

УДК 621.941

О. К. АКМАЕВ, Р. Г. КУДОЯРОВ, Р. Р. БАШАРОВ

ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ОПРАВОК ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ НА МНОГОЦЕЛЕВЫХ СТАНКАХ

Приведены сведения о сравнительной оценке работоспособности инструментальных оправок SK и HSK при высокоскоростном фрезеровании, проведенной с помощью МКЭ. *Высокоскоростная обработка; расчетные схемы и деформация инструментальных оправок; точность базирования инструментов.*

Актуальной задачей современного машиностроения является повышение производительности изготовления деталей машин за счет более широкого применения высокоскоростной обработки. Основной принцип ВСО заключается в осуществлении малого сечения материала при высокой скорости резания и минутной подаче. К основным преимуществам высокоскоростной обработки относятся более высокая производительность, более высокое качество изготавливаемых деталей, сокращение количества ручных доводочных операций, сокращение времени на наладку и более высокая стойкость инструментов [1, 2].

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

На сверлильно-фрезерно-расточных станках наиболее широко используются инструментальные оправки, которые являются промежуточным элементом между шпинделем и инструментом. Наиболее распространена оправка SK по ГОСТ 25827-83. Эта оправка имеет конический хвостовик с конусностью 7:24. Такой конус не является самотормозящимся и позволяет легко извлекать оправку из шпинделя. К недостаткам применения данной оправки относятся значительные центробежные силы, способствующие деформации оправки, приводящие к ее осевому смещению, уменьшению жесткости и надежности соединения со шпинделем станка.

В последнее время получает все более широкое распространение соединение типа HSK (ГОСТ 51547-2000). Такое соединение имеет значительно меньшие диаметр и длину конуса, причем базирование осуществляется по конической и торцевой поверхностям. Последнее

обстоятельство предотвращает слишком глубокое затягивание оправки в шпиндель. При динамических испытаниях [3, 4, 5] подтвержден положительный эффект самозакрепления хвостовиков HSK за счет возникающих центробежных сил. К основным преимуществам данной оправки относятся высокая статическая и динамическая жесткость, что обеспечивает повышенную точность положения оправки.

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Анализ сведений, приведенных в указанных источниках, выявил противоречия в оценке направлении смещения (от шпинделя или к нему) оправок SK и HSK.

С целью уточнения этих данных и сравнительной оценки работы указанных оправок в условиях ВСО проведено моделирование в системе Solid Works/Cosmos Works 2007.

3. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Моделирование проводилось в следующей последовательности.

1. Построение твердотельной модели сборки шпинделей с оправками рассматриваемых вариантов.

2. Присвоение модели материала с необходимыми физико-механическими свойствами. Для всех деталей сборки в качестве материала принята легированная сталь 40X.

3. Определение кинематических граничных условий.

Кинематические граничные условия исключают движение сборки как жесткого целого без ее деформации. На цилиндрической поверхности шпинделя задается кинематическое граничное условие типа «шарнир».

4. Присвоение статических граничных условий.

Статические граничные условия определяют внешние усилия. Для сборок задана сила зажима оправки $P_3 = 6300$ Н [6], радиальная составляющая силы резания $P_y = 500$ Н (при определении влияния радиальной составляющей силы резания на деформацию сопряжения) и определенная угловая скорость вращения шпинделя (рад/с).

5. Присвоение контактных граничных условий Контактные граничные условия определяют взаимодействие деталей сборки друг с другом. Жесткость конического сопряжения шпинделя станка с оправкой SK $j = 200$ Н/мкм, для конического сопряжения шпинделя станка с оправкой HSK $j = 480$ Н/мкм [5].

На рис. 1 изображены твердотельные сборки с принятыми условиями для выполнения расчета.

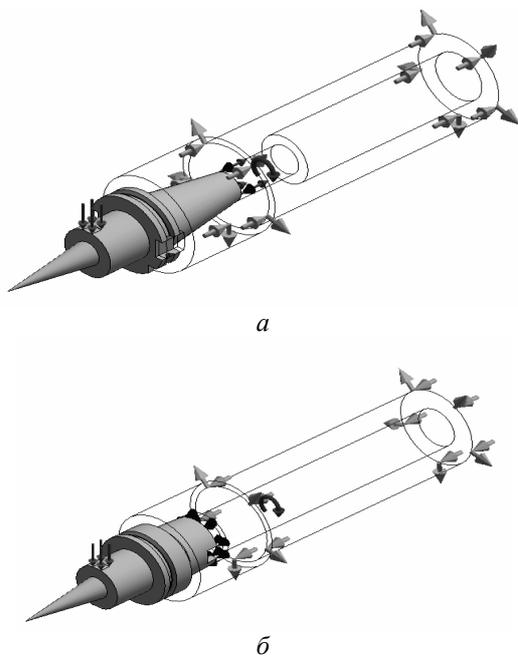


Рис. 1. Твердотельные сборки шпинделя с оправками для выполнения расчёта: а – SK; б – HSK

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Моделирование позволило установить, что при высокой частоте вращения происходит смещение обеих оправок в сторону шпинделя, но в разной степени. Для оправки SK характерно уменьшение осевого зазора между торцевыми поверхностями переднего конца шпинделя и кольцевым пояском оправки (из-за осевой силы зажима P_3), а также возникновение зазора в коническом сопряжении. Анализ осевого смещения острия инструмента в зависимости от частоты вращения указывает на преимущество оправок HSK. На рис. 2 показано осевое

смещение оправок SK и HSK в зависимости от частоты вращения шпинделя.

Установлено, что в коническом сопряжении шпинделя станка с оправкой HSK происходит изменение плотности контакта конической поверхности при различных оборотах. Это объясняется увеличением сил зажима в результате раскрытия кулачков на высоких оборотах и разности масс хвостовика оправки и переднего конца шпинделя. Однако изменение плотности контакта, как показало моделирование (рис. 3), не особо влияет на радиальную жесткость системы с применением оправки HSK.

Моделирование процесса радиальной деформации оправки с учетом радиальной составляющей силы резания показало заметную деформацию оправки SK в сравнении с оправкой HSK (рис. 3).

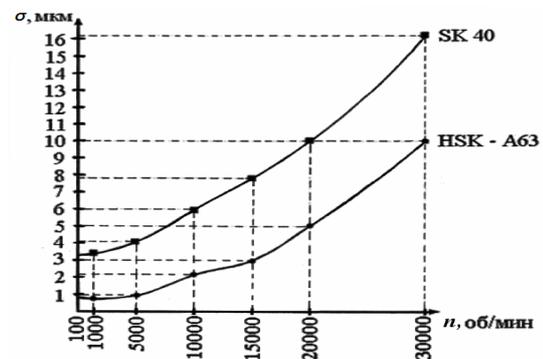


Рис. 2. Зависимость осевого смещения инструмента от частоты вращения шпинделя

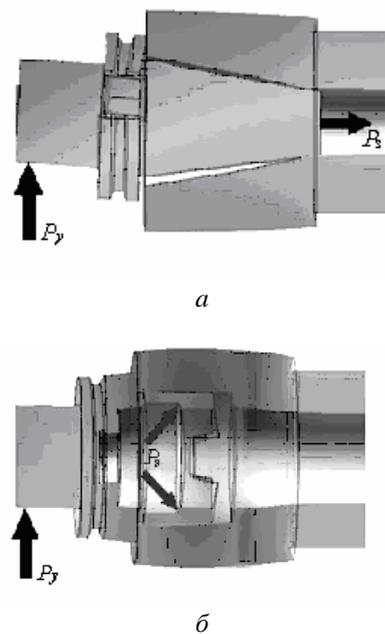


Рис. 3. Влияние радиальной составляющей силы резания на деформацию сопряжения шпинделя с оправками: а – SK; б – HSK

На рис. 4 показаны радиальные смещения инструмента в оправках SK и HSK при $P_y = 500$ Н.

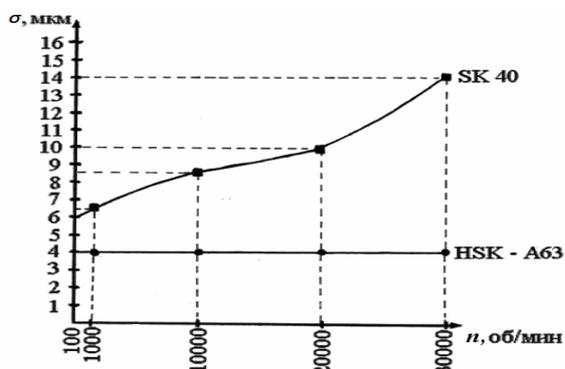


Рис. 4. Зависимость радиального смещения инструмента от частоты вращения шпинделя

ВЫВОДЫ

1. При высокоскоростной обработке деталей на многоцелевых станках происходит осевое смещение инструментальных оправок SK и HSK в сторону шпинделей, которое при частоте вращения 30000 об/мин может достигать величины 16 мкм (SK) и 10 мкм (HSK).

2. Наибольшей точностью радиального положения в сравнении с оправкой SK характеризуется сопряжение шпинделя станка с оправкой HSK, что является условием достижения повышенной точности изготавливаемых деталей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виттингтон К., Власов К. Высокоскоростная механообработка // САПР и графика. 2002. № 11. С. 12–20.
2. Маслов А. Р. Высокоскоростная обработка. High Speed Machining (HSM). Справочное издание. М.: ИТО, 2002. 32 с.
3. Фельдштейн Е. Э., Корниевич М. А. Обработка деталей на станках с ЧПУ. Мн.: Новое знание, 2006. 287 с.

4. Маслов А. Р. Приспособления для металлообрабатывающего инструмента. Справочник. М.: Машиностроение, 2002. 256 с.

5. High Speed Cutting. Научно-техническая информация фирмы MECOF S.p.A. Italy, 1999. 41 с.

6. Пуш В. Э. Конструирование металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1976. 390 с.

ОБ АВТОРАХ



Акмаев Олег Кашафович, доц. каф. мехатронных станочных систем. Дипл. инж.-мех. (УАИ, 1971). Канд. техн. наук по технологиям и оборудованию мех. и физ.-техн. обработки (УАИ, 1983). Иссл. в обл. обработки точных деталей.



Кудояров Ринат Габдулхакович, проф. каф. мехатронных станочных систем. Дипл. инж.-мех. (УАИ, 1963). Д-р техн. наук по технологиям и оборудованию мех. и физ.-техн. обработки (УГАТУ, 2003). Иссл. в обл. разработки мехатронных станочных систем.



Башаров Рашит Рамилович, дипл. инж.-механик (УГАТУ, 2008). Иссл. в обл. высокоскоростной обработки.