

## DOOSAN FM LINEAR SERIES — НЕПРЕВЗОЙДЕННЫЕ СКОРОСТЬ И ТОЧНОСТЬ

В настоящее время главным источником повышения экономической эффективности машиностроительного производства является сокращение технологического цикла изготовления изделий и количества производственного и обслуживающего персонала. В связи с этим передовые украинские компании сегодня сосредоточены либо на повышении производительности процессов механообработки, либо на внедрении многозадачных технологий обработки. Это значит, что собственники таких предприятий все чаще инвестируют в сложное 5-осевое оборудование уровня DOOSAN серии FM linear — для повышения технологических возможностей производства при одновременном сокращении постоянных затрат



Основными требованиями, выдвигаемыми сегодня к оборудованию, являются высокие показатели скорости и точности обработки. Они необходимы для достижения максимальной производительности и качества выпускаемой продукции, в частности, при производстве сложнопрофильных изделий.

Для соответствия самым высоким требованиям компания DOOSAN Machine Tools оснастила свои 5-осевые обрабатывающие

центры линейными приводами и вывела на рынок серию FM linear series, которая была впервые представлена на выставке EMO 2015, — одной из крупнейших выставок металлообрабатывающего оборудования в Европе. Несмотря на небольшой срок, прошедший с момента этого события, данная серия уже успела доказать эффективность на предприятиях Европы, включая Украину.

**ОСОБЕННОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ СЕРИИ FM LINEAR**

Оборудование серии FM linear от компании DOOSAN характеризуется высокой производительностью и надежностью конструкции. Совокупность преимуществ высокоскоростных шпинделей, оснащенных прямым приводом, и линейных приводов осевых перемещений позволяет выполнять обработку с превосходной стабильностью. Как и ранее, при производстве обрабатывающих центров (ОЦ) DOOSAN используется станина из антивибрационного материала.

Каждый обрабатывающий центр серии FM linear представляет собой конструкцию портального типа с высокими скоростными характеристиками приводов на всех осях вращения и со сверхбыстрыми перемещениями по линейным осям, которые на 200% и 120% соответственно выше характеристик аналогичного современного оборудования ведущих европейских производителей.

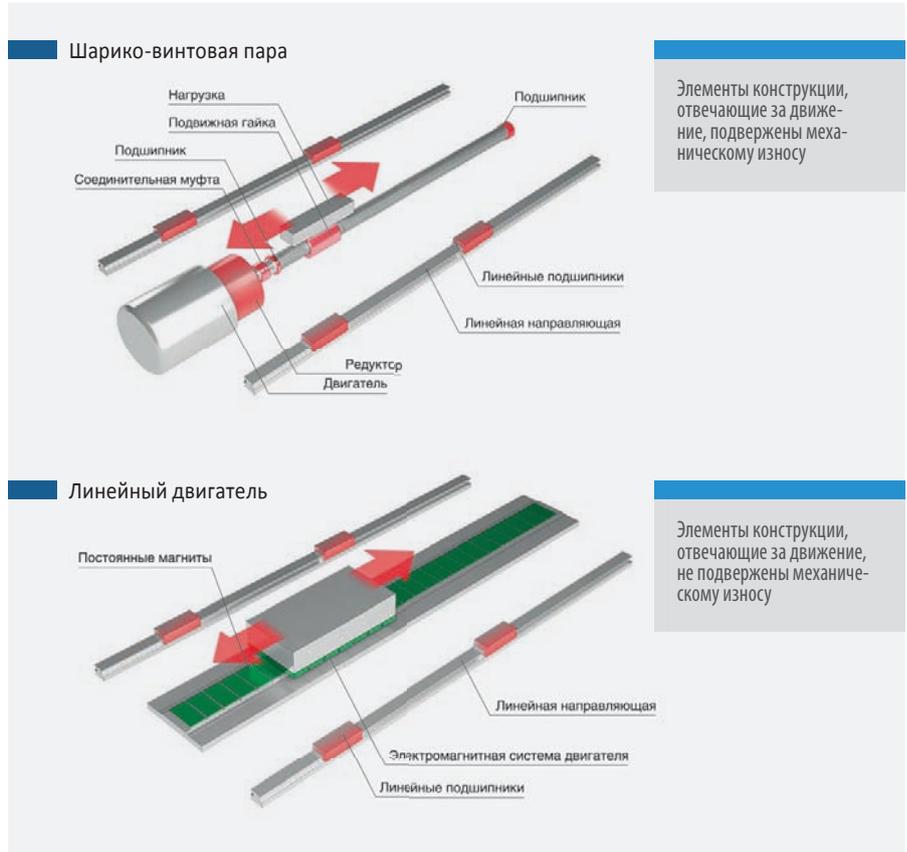
В линейке оборудования серии FM linear представлены модели как в 5-осевом исполнении (модели FM linear 200/5AX и FM linear 350/5AX), так и в 3-осевом (модель FM linear 400).

**ЛИНЕЙНЫЕ ДВИГАТЕЛИ ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ ОСЕЙ**

Оборудование данной серии стандартно оснащено линейными приводами для быстрого повышения или понижения скорости перемещения и имеет самые высокие характеристики холостых перемещений в своем классе — до 80 м/мин, что способствует сокращению общего времени обработки деталей благодаря многократному снижению вспомогательного времени. Линейный привод обладает рядом неоспоримых преимуществ по сравнению с традиционными методами передачи и преобразования движений. Кроме того, применение линейного привода обеспечивает увеличение срока службы оборудования, повышение точности всей системы и динамики перемещений.

В таблице для сравнения приведены кинематические схемы линейного перемещения с помощью линейного двигателя и традиционно используемых в современном станкостроении шарико-винтовых пар (ШВП).

Конструкция ШВП предполагает большое количество механических сопряжений,



что приводит к износу деталей шарико-винтовой пары и, как следствие, — к потере точности обработки. В свою очередь, линейный двигатель состоит всего из двух частей, взаимодействие которых происходит исключительно через электромагнитное поле. Поскольку элементы линейного двигателя не соприкасаются, то их механический износ отсутствует.

В связи с меньшим количеством этапов преобразования электрической энергии в поступательное движение линейный привод обладает существенно более высоким КПД по сравнению с приводом на ШВП. Кроме того, благодаря отсутствию механической передачи между деталями в линейном приводе нет люфтов, что положительно сказывается на точности оборудования.

Меньшее количество механических компонентов и соединений в линейном при-

воде обеспечивает более высокий уровень надежности оборудования в целом.

**СТОЛ С ПРЯМЫМ ПРИВОДОМ ОСИ ВРАЩЕНИЯ**

Поворотный стол данной серии оборудования DOOSAN оснащен прямым приводом двигателя для высокоскоростного вращения в сочетании с возможностью быстрого повышения и понижения скорости.

Погрешности данного вида передачи, вызванные температурными колебаниями, сведены к минимуму благодаря отсутствию промежуточных звеньев и наличию системы водяного охлаждения.

Данная концепция позволяет достичь точности позиционирования стола осей до 2 угловых секунд и скорости вращения — до 200 об/мин.

The rotary table is equipped with a direct drive motor for rapid rotation coupled with rapid acceleration and deceleration. Thermal error is minimized by the water cooling system.

Description	Unit	FM 200/5AX linear	FM 350/5AX linear
Rapid	A / C	r/min	50 / 100
Travel			
Load Capacity	kg (lb)	15 (33.1)	100 (220.5)

**■ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ  
ВСТРОЕННЫЙ ШПИНДЕЛЬ**

Одна из основных особенностей конструкции шпинделей этой серии станков DOOSAN — отсутствие трансмиссии. Станки серии FM Linear оснащены современными мотор-шпинделями типа Built-in (двигателем, встроенным непосредственно в шпиндельный узел), с рабочей скоростью до 45 000 об./мин. Это позволяет достичь максимальной производительности и высочайшего качества поверхности при обработке инструментом малого диаметра. Отсутствие ременного привода дает возможность не только выиграть в КПД и исключить вибрацию шпинделя, но также обеспечивает более длительный срок эксплуатации шпинделя в условиях непрерывного графика эксплуатации.

**■ СТАНИНА**

Станина станков DOOSAN серии FM linear изготовлена по инновационной технологии минерального литья. Благодаря этому она обладает неоспоримыми технологическими, экономическими и экологическими преимуществами по сравнению со станиной из стали или чугуна. Результат — превосходное гашение вибраций, химическая стойкость и термическая стабильность. Такого рода оборудование по достоинству оценено в сфере производства медицинской техники, в солнечной энергетике, электронной промышленности, сфере производства упаковочных материалов, а также во многих других отраслях.

Кратковременные колебания температуры станин из минерального литья оказы-

вают значительно меньшее влияние на точность размеров деталей при механической обработке. Хорошая термостабильность станины станка означает лучшее сохранение общей геометрии оборудования, в результате чего радикально снижается количество брака в процессе производства и появляется возможность повысить режимы обработки без снижения требований к геометрической точности изделия. Значительно сокращается износ режущего инструмента.

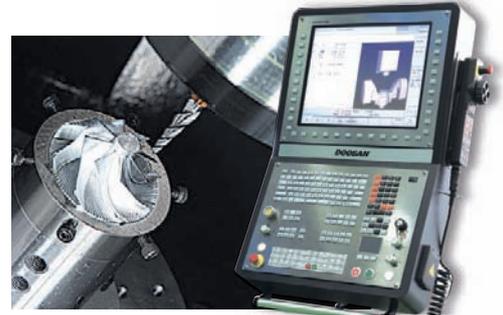
**Преимущества станины из минерального литья:**

- ◆ демпфирующие свойства;
- ◆ термическая стабильность;
- ◆ отсутствие деформаций при нагрузке;
- ◆ устойчивость к коррозии;
- ◆ экологичность;
- ◆ более высокая производительность;
- ◆ меньшие допуски;
- ◆ более длительный срок эксплуатации;
- ◆ более высокое качество обработанной поверхности.

**■ СЧПУ HEIDENHAIN NC,  
ОПТИМИЗИРОВАННАЯ  
ДЛЯ 5-ОСЕВОЙ ОБРАБОТКИ**

Обрабатываемые центры DOOSAN серии FM linear управляются системой ЧПУ Heidenhain iTNC 530. Данная стойка отличается оптимизированной системой управления перемещением по траектории, коротким временем обработки кадра и специальными стратегиями обработки деталей. Цифровая архитектура и встроенное цифровое управление приводами с интегриро-

ванным преобразователем обеспечивают высокую скорость обработки при высочайшей точности контура, что особенно необходимо при обработке 2D-контуров или 3D-форм.



Для обеспечения высокой точности обрабатываемых деталей в условиях массового производства (непрерывный график работы, коэффициент использования оборудования 0,9–0,95) центры серии FM оснащают системами обратной связи с датчиками линейных перемещений (измерительными линейками) HEIDENHAIN (Германия) в стандартной комплектации. При этом кинематические и термические изменения, а также влияние нагрузки в процессе обработки определяются линейными датчиками и учитываются в контуре управления, что позволяет достигать высочайшей точности позиционирования станка — до 3 мкм.



Gantry structure  
Horizontally-symmetrical structure suitable for high-speed, high-precision machining  
Guaranteed structural stability

Built with a mineral cast bed for stable performance

Built with a mineral cast bed for stable performance

Temperature ↑

Mineral cast materials

Ambient temperature

Casting

Time →

Normal cast materials

Mineral cast materials

↑ 25 times

Thermal stability 25 times greater



Оборудование такого класса не может раскрыть свой потенциал без помощи мощной системы для программирования. Все преимущества оборудования на черновых операциях высокоскоростной обработки в полной мере раскрывает технология ProfitMilling, разработанная компанией DP-Technology и реализованная в САМ-системе ESPRIT.

Данная технология является лучшим решением, использующим преимущества всех известных стратегий механической обработки.

Суть технологии заключается в том, что траектория ProfitMilling рассчитывается с учетом отслеживания толщины стружки и бокового усилия резания с сохранением постоянного угла врезания и скорости удаления материала в определенном диапазоне. Благодаря этому происходит удаление существенно большего количества материала за меньшее время без ущерба для качества обработки. Производительность повышается до нескольких раз без малейших дополнительных инвестиций.

Стратегия ProfitMilling оптимизирует силы резания за счет контролируемого ускорения станка для получения оптимального результата.

ProfitMilling — это высокоскоростная стратегия черновой обработки, позволяющая значительно увеличить глубину обработки и величину подачи инструмента при оптимальной скорости. Данная технология контролирует не один параметр, а сразу несколько важных характеристик станка в процессе резания (рис. 1). На сегодняшний день новая методика обработки включена практически во все стратегии, такие как: 2.5D, 3D, а также 5-осевые фрезерные и 2-осевые токарные.

Динамическое изменение режимов резания обеспечивается по всей траектории движения инструмента для получения максимальных преимуществ от скорости, ускорения/торможения линейных перемещений.

Для сравнения: в традиционной обработке существуют некоторые ограниченные возможности (рис. 2), такие как:

- ♦ острые углы;
- ♦ полная ширина;
- ♦ постоянная подача;
- ♦ крутое врезание.

Новая технология ProfitMilling учитывает данные ограничения и максимально оптимизирует их, позволяя добиться следующих преимуществ (рис. 3):

- ♦ сглаженная траектория;
- ♦ высокоскоростная обработка в пазах;
- ♦ оптимальная подача;
- ♦ подбор углов.

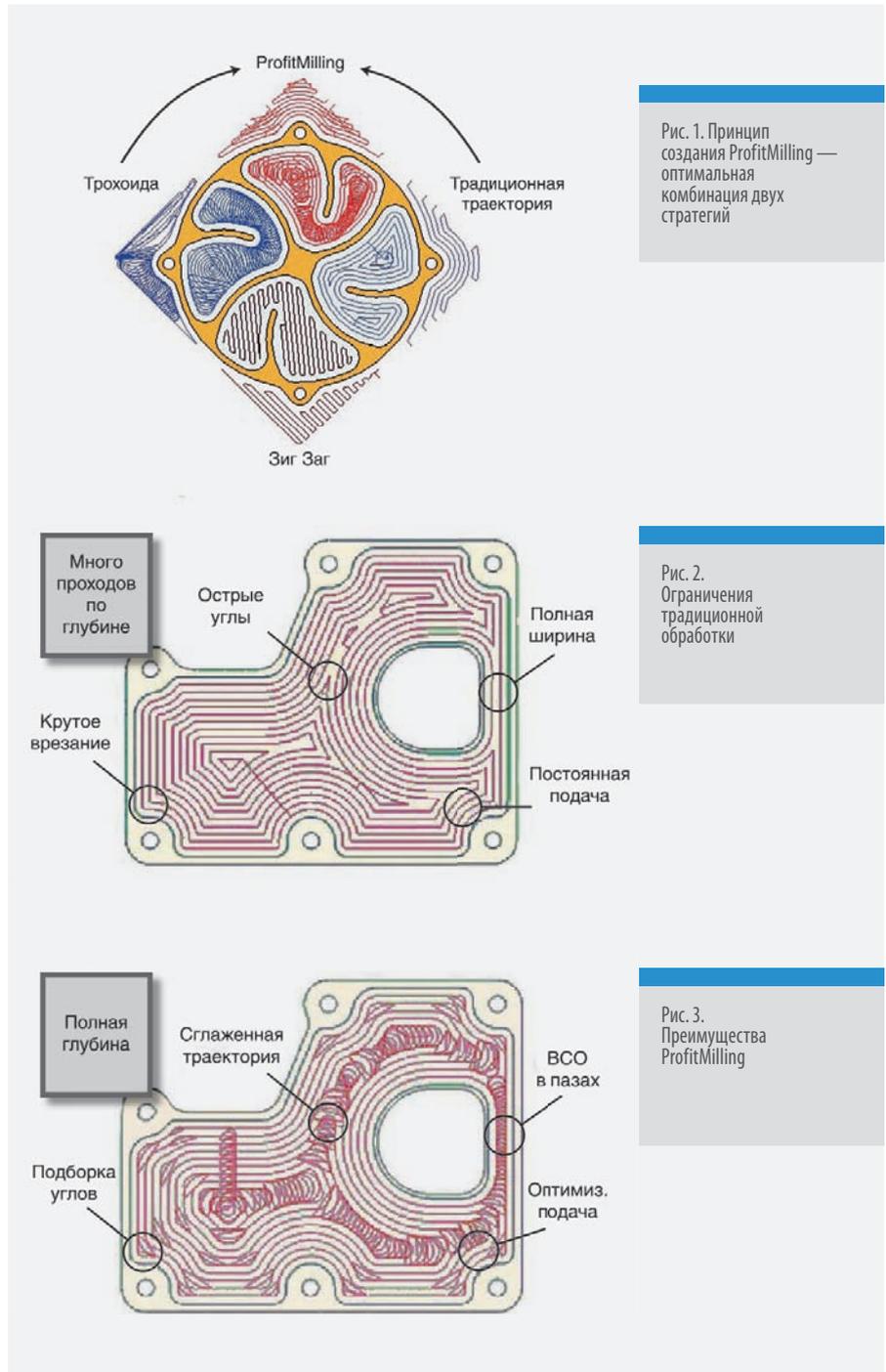


Рис. 1. Принцип создания ProfitMilling — оптимальная комбинация двух стратегий

Рис. 2. Ограничения традиционной обработки

Рис. 3. Преимущества ProfitMilling

Таким образом, при создании траектории инструмента с помощью стратегии ProfitMilling:

- ♦ становятся возможными длинные прямые движения со смещением инструмента;
- ♦ контролируется применение трохоидальных движений;
- ♦ реже возникает необходимость в ускорении, повышающем износ оборудования и увеличивающем энергозатраты.

**Технология ProfitMilling позволяет раскрыть максимальный потенциал оборудования DOOSAN серии FM linear.**

**Контактная информация**

Эксклюзивный дистрибьютор  
DOOSAN MASHINE TOOLS CO., LTD в Украине



**ООО «ВАРИТЕК»**

г. Днепр, Турбинный спуск, 4  
Тел.: +380 56 790 84 22, факс.: +380 56 790 84 00  
info@varitec.com.ua  
www.varitec.com.ua