

ШПИНДЕЛИ НА ГАЗОВЫХ ОПОРАХ – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ПУТЬ РАЗВИТИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ

*Космынин А.В., Петров М.Р.

*Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет
Комсомольск-на-Амуре, Россия*

*kks@knastu.ru

Высокоскоростная обработка (ВСО) является приоритетным путем развития современной технологии машиностроения. К ВСО относят изменения конструкций металлообрабатывающих станков (узлы приводов, направляющие, шпиндельные опоры, способные надежно работать на высоких скоростях вращения и при линейных перемещениях), новые типы приводов главного движения и подачи, разработку специальных материалов и новых конструкций обрабатываемого инструмента (твердосплавного, абразивного), способных эффективно реализовать процесс ВСО.

Основные достоинства ВСО состоят в повышении производительности труда, высокой точности и качестве изготовления изделий, сокращении количества ручных доводочных операций и времени на подгонку. С помощью высокоскоростного фрезерования производительность при обработке инструментальных сталей высокой прочности увеличивается в три раза, алюминиевых сплавов в 10 раз, графитовых электродов – более чем в 10 раз.

На основании проведенных исследований влияние скорости резания на эти параметры выражается в трех основных эффектах:

1. Кинематическом эффекте, который заключается в том, что изменение скорости резания приводит к пропорциональному изменению числа режущих кромок, проходящих зону шлифования в единицу времени.

2. Скоростном эффекте, заключающемся в изменении сопротивления металла резанию с увеличением скорости из-за действия сил инерции. Этот эффект является дополнительным резервом увеличения скорости съема металла.

3. Статистическом эффекте, обусловленным случайным характером расположения режущих кромок на рабочей поверхности круга и специфической формой среза.

Актуальной проблемой для успешной реализации ВСО является выбор типа опор шпиндельного узла (ШУ). Применяемые в современных конструкциях высокоскоростных ШУ подшипники – это опоры качения, гидростатические, гидродинамические, магнитные и газостатические. Каждый из этих типов опор имеет свои преимущества и недостатки. Так, для подшипников качения предельная частота вращения составляет 60...80 тыс. мин⁻¹. Кроме того, потеря заданной точности вращения наступает после 1000...2000 часов работы ШУ. Помимо этого, увеличение температуры тел и дорожек качения подшипников ШУ так же ведет к изменению точности механообработки.

Применение магнитных опор ведет к росту стоимости шпиндельного узла из-за необходимости использования сложной электронной аппаратуры и дополнительных периферийных компонентов.

Недостаток опор скольжения с жидкой смазкой (как гидродинамических, так и гидростатических), состоит в значительном выделении тепла в результате относительного скольжения слоев смазки, так как мощность, затрачиваемая на трение, пропорциональна вязкости смазки и квадрату скорости вращения.

Шпиндельные опоры на газостатической смазке способны работать надёжно и долговечно при большой окружной скорости и обладают рядом преимуществ перед другими видами опор.

Главные их достоинства – повышенная плавность, стабильность вращения, высокие значения быстроходности - до $2,5 \cdot 10^6$ мм/мин. Опоры на газовой смазке обеспечивают точность вращения шпинделя, равную $0,02 \dots 0,04$ мкм.

Основные преимущества высокоскоростных шпинделей на газовых опорах по сравнению со шпинделями на опорах качения состоят в следующем:

- большая долговечность;
- меньшая чувствительность к дисбалансу оправки и круга;
- значительно меньший уровень вибрации;
- меньший износ шлифовального круга;
- применение чистого воздуха в качестве смазки исключает загрязнение окружающей среды.

Основными достоинствами газовой смазки по сравнению с гидростатической являются:

- заметно упрощается конструкция узла трения;
- отпадает необходимость в «разогреве» шпинделя с целью стабилизации физико-механических свойств смазки;
- повышается надёжность работы в условиях высоких и низких температур и влажности;
- существенно уменьшаются потери на трение в подшипниках;
- отсутствует загрязнение смазкой окружающей среды.

Главным недостатком газовых подшипников являются невысокая несущая и демпфирующая способность смазочного слоя, что при некоторых режимах ведет к снижению точности обработки и возможной потере устойчивой работы подшипника. Поэтому такие опоры применяют в малонагруженных ШУ, когда динамические нагрузки малы, а статические регламентированы.

Улучшить эксплуатационные характеристики шпиндельных газостатических подшипников способны опоры с частично пористой стенкой вкладыша, статические характеристики которых к настоящему времени исследованы достаточно полно.

Конструктивные способы повышения демпфирующей способности этих подшипников остаются пока не изученными ни в теоретическом, ни в экспериментальном плане. Решение этой актуальной для современного станкостроения проблемы способствует расширению области рационального использования быстроходных ШУ с опорами на газовой смазке для высокоскоростной обработки деталей.