

Сверхточная микрообработка в промышленных масштабах

Уве Шпитцен (Uwe Speetzen),
Вице-президент компании MAKINO Europe GmbH



До недавнего времени сверхточные фрезерные станки для микрообработки обычно выпускались станкостроительными компаниями в единичных экземплярах по специальному заказу научно-исследовательских институтов и опытных производств.

Компания MAKINO предлагает обрабатывающий центр для серийного производства микродеталей.

Учитывая растущие потребности производства микродеталей, в особенности миниатюрных инструментов и штампов, компания MAKINO выпустила на рынок сверхточный обрабатывающий центр для микрообработки iQ300.

Принимая во внимание всю технологическую цепочку, был проанализирован потенциал микрофрезерования твердых материалов с целью получения трехмерных поверхностей ячеистого типа с высочайшей геометрической точностью и чистотой. Чтобы удовлетворить «другие» растущие требования к результатам микрообработки, необходимо всесторонне учесть все факторы, оказывающие влияние на процесс микрофрезерования. Опыт компании MAKINO в обработке сверхточных миниатюрных инструментов и штампов, а также микрофрезерования, насчитывает не одно десятилетие. Благодаря этому опыту был создан станок для микрообработки в промышленных масштабах.

Ключевой фактор – конструкция станины станка

Рабочие показатели станка в значительной степени зависят от конструкции станины.

Для достижения наивысшего качества обработки важнейшее значение имеет статистическая и динамическая жесткость всей системы. Точность линейных направляющих по осям достигается за счет применения специальных прецизионных направляющих роликов, которые обеспечивают высокую жесткость и эффективное демпфирование. Отклоне-



Конструкция станка обеспечивает максимальную точность



Компактный вертикальный обрабатывающий центр для сверхточной микрообработки iQ300

ние от прямолинейности направляющих составляет менее 0,1 мкм на 100 мм, биение <math>< 30 \text{ нм}</math>. Привод по осям осуществляется двояными линейными синхронными двигателями. Тепло, вырабатываемое двигателями, отводится по системе охлаждения. Очевидные преимущества линейных двигателей заключаются в скорости и отличной динамике. Линейный двигатель не имеет гистерезиса, соответственно при перемещении практически отсутствует инерция и на обработанной поверхности не образуется характерный рисунок, что обязательно, например, при производстве линз.

Дополнительная поворотная 4-я ось приводится в движение прямым приводом; и здесь существенный интерес представляет система охлаждения. Для поворотной оси гарантируются концентричность вращения 0,5 мкм, точность позиционирования ± 2 секунды и повторяемость ± 1 секунда. Тепловое расширение шпинделя поворотной оси выдерживается в пределах 1 мкм.

Ключевая технология – шпиндельный узел

Уже более двух десятилетий компания MAKINO производит мотор-шпиндели, конструкция которых защищена большим количеством патентов. Одна из основных конструкций объединяет охлаждение сердечника и рубашки шпинделя с системой смазки внутреннего кольца подшипника через сердечник шпинделя. Эта система обеспечивает температурную стабильность, устойчивость и долговечность и является на сегодняшний день уникальной. Основные характеристики шпинделя: частота вращения 400 – 45 000 мин⁻¹; конус HSK-E32; внутренний диаметр переднего подшипника 40 мм; мощность привода 9,5 кВт; крутящий момент 2 Нм при 100 % нагрузке; биение <math>< 1 \text{ мкм}</math> при 45 000 мин⁻¹.

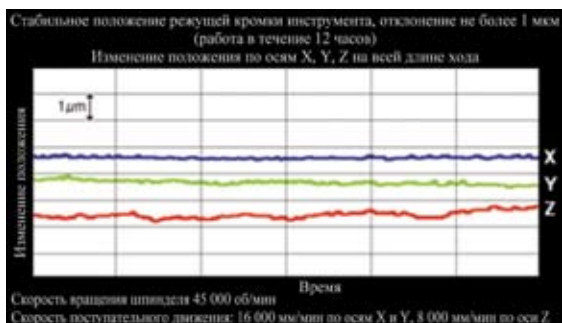
Активный контроль температуры – еще одна ключевая технология

Термическая стабильность конструкции является одним из существенных факторов при проектировании станков для микрообработки. Компания MAKINO не использует метод программной компенсации температурных расширений, а вместо этого предотвращает тепловые деформации, целенаправленно охлаждая источники тепла. Как было указано выше в описании конструкции станка, система охлаждения устанавливается для шпиндельного узла, линейных двигателей и направляющих всех трех осей, а также для прямого привода поворотной оси. Кроме этого, постоянная температура станины и колонны поддерживается посредством циркуляции специальной охлаждающей жидкости.

Кожух станка имеет сдвоенную стенку, промежуток между стенками заполняется теплоизолирующим материалом, в результате чего обеспечивается стабилизация внешней и внутренней температуры. Опционально станок может быть оснащен системой стабилизации температуры рабочей зоны.

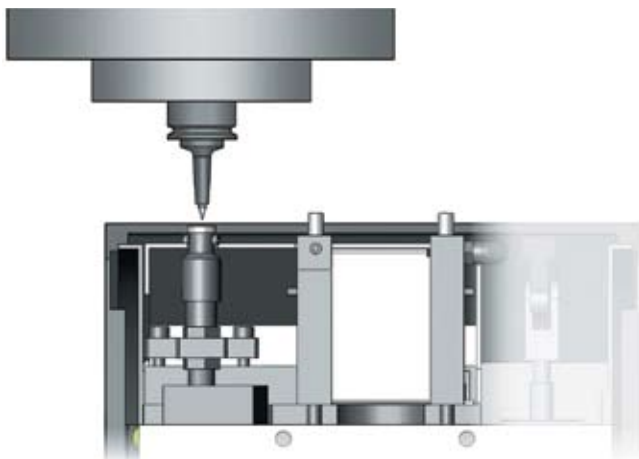
Станок с перемещениями по осям X/Y/Z: 400×350×200 мм, оснащенный линейками обратной связи с разрешением 5 нм, обеспечивает точность позиционирования $\pm 1,0$ мкм и повторяемость $\pm 0,5$ мкм на всей длине хода.

Данная система активного контроля температуры обеспечивает стабильное положение режущей кромки инструмента с отклонением не более 1 мкм в течение 12 часов.



Долговременная точность как результат активного контроля температурой

Сравнительно большая рабочая зона станка подчеркивает его основное предназначение – серийное производство микродеталей. Размеры рабочего стола 600×400 мм позволяют добавить дополнительную поворотную ось, возможна установка стационарных быстросменных зажимных приспособлений, в т.ч. автоматических.



Измерение длины рабочего инструмента при помощи контактной измерительной головки. Диаметр рабочего инструмента >0,03 мм

Точность позиционирования и обработки

Станок оснащается системой ЧПУ MAKINO Pro 5 (на базе электроники и приводов FANUC).

Для управления перемещениями используется система Super GI.4 (Super Geometric Intelligence), обеспечивающая высшую геометрическую точность и чистоту поверхности.

Огромное значение в обеспечении стабильности технологического процесса играет гибридная система измерения инструмента. Благодаря этой системе формообразующая поверхность обрабатывается с точностью до 1 мкм различными инструментами и на разных скоростях.

Минимальный диаметр инструмента, подлежащий измерению, составляет 0,03 мм.

В качестве примера точности обработки рассмотрим операцию фрезерования окружности.

Материал заготовки: инструментальная сталь, рабочий инструмент: концевая фреза $\varnothing 3$ мм, требуемый диаметр: 3,2 мм (т.е. радиус 0,1 мм в качестве траектории хода инструмента), скорость вращения шпинделя: 20 000 мин⁻¹, подача: 200 мм/мин, результат: отклонение от округлости 0,98 мкм.

Периферийное оборудование придает завершенность конструкции станка

Станок оснащается автоматической системой смены инструментов. Инструмент хранится в магазине цепного типа, а смена его производится с помощью двухзахватного манипулятора.

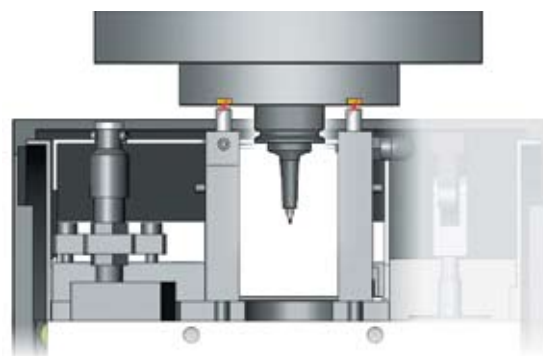
Чтобы максимально сократить межоперационное время, можно оснастить станок автоматизированным зажимным приспособлением для быстрой смены паллет. Емкость склада паллет выбирается в зависимости от времени цикла обработки детали и требуемого времени автономной работы станка.

В зависимости от технологии обработки деталей выбирается оптимальная система подачи СОЖ и система удаления стружки, которые в свою очередь оборудуются устройствами охлаждения и т.д., для обеспечения требуемой точности обработки.

Обработка с минимальным количеством смазки – еще один из часто используемых технологических приемов.

Примеры обработки

Примеры обработки наглядно показывают область применения станка. По причине договора о конфиденциальности с нашими клиентами, мы можем привести не полную технологию, а только концепцию обработки для трех типовых задач, часто встречающихся на практике.

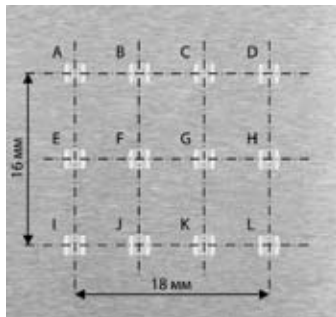


Измерение величины удлинения шпинделя при помощи бесконтактного датчика во время вращения шпинделя

Гибридная система измерения инструмента

Примеры обработки

1. Погрешность позиционирования не более 1 мкм.



Частота вращения шпинделя: 45 000 мин⁻¹
Скорость подачи: 200 мм/мин

Рабочий инструмент: Концевая фреза Ø 0,2 мм
Материал заготовки: Инструментальная сталь
Тестовая обработка продолжительностью 1 час с перемещением инструмента от точки А к точке В.

2. Максимальная погрешность по глубине 0,5 мкм



Размер обрабатываемой детали: Ø 6 мм
Материал заготовки: инструментальная сталь 65 HRC
Количество каналов: 12
Глубина каналов: 6,6 мкм
Чистота поверхности каналов: Ra 0,05 мкм

3. Чистота поверхности при обработке трехмерной детали, Ra 0,05 мкм



Частота вращения шпинделя: 30 000 мин⁻¹
Скорость подачи: 1800 мм/мин
Рабочий инструмент: Шаровая фреза Ø 2 мм
Материал заготовки: Нержавеющая сталь 52 HRC
Чистота поверхности: на стенках Ra 0,05 мкм
снизу Ra 0,06 мкм



Представительство ООО «МАКИНО Европа ГмБХ» в РФ:
119049, г. Москва, 4-й Добрынинский пер., д.8, офис С13-02

Вы можете связаться с нами по тел.:
+7 (495) 989-82-20/ факс: +7 (495) 989-82-21,
www.makino.ru, e-mail: info-russia@makino.de

Заключение

Станок iQ300 за счет чрезвычайно высокой повторяемости позиционирования, равной 1 мкм, обеспечивает стабильность технологического процесса в течение продолжительного времени. Благодаря этому стала возможна на практике автоматизация технологического процесса микрообработки.

Необходимый объем контроля качества сокращается до выборочной проверки контрольных изделий.

Эти факты мы считаем нашим решением для сверхточной микрообработки в промышленных масштабах.

Перевод: Алексей Тарасов, Руководитель департамента Консалтинг и продажи в РФ

