетом температуры в зоне резания и износа режущего инструмента, позволяющей прогнозировать качество обработки на операциях фрезерования, в том числе и концевого фрезерования. Методика позволяет проводить исследование, направленное на оптимизацию процесса фрезерования. В свою очередь это путь к получению изделий широкого целевого назначения с улучшенными механическими свойствами, при сопутствующей экономии материальных и трудовых ресурсов, а также при сопутствующем повышении производительности труда. Методика позволяет оптимизировать режим обработки, а также спрогнозировать деформацию заготовок под действием сил резания, а также остаточных напряжений.

5. Задачи работы:

- Разработать методику расчета теплонапряженного состояния заготовки и фрезы в зоне резания, с учетом полива СОЖ, на основе использования современных CAE технологий, базы знаний о процессе резания и вычислительной гидродинамики;
- разработать методику прогнозирования величины, знака и глубины залегания остаточных напряжений в поверхностном слое заготовки после обработки фрезой, с учетом теплофизики процесса резания на основе CAE технологий;
- разработать методику, позволяющую оценить динамику теплонапряженности процесса резания при фрезеровании в зависимости от износа фрезы.
- провести все необходимые натурные эксперименты с целью получения необходимых данных для разработанных методик;
- провести все необходимые численные эксперименты на базе разработанной методики с целью оптимизации процесса фрезерования;

6. Основное содержание работы

Методика для определения напряженно – деформированного состояния поверхности детали содержит в себе методики, каждая из которых основывается на конечно – элементных моделях. Конечно – элементные модели являются компьютерными моделями (виртуальное моделирование). Подобные модели создаются в программах конечно - элементного анализа (CAE программы) и выполняют функцию прогнозирования интересуемых параметров различных физических процессов. В общем случае компьютерная модель содержит три стадии разработки: разработка виртуальной геометрии тел – участников физического процесса; задание граничных условий, соответствующих физике процесса; этап вычислений и обработка полученных результатов. Этап задания граничных условий можно разделить еще на два подэтапа: определение характеристик материалов тел – участников физического процесса и определение кинематики движения тел – участников физического процесса. Качество получаемых результатов каждого компьютерного расчета во многом зависит от корректности определения граничных условий. Этим объяснена необходимость в проведении натурных экспериментальных исследований, позволяющих определить недостающие сопутствующие параметры процесса фрезерования. В дальнейшем эта информация учитывается в разработанной математической модели, которая используется в роли граничного условия для конечно – элементных моделей.

По окончанию разработки методики проводятся на ее основе серии численных экспериментов, в ходе которых определяется влияние исходных параметров процесса фрезерования на выходные параметры, которые характеризуют качество получаемой детали. На основе знаний, полученных в эксперименте, проводится оптимизация процесса фрезерования, определяются оптимальные входные параметры.

7. Научная новизна работы

Разработанная методика, базирующаяся на компьютерных конечно – элементных моделях, предназначена для расчета тепловых полей в инструменте и заготовке при фрезеровании. Данная методика отличается от известных возможностью виртуального моделирования и точного расчета площади контакта стружки с передней поверхностью и задней поверхности зуба фрезы с заготовкой, учитывает гидродинамику СОЖ посредством методов вычислительной гидродинамики. Это повышает точность расчета тепловых полей. Виртуальное моделирование обеспечивает высокую скорость проводимых вычислений;

Результаты работы базируются на компьютерной конечно – элементной модели в постановке явной динамики. Результат вычислений позволяет получать характер распределения, величину и знак остаточных напряжений в поверхностном слое детали на

операциях фрезерования с учетом тепловых процессов, протекающих в зоне резания, то есть осуществлять прогнозирование состояния поверхностного слоя;

Решение поставленных задач позволило провести оценку динамики теплового взаимодействия заготовки и фрезы при условии подачи СОЖ в зону резания, в зависимости от износа фрезы.

8. Результаты работы

- Разработана методика для определения напряженно – деформированного состояния поверхности детали с учетом температуры в зоне резания и износа режущего инструмента, позволяющая прогнозировать качество обработки на операциях фрезерования, в том числе и концевого фрезерования для заданного режима обработки. Данная методика позволяет осуществлять подбор наиболее оптимальных режимов обработки при фрезеровании, а также прогнозировать изменения геометрии изготавливаемой детали, под действием сил резания и остаточных напряжений, формируемых на операциях фрезерования.
- Проведены экспериментальные исследования на базе разработанной методики с целью оптимизации процесса фрезерования.
- Разработана методика, которая базируется на компьютерных конечно – элементных моделях, предназначенных для расчета тепловых полей в инструменте и заготовке при фрезеровании;
- Разработана методика, которая базируется на компьютерных конечно – элементных моделях, предназначенных для расчета тепловых полей в инструменте и заготовке при фрезеровании, с учетом гидродинамики СОЖ;
- Разработана методика, которая базируется на компьютерной конечно – элементной модели в постановке явной динамики;
- Разработана методика, позволяющая получать решение задачи по оценке динамики теплового взаимодействия заготовки и фрезы при условии подачи СОЖ в зону резания, в зависимости от износа фрезы.
- Проведены натурные экспериментальные исследования с целью получения необходимых данных для разработанных подметодик, а значит и для всей методики в целом.

Краткое описание достигнутых результатов в 2018 г.

За 2018 г. по направлению профессиональной деятельности Евдокимовым Д.В. были получены следующие результаты:

1) С целью повышения эффективности обработки фрезерованием были проведены натурные эксперименты, в процессе которых были найдены оптимальные геометрические параметры фрез, а также углы заточки их зубьев.
2) Спроектированы фрезы различных конструкций: фрезы с напайными пластинами, корпусные фрезы, цельные. Цель разработок – оптимизация фрезерной обработки, снижение себестоимости применяемого инструмента в 1,5 раза.
3) Организовано обучение, направленное на усвоение теоретических и практических знаний в области проектирования фрез и сверл и их непосредственного изготовления на станке.
4) Были проведены испытания инструментов, позволившие впоследствии определить аварийные для инструмента места в траектории его движения, что прописано в управляющей программе. Также испытания позволили уточнить те марки твердого сплава режущих пластин фрез, которые лучше всего бы подошли под те операции, которые были выбраны для испытаний.
5) Было разработано ТУ на основе справочной и научной литературы, нацеленное на повышение эффективности фрезерной обработки на предприятии. Оно содержит рекомендуемые геометрические параметры фрез, их оптимальную заточку, рекомендации к содержанию рабочего места, рекомендации по написанию управляющей программы и корректному выбору твердосплавных режущих пластин.
6) Был разработан стенд, предназначенный для целевой правки алмазного круга на металлической связке. Цель правки – обработка деталей с покрытием повышенной твёрдости получаемом газопламенным и плазменным напылением. Правка круга производится широко распространенным для этого методом электрохимической правки. Также для возможности производить правку непосредственно на шлифовальном станке были спроектированы специальные для этого элементы.
7) С применением методов конечно-элементного анализа разработана конструкция корзины для закалки с увеличенным в два раза запасом прочности без значительного увеличения массы. По основным несущим элементам ожидается подъем по коэффициенту запаса прочности от 1,14 до 2,3. При этом масса корзины увеличивается незначительно, примерно на 30кг, при массе исходной порядка 300-330кг.