

# Быстро, точно, надёжно

## Вертикальный 5-осевой

### обрабатывающий центр D500 производства Makino

Уве Шпеецен, вице-президент «МАКИНО Европа ГмбХ» (MAKINO Europe GmbH)

5-осевой обрабатывающий центр, выпущенный чуть более 3-х лет назад, на практике прочно зарекомендовал себя как самый точный обрабатывающий центр в своём классе. За счёт тщательно продуманной конструкции и применения самых современных приводных компонентов в сочетании с интеллектуальной системой управления разработчикам компании Makino удалось создать станок, обеспечивающий оптимальный баланс между скоростью (производительностью) и точностью (качеством обработки заготовки). Анализ возможных дефектов и последствий уже на фазе конструирования, применение ключевых компетенций и интеллектуальное техническое обслуживание обеспечивают высокую степень надёжности продукции компании.

Станок D500 (Рис. 1) – это результат анализа 216 конструкций, находящихся на рынке. Оптимальная конструкция станка основывается на кратчайшем пути силового потока, на выборе осевой конфигурации. Это обуславливает низкую степень деформации конструкции со статической, динамической и термической точек зрения. Цель разработок компании Makino заключалась в том, чтобы суммарная погрешность пятиосевого станка была такой же, как у трёхосевой модели Makino. Т.е., чтобы пространственная точность обработки заготовки составляла менее 5 мкм, а достижимое качество шероховатость поверхности 3D-профиля не превышала Ra 0,2 мкм. При 5-осевой обработке заготовки недостаточно одного только высокоточного позиционирования отдельных осей. Необходимо позаботиться об оптимизации согласованной работы всех осей, причём в масштабах всей рабочей зоны станка. Оптимизация

должна проводиться с помощью новых методов измерения и компенсации. Компания Makino такие методы разработала. Результатом стал станок, обеспечивающий высокую точность при пятисторонней или одновременной пятиосевой обработке заготовки. В решающей степени точность станка обуславливается его конструкцией. Механические компоненты, тем не менее, должны быть изготовлены с высокой точностью. То же самое касается и выверки станка. Пространственная погрешность невыверенного уже многое говорит и о качестве его работы.

#### Конструкция станка

Конструкция станка способствует не только его точности и производительности, но и удобству обслуживания, оптимальной подаче СОЖ и эффективному удалению стружки из станка. Ось X станины станка служит опорой наклонно-поворотного стола (оси A и C). Массивная арочная колонна несёт ось Y и шпиндельный узел с осью Z. Исходя из данной концепции, доступ к станку возможен с трёх сторон. (Рис. 2)

Со стороны оператора создан оптимальный доступ к стойке системы управления, рабочему столу (заготовке) и к шпинделю (инструменту). Тем самым обеспечивается идеальный процесс наладки и контроля станочной обработки. Расположение наклонной и поворотной оси стола на оси X исключает какое-либо воздействие на точность поворотной оси со стороны линейной координаты (отсутствие «эффекта качелей»). С противоположной оператору стороны возможно установить систему автоматической смены паллет и разместить инструментальный магазин увеличенной емкости, тем самым представляя собой сторону автоматизации. Система подачи СОЖ и удаления стружки может быть изготовлена с учётом плана установки станка (размещение сбоку, сзади, спереди станка).

Направляющие линейных осей роликовые большого размера. Привод осей осуществляется через шарико-винтовую передачу, закрепленную с обоих концов и находящуюся в состоянии предварительного натяжения. Серводвигатели соединены со шпинделями посредством муфт. Оси наклона и поворота стола (оси A и C) перемещаются посредством направляющих с поперечными роликовыми подшипниками и приводятся в движение с помощью прямого привода (DD-привод). С помощью дискового тормоза оси могут зажиматься. Важной деталью в данной модели является то, что ось наклона стола (A) закрепляется и приводится в действие с двух сторон. Прямые приводы на каждой стороне полностью синхронизированы, поэтому исключается перекручивание стола и гарантируется наивысшая точность обработки.

#### Шпиндельная система

Для различных областей обработки и различных обрабатываемых материалов станок может быть оснащен одним из трех вариантов шпинделей. У стандартного шпинделя



Рис. 1. 5-осевой обрабатывающий центр D500 с открытой дверцей

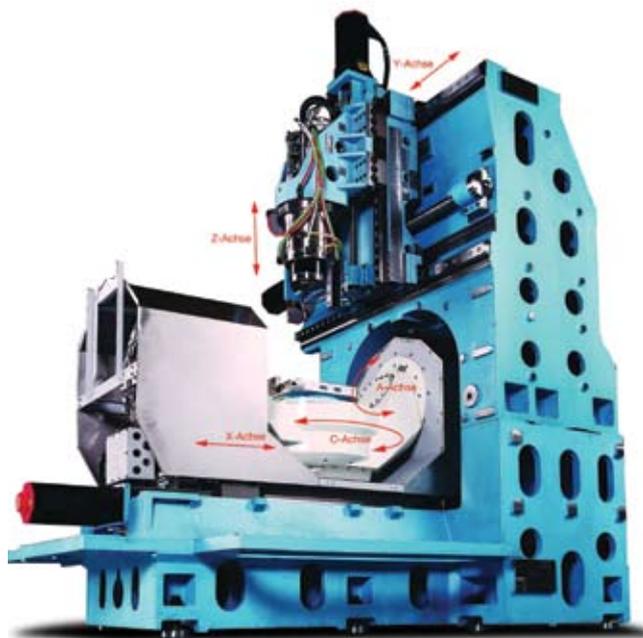


Рис. 2. Станина станка: оптимальная компоновка с двумя осями перемещения шпинделя и тремя осями перемещения стола

(14 000 мин<sup>-1</sup>) температура шпинделя стабилизируется за счёт системы охлаждения втулки подшипника и статора. (Рис. 3)

Опциональный шпиндель (20 000 мин<sup>-1</sup>) имеет весьма универсальную область применений, начиная с изделий из алюминия и стали, и заканчивая изделиями из титана. В данном шпинделе используется запатентованная компанией Makino система охлаждения и смазки шпинделя. Данная система предлагает максимальную производительность, температурную стабильность и увеличенный срок службы подшипников. Опциональный шпиндель (30 000 мин<sup>-1</sup>) предназначен для обработки деталей с тонкой структурой режущим инструментом небольшого диаметра. Особенно впечатляет здесь

### Числа + факты – сведения о станке Makino D500

Рабочее пространство (оси X/Y/Z)	550×1000×500 мм
Ускоренный ход (оси X/Y/Z)	48/50/50 м/мин
Скорость подачи (оси A, C)	18 000°/мин.
Ось A, поворотная ось	150° (+30°, -120°)
Ось C	360° непрерывно

Основной шпиндель	Количество оборотов/ мощность/ крутящий момент
Шпиндель двигателя	
Стандартный 14 000 мин <sup>-1</sup>	
Опциональный 20 000 мин <sup>-1</sup>	P=15 кВт, N=63,7 Нм
Опциональный 30 000 мин <sup>-1</sup>	P=13 кВт, N=23,9 Нм
Крепление инструмента	Полый конический хвостовик A63 (*полый конический хвостовик F63)
Время замены инструментов	2с
Ёмкость инструментального магазина	40 стандартный 60, 80 опциональный в цепи 113, 155, 197, 239, 281, 323 опциональный в матрице

Спецификация стола и паллет	Модель/ вес загрузки
Круглый стол, стандартный	Ø 500 мм/350 кг
Круглый стол, опциональный	Ø 500 мм/500 кг
Круглый стол, опциональный	Ø 630 мм/500 кг
Паллета, опциональная	400 x 400 мм/350 кг
Паллета, опциональная	500 x 500 мм/350 кг

Контроллер	Makino PRO5
Автоматизация	По запросу

исключительно низкая вибрация и, как следствие, высокое качество поверхности обработанной детали. В случае с этим вариантом шпинделя мы также применяем запатентованную систему масляного охлаждения и смазки. Для стандартного шпинделя и опционального шпинделя 20 000 мин<sup>-1</sup> предусмотрено крепление инструмента по стандарту HSK-A63.. Шпиндель 30 000 мин<sup>-1</sup> имеет исполнение по стандарту HSK-F, т.к. скорость вращения превышает максимально допустимую по стандарту HSK-A.

### Контроль температуры

Основную погрешность при обработке деталей вносит термическая деформация станка в процессе работы, с этой причиной связывают прикл. 50 – 60 % погрешности при обработке. В станке D500 компания Makino усовершенствовала его термическую стабильность за счёт термически симметричной конструкции и специальных мер по отношению ко всем источникам нагрева, направленных на обеспечение минимального теплового расширения. В шпиндельной системе в зависимости от варианта охлаждается втулка подшипника, статор двигателя и сердечник шпинделя. В приводах осей охлаждаются шарико-винтовая передача и фланец серводвигателя. Также осуществляется принудительное охлаждение кожуха прямого привода. Стойка и станина станка изолированы и термически защищены таким образом, что изменения температуры окружающей среды лишь незначительно влияют на поведение станка.

### Инструментальный магазин

В стандартном исполнении устанавливается инструментальный магазин цепного типа. По ёмкости цепные магазины рассчитаны на 40, 60 и 80 инструментов. С помощью промежуточного захвата инструмент передаётся в распоряжение быстрого двустороннего захвата. Магазины большей ёмкости – матричного типа. Матричные магазины могут иметь ёмкость от 113 до 323 инструментов, благодаря чему становится возможным процесс изготовления большой номенклатуры деталей в полностью автоматическом режиме (Рис. 4).

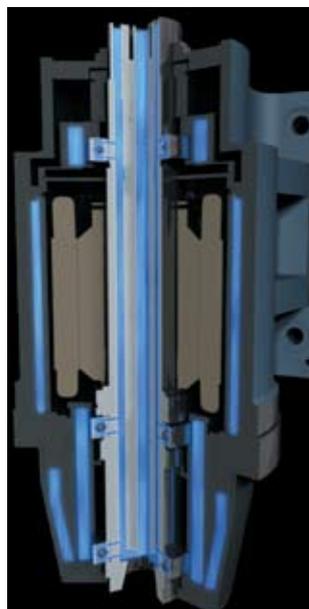


Рис. 3. Запатентованная система охлаждения и смазки шпинделя



Рис. 4. Устройство автоматической смены инструментов



Рис. 5. Два станка D500 подключены к системе автоматической смены паллет с роботом

### Система ЧПУ

В станках Makino используется система ЧПУ PRO5. Данный контроллер базируется на комбинации аппаратной части и программном управлении производства Fanuc FS310is, причем привод шпинделя, сервоприводы, включая DD-приводы, и усилители также производства Fanuc. Ориентированные на удобство практического использования панель обслуживания и экранный интерфейс являются разработкой компании Makino, как и система управления инструментами с обширным менеджментом данных. Вся система контроля инструментов с мониторингом нагрузки на шпиндель в режиме реального времени, система контроля функции осей A и C, контроля простоев станка и замены запасных инструментов являются фирменным микропрограммным обеспечением Makino. При наступлении сервисного случая благодаря наглядной аварийной индикации и функции протоколирования оператор и изготовитель имеют возможность получить полное представление о произошедшем.

Реализованная на станке технология полной 5-осевой обработки оказывает оператору поддержку в работе, начиная с режима 3+2, и заканчивая синхронной 5-осевой обработкой. Выдающаяся разработка компании Makino – это система управления перемещениями. Само название Makino Super GI.4 (суперинтеллектуальная геометрическая функция) описывает её назначение. С помощью этой функции становится возможным повысить геометрическую точность обработки и значительно улучшить качество обработанной поверхности. В зависимости от точности конечного контура можно выбрать одну из четырех стратегий обработки. Выбор стратегии определяет производительность черновой обработки и точность чистовой обработки.

### Автоматизация

Первый уровень автоматизации представляет собой интеграцию устройства автоматической смены паллет. Кроме того, имеется привязка к гибкой производственной системе Makino (MMC). Поскольку в D500 используются такие же паллеты, как в станках Makino a51 и a61, станок можно встроить в существующие системы на базе станков a51 и a61. В качестве ещё одного решения по автоматизации компания Makino может предложить систему VIP (Versatile Intelligent Productionsystem – гибкая интеллектуальная производственная система). Данная система основана на применении распространённых на рынке паллет (систем зажима в нулевой точке) и в качестве транспортного устройства использует 6-осевой промышленный робот. Система имеет модульную структуру и в состоянии объединять до 4 станков, до 200 паллет и четырёх станций загрузки-разгрузки.



Рис. 6. Обработка детали

Благодаря Панели Управления значительно повышается коэффициент загрузки и автономность станка. Это программное обеспечение можно также применять и для отдельных станков, в конструкции которых нет накопительной и транспортной системы. Программный продукт выпущен под названием MPmax (Machining Productivity Maximizer - усилитель производительности станка). С помощью такого управления через ОС Эта система может управлять всем технологическим процессом обработки на станках Makino, делая его более прозрачным. В ней поддерживается функция планирования загрузки станка, за счёт чего можно оптимизировать подготовку станка к работе, что приводит к повышению коэффициента загрузки и, тем самым, увеличению производительности (рис. 5).

### Применение D500

D500 применяется в высокоточном инструментальном производстве и для изготовления пресс-форм. По всему миру отмечается тенденция, которая заключается в том, что инструментальное производство инструментов приобретает серийный характер. Это значит, что предприятия используют свои компетенции и наряду с производством инструментов осваивают изготовление высокоточных деталей. Изготовителям прототипов требуются станки для комплексной обработки прецизионных деталей сложной конфигурации из цельных заготовок. Аэрокосмическая промышленность выпускает очень точные компоненты, для изготовления которых требуется 5-сторонняя или 5-осевая обработка. Сложные детали оптической промышленности и медицинской техники - еще одна задача для станка D500. Все пользователи станка D500 имеют общие требования: необходимость обработки труднообрабатываемых материалов, чрезвычайно высокую точность обработки, повышенные требования к чистоте поверхности после фрезерования и, в связи с мелкой серийностью, стабильность технологического процесса (рис. 6).



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.eu