

Рис. 2. Область получения наноструктурированных алмазных субмикро- и микропорошков из наноалмазов; 1 – линия равновесия «графит-алмаз»; 2 – область каталитического синтеза алмаза; 3 – область получения поликристаллических порошков на основе наноалмазов

Заключение. Согласно рассмотренной топологической модели подтверждается, что синтез алмаза проходит двумя путями: прямым и каталитическим; при этом возможно сочетание каталитического и прямого пути (переход с одного на другой). При термобарической обработке композиционного порошка «наноалмаз – нанографит» в тонком поверхностном слое неалмазного углерода происходит его превращение в алмаз (алмазоподобный углерод), при этом исходные агрегаты частиц наноалмазов объединяются в более крупные агрегаты с сохранением первичной структуры.

Исследования поддержаны грантом РФФИ 14-08-90011 и БРФФИ T14P-198.

УДК 621.9 06-192:620.1

ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ МНОГОЦЕЛЕВОГО СТАНКА НА ПОКАЗАТЕЛИ ТОЧНОСТИ

В.П. Горбунов, В.Ф. Григорьев

Брестский государственный технический университет

По результатам исследования предложена методика компьютерного моделирования термоупругих процессов несущей системы станка и прогнозирования изменения его геометрической точности по критерию смещения оси шпинделя во времени. На примере многоцелевого станка модели MC 12-250 апробируется методика создания тепловой модели вертикальной стойки в среде конечно-элементного модуля Cosmos Works. На основании зависимости смещения оси шпинделя от температуры в передней опоре можно прогнозировать изменение начальной точности станка с последующей компенсацией погрешности устройством ЧПУ, а также определять пути увеличения точности при проектировании станков.

Проблема потери работоспособности в связи с выходом основных точностных параметров за допустимые пределы особенно актуальна для многоцелевых станков (МС) с числовым программным управлением (ЧПУ), являющихся сложным и дорогостоящим оборудованием.

Доля тепловых погрешностей прецизионных станков может составлять 40...70% общей погрешности обработки [1].

Во время эксплуатации станка возникает необходимость компенсации тепловых деформаций. Применяются различные методы компенсации и минимизации термоупругих смещений элементов МС, в том числе с помощью функции коррекции в управляющей программе ЧПУ. Для принятия поправок необходимо знать величину тепловых смещений для каждого момента времени, так как она является функцией температуры $\Delta=f(\theta)$, которая в свою очередь есть пространственно-временная функция $\theta=f(x,y,z,t)$, представляющая собой температурное поле [2].

Моделирование теплофизических процессов, происходящих в технологическом оборудовании, с помощью ЭВМ и специализированных программных средств сокращает трудоемкость решения при смене объекта исследования, так как однажды созданную тепловую модель несложно адаптировать к новому объекту.

Целью работы является разработка и апробация методики компьютерного моделирования термоупругих процессов при оценке тепловых деформаций несущей системы станка и прогнозирования изменения его геометрической точности по критерию смещения оси шпинделя во времени.

Исследование выполнялось применительно к многоцелевому станку мод. МС 12-250с горизонтальным шпинделем.

По доступной технической документации и чертежам производился анализ компоновки и конструкции станка, элементов несущей системы, характера их сочленения.

Создавалась трехмерная твердотельная полноразмерная модель вертикальной стойки станка, несущей шпиндельный узел, в графической среде Solid Works. При построении модели учитывались конструктивные элементы, влияющие на жесткость: отверстия в стенках, внутренние ребра жесткости, бобышки и выступы для крепления узлов станка.

Проводилось моделирование термоупругих процессов стойки в среде конечно-элементного модуля Cosmos Works. К твердотельной модели прикладывались граничные условия: теплофизические свойства материала стойки; температуры поверхностей, рядом с которыми расположены источники тепловыделения; конвективный теплообмен с окружающей средой и временной интервал до наступления теплового равновесия. Определялось распределение температуры по наружным и внутренним поверхностям рассматриваемого базового элемента.

На основании анализа конструкции станка и природы тепловых процессов в стойке рассчитаны коэффициенты теплоотдачи и создана тепловая модель. Экспериментально проверялась приемлемость моделирования или адекватность тепловой модели. Параметры модели подвергались корректировке для достижения сходимости с экспериментальными результатами.

Проведенный термический анализ включал в себя имитационный нагрев стойки до термостабилизации станка при работе. Принят переменный режим работы станка на примере обработки детали «корпус».

Полученные градиенты распределения температур показывают, что нагрев передней стенки стойки происходит более интенсивно, самым мощным источником тепловыделения является передняя опора шпинделя. Через час после начала работы температура поверхности стойки у передней опоры достигает $26,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, при наступлении теплового баланса $29,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. По результатам температурного анализа построены кривые изменения температур. Величина линейного смещения опор шпинделя вдоль оси Y изменяется по экспоненциальному закону (рис. 1). Следует учитывать, что полное смещение при определенном вылете шпинделя складывается из линейного смещения при тепловом расширении передней стенки и смещения при повороте оси шпинделя в вертикальной плоскости из-за неодинаковых тепловых деформаций передней и задней стенки. Стабилизации тепловых деформаций на исследуемом промежутке времени не происходит, можно наблюдать лишь снижение интенсивности. Максимальная величина смещения оси шпинделя $\Delta Y=28,2\text{ мкм}$ при температуре в передней опоре $\theta=25,6^{\circ}\text{C}$. В связи с появляющимся угловым смещением оси шпинделя $\Delta\phi$ величина смещения может меняться в зависимости от вылета инструмента. В пределах рассматриваемого интервала времени доля углового смещения оси шпинделя достигает 3 мкм при вылете инструмента $\Delta z=150\text{ мм}$. Контрольными измерениями с построением кривой смещения оси шпинделя, было установлено, что тепловые деформации стабилизируются через 3 ч .

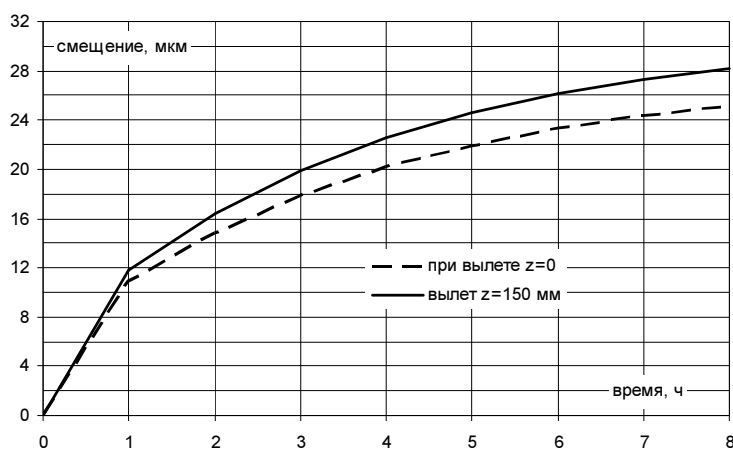


Рис. 1. Кривая смещения во времени оси шпинделя вдоль оси Y при различных вылетах

После коррекции тепловой модели лишь по одному параметру – времени переходного процесса, кривая смещения практически приблизилась к экспериментальной (рис. 2).

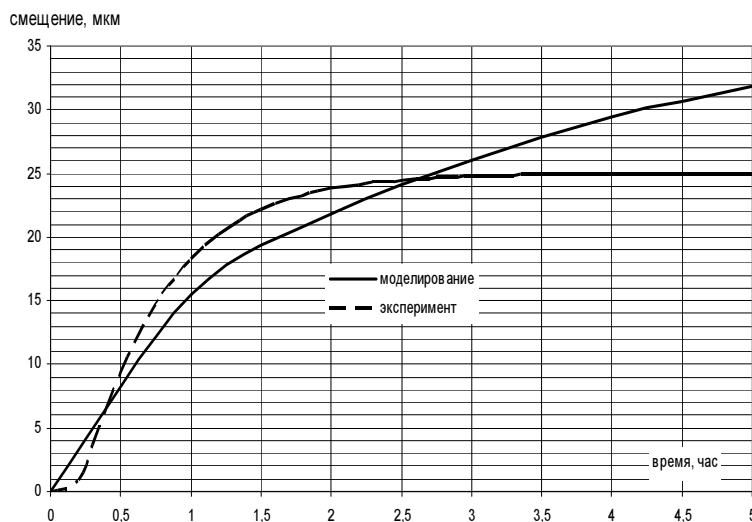


Рис. 2. Кривая изменения смещения оси шпинделя после коррекции тепловой модели

Выводы:

1. Предложена методика построения термоупругой модели на примере вертикальной стойки многоцелевого станка MC 12-250 в графической среде Solid Works.

2. Определено тепловое поле стойки станка, и характер изменения во времени смещения оси шпинделя. Наибольшее смещение оси шпинделя при вылете $\Delta z=150$ мм составило $\Delta Y=28,2$ мкм при температуре в передней опоре $\theta=25,6$ °С, при этом угловое смещения оси составило $\Delta\varphi=4,2''$.

3. На основании зависимости смещения оси шпинделя от температуры в передней опоре можно прогнозировать изменение начальной точности станка с последующей компенсацией погрешности устройством ЧПУ, а также определять пути увеличения точности при проектировании станков за счет изменения расположения источников тепловыделения, мощности тепловых потоков и конструкции элементов.

Литература

1. Горбунов, В.П. Диагностирование тепловых деформаций многоцелевого станка с ЧПУ / В.П. Горбунов, В.Ф. Григорьев, А.Н. Рудюк // Вест. Брест. гос. техн. ун-та. – Брест: Машиностроение. – 2008. – №4(52). – С. 34 – 37.

2. Соколов, Ю.Н. Термические расчеты в станкостроении / Ю.Н. Соколов. – М.: Машиностроение, 1968. – 77 с.