

# Отрезка по оси Y на многоцелевых станках и токарных центрах



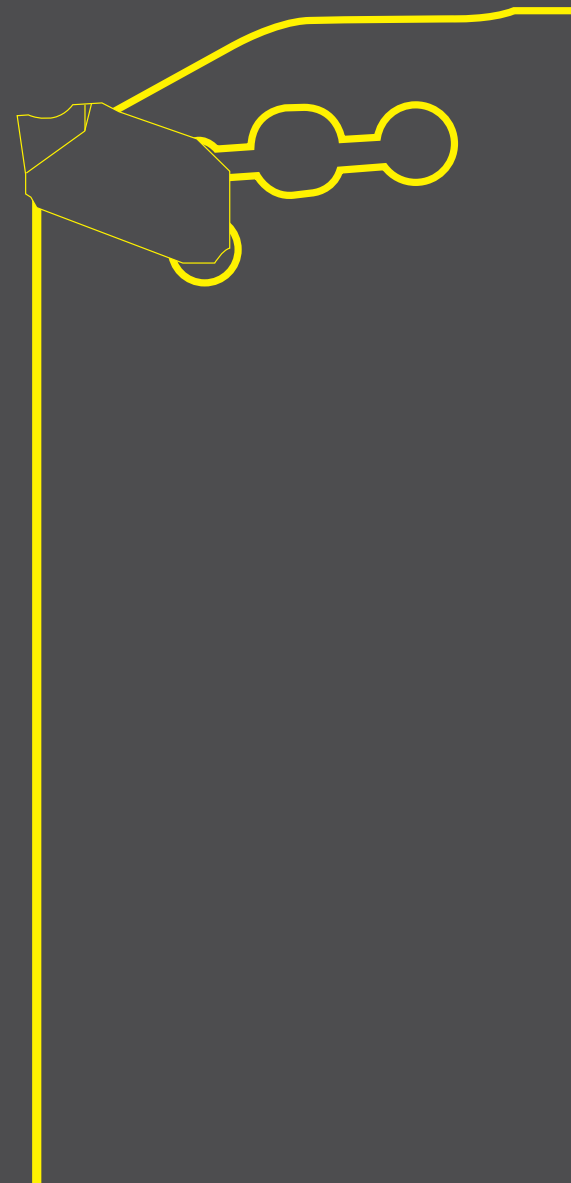
Отрезка по оси Y значительно повышает производительность и надёжность процесса обработки



В основе решений для отрезки по оси Y – мощная инженерная база и анализ методом конечных элементов



Ось Y стала стандартной опцией на передовых токарных станках



# Содержание

Введение .....	3
Модернизированные станки с вращающимися инструментами и осью Y .....	4
Трудности на операциях отрезки .....	5
Отрезка по оси Y .....	6
Преимущества отрезки по оси Y .....	8
Применение отрезки по оси Y на различных станках .....	9
Подготовка .....	11
Условия для инвестиций и их окупаемость .....	12



Одной из главных тенденций производства последних десятилетий является упрощение и минимизация количества наладок, необходимых для изготовления конкретной детали. Рынки требуют сокращения длительности подготовки производства и уменьшения запасов, что стимулирует производителей и их поставщиков искать пути максимальной рационализации изготовления деталей.

Сложные геометрии должны обрабатываться с минимальным числом наладок и операций, желательно на одном станке. Рентабельность изготовления детали может даже зависеть от возможности комбинировать несколько наладок на одном станке.

# Модернизированные станки с вращающимися инструментами и осью Y

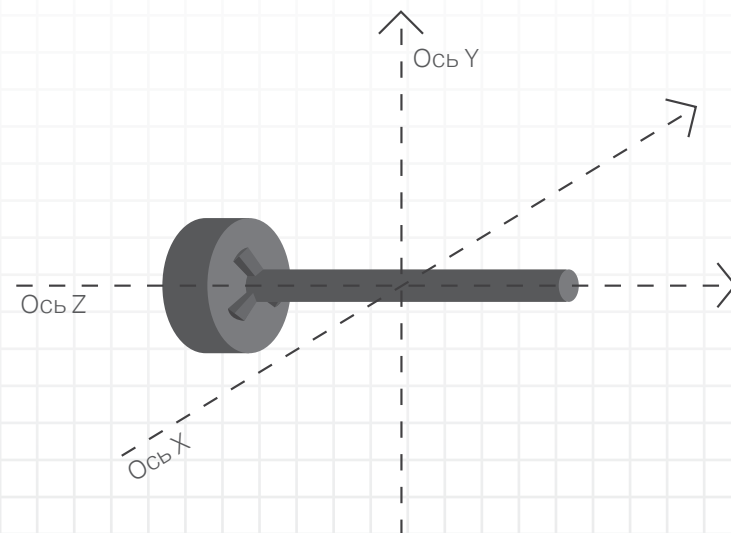
Одним из факторов распространения обработки за один установ является оснащение токарных центров вращающимися инструментами. Для этого в конце 1990-х были разработаны токарно-фрезерные станки с осью Y. Изначально идея заключалась в том, чтобы обеспечить вращение фрезы, сверла или метчика в одной или нескольких позициях revolverной головки для исключения ограничений полярной интерполяции и связанных с этим сложностей программирования.

Однако сначала применение вращающихся инструментов на токарных центрах имело значительные ограничения. Поскольку вращающиеся инструменты на станках большинства типов просто устанавливались в revolverную головку, их привод был возможен только в тех же двух осях перемещения, что и у токарных инструментов, т.е. в осях X и Z. В результате любой элемент заготовки, не являющийся параллельным или перпендикулярным оси шпинделя или расположенный вдоль центральной линии заготовки, оказывался вне зоны прямого доступа вращающегося сверла, фрезы или метчика с приводом от revolverной головки.

Для расширения области применения были добавлены функции перемещения вращающегося инструмента вдоль торца шпинделя. Это было реализовано путём установки вращающихся инструментов на боковые стороны или торец revolver, установки направляющих по оси Y на наклонную станину либо путём использования независимой фрезерной головки.

Станкостроители и производители деталей вскоре осознали преимущества этого подхода. Сейчас, два десятилетия спустя, ось Y стала стандартным элементом почти на всех многоцелевых станках и опцией на многих новых токарных центрах.

Добавление оси Y в токарный центр обеспечивает углы в 90 градусов между тремя линейными осями, почти как у 3-координатного обрабатывающего центра. У большинства токарных станков ось Z параллельна оси шпинделя, ось X обеспечивает подачу при плунжерном точении, а ось Y - вертикальное перемещение, перпендикулярное плоскости ZX.



# Трудности на операциях отрезки

---

Отрезка – ключевой этап любого процесса токарной обработки, в ходе которого требуется отделить деталь от заготовки. Она занимает лишь небольшую долю в суммарной длительности резания, но обычно является последним этапом в процессе изготовления детали. Поломка отрезного инструмента может легко привести к простоя станка и проблемам с качеством, а в худшем случае заготовка может быть отбракована, и столь ценный результат всей предыдущей обработки будет перечёркнут. Ввиду этого производители не желают подвергать угрозе надёжность процесса отрезки.

Другим важным фактором является стоимость материала. При обработке дорогостоящих материалов, таких как жаропрочные сплавы (HRSA), настоятельно рекомендуется применять максимально узкие пластины.

Эти факторы означают диаметрально противоположные требования к инструментам для отрезки. Они должны быть как можно более узкими и длинными, чтобы свести к минимуму потери материала и увеличить рабочий вылет инструмента для отрезки заготовок максимальных диаметров. Однако для длинных инструментов

характерны невысокая стабильность и, соответственно, вибрация и шум. Вызываемые вибрацией неудовлетворительное качество обработанной поверхности и снижение точности – неприемлемые риски при выполнении отрезки.

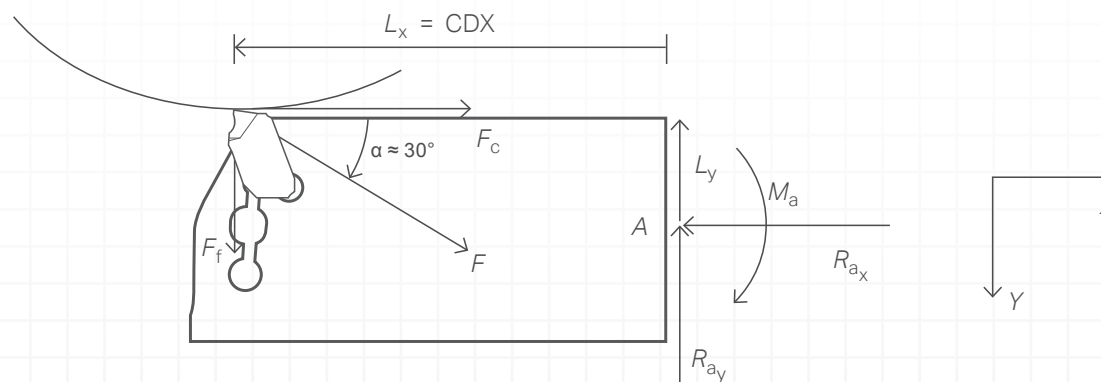
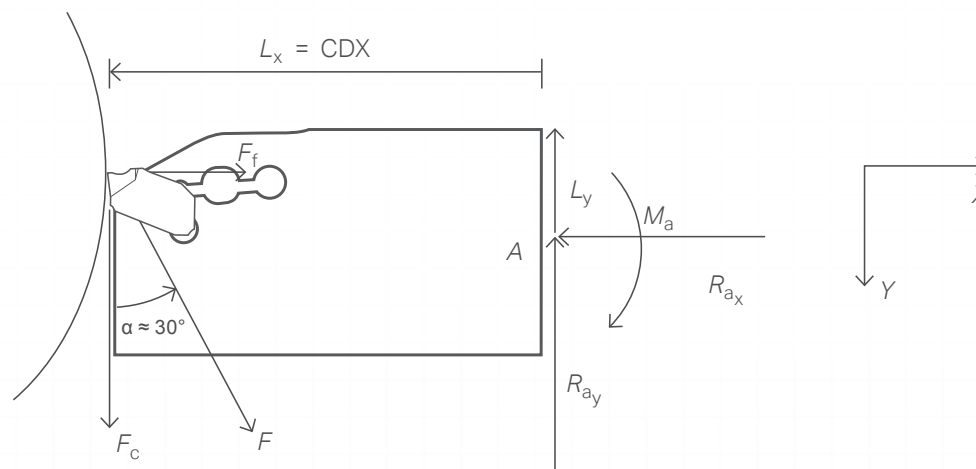


# Отрезка по оси Y

Ось Y существенно расширила возможности использования вращающегося инструмента на многоцелевых станках и токарных центрах. Кроме того, появились инновации, связанные с первоначальным предназначением этого типа станков: новый инструмент и метод для отрезки по оси Y. Они значительно повышают производительность и надёжность практически любой операции отрезки.

В основе инновации от Sandvik Coromant лежит невероятно простой принцип. Обычные инструменты для отрезки работают с осью X станка, инструмент для оси Y просто повернут на 90° против часовой стрелки для совмещения с осью Y.

В традиционной наладке для отрезки используется относительно длинный и тонкий резец, который подаётся под углом 90° во вращающуюся заготовку. Основная сила резания создаётся за счёт скорости резания, остальная часть — за счёт подачи. Результирующая сила направлена в инструмент по диагонали, под углом около 30°, через одно из наименее прочных сечений (менее прочное лишь поперечное сечение). Обычно это компенсируется уменьшением вылета лезвия и увеличением его высоты. Однако это ограничивает возможности использования инструмента.



$$\left. \begin{array}{l} L_x \gg L_y \\ F_c = 1.75 \cdot F_f \end{array} \right\} \begin{array}{l} \underbrace{L_x \cdot F_f - L_y \cdot F_c}_{M_{A_{\text{Отрезка по оси Y}}}} \ll \underbrace{L_x \cdot F_c - L_y \cdot F_f}_{M_{A_{\text{Обычная отрезка}}} \end{array}$$

Повернув гнездо под пластину на 90 градусов и используя ось Y, можно перенаправить результирующий вектор силы резания так, чтобы он совпадал с продольной осью резца.

Анализ методом конечных элементов, проведенный отделом НИОКР Sandvik Coromant, подтвердил, что более благоприятное распределение сил устраняет критические напряжения, типичные для обычных лезвий, и более чем в шесть раз повышает жёсткость на изгиб при максимальной глубине резания (CDX) 60 мм. Или, другими словами, подверженность пластической деформации и нестабильность инструмента для отрезки по оси Y в шесть раз меньше в сравнении с обычными отрезными лезвиями.



## МКЭ

МКЭ — это анализ методом конечных элементов, одна из наиболее распространенных методик решения численных задач в проектировании и математической физике. Применительно к проектированию зданий и сооружений ключевым преимуществом МКЭ является способность формулировать очень сложные задачи в системе алгебраических уравнений. Благодаря этому сложнейшая задача структур-

ного анализа становится дискретным набором неизвестных, значения для которых могут быть приближены в соответствующей анализируемой области. А если конкретнее, то масштабная задача делится на более мелкие и простые части, называемые конечными элементами. Таким образом могут быть с высокой точностью представлены сложные геометрии, учтены разнородные материалы, и всё решение

может быть представлено относительно просто. В данном случае особенно важным преимуществом была возможность точно фиксировать локальные последствия деформации.

# Преимущества отрезки по оси Y

Более чем в шесть раз увеличение жесткости резака позволяет значительно увеличить подачу и выработку без потери устойчивости, что, соответственно, увеличивает производительность инструмента. В результате детали можно отрезать ближе к контршпинделю для экономии материала и повышения стабильности обработки. Теперь рост производительности при отрезке ограничен уже не столько жесткостью отрезного лезвия и держателя – узким местом становится режущая пластина.

Общей рекомендацией при отрезке прутка является минимизация вылета или, при большом вылете, использование геометрии для ненагруженного резания либо снижение подачи. Но даже при сниженной подаче вылет не должен превышать высоту реза более чем в 1,5 раза.

При отрезке по оси Y большой вылет может использоваться без снижения подачи и отказа от оптимальных геометрий и размеров инструмента. Как и при любых токарных операциях, важно расположить режущую кромку отрезного инструмента как можно ближе к оси заготовки – во избежание образования бобышки и поломки инструмента. Отрезной инструмент следует устанавливать в пределах  $\pm 0,1$  мм относительно оси заготовки. Для работы с большим вылетом обычно рекомендуется установить режущую кромку на 0,1 мм выше оси центров, чтобы скомпенсировать изгиб. Благодаря повышению жесткости и, соответственно, снижению изгиба инструмента, отрезка по оси Y не требует прохода через центр заготовки, что устраняет такие недостатки, как преждевременная поломка пластин и быстрый износ по задней поверхности.

Измерение длины инструмента требует особой тщательности, поскольку в случае с инструментами для отрезки по оси Y длина также определяет положение по высоте центров. С другой стороны, её можно считать средством защиты от ошибок наладки: поскольку измерение длины всегда необходимо, оно также служит для проверки настройки высоты центров. На инструментах для отрезки по оси Y имеется измерительная плоскость, показывающая расстояние до режущей кромки.

К другим преимуществам относятся низкий уровень шума, более высокое качество обработанной поверхности и более надёжный процесс, а также возможность отрезки больших диаметров.

## Примеры из практики заказчиков: традиционная отрезка и отрезка по оси Y

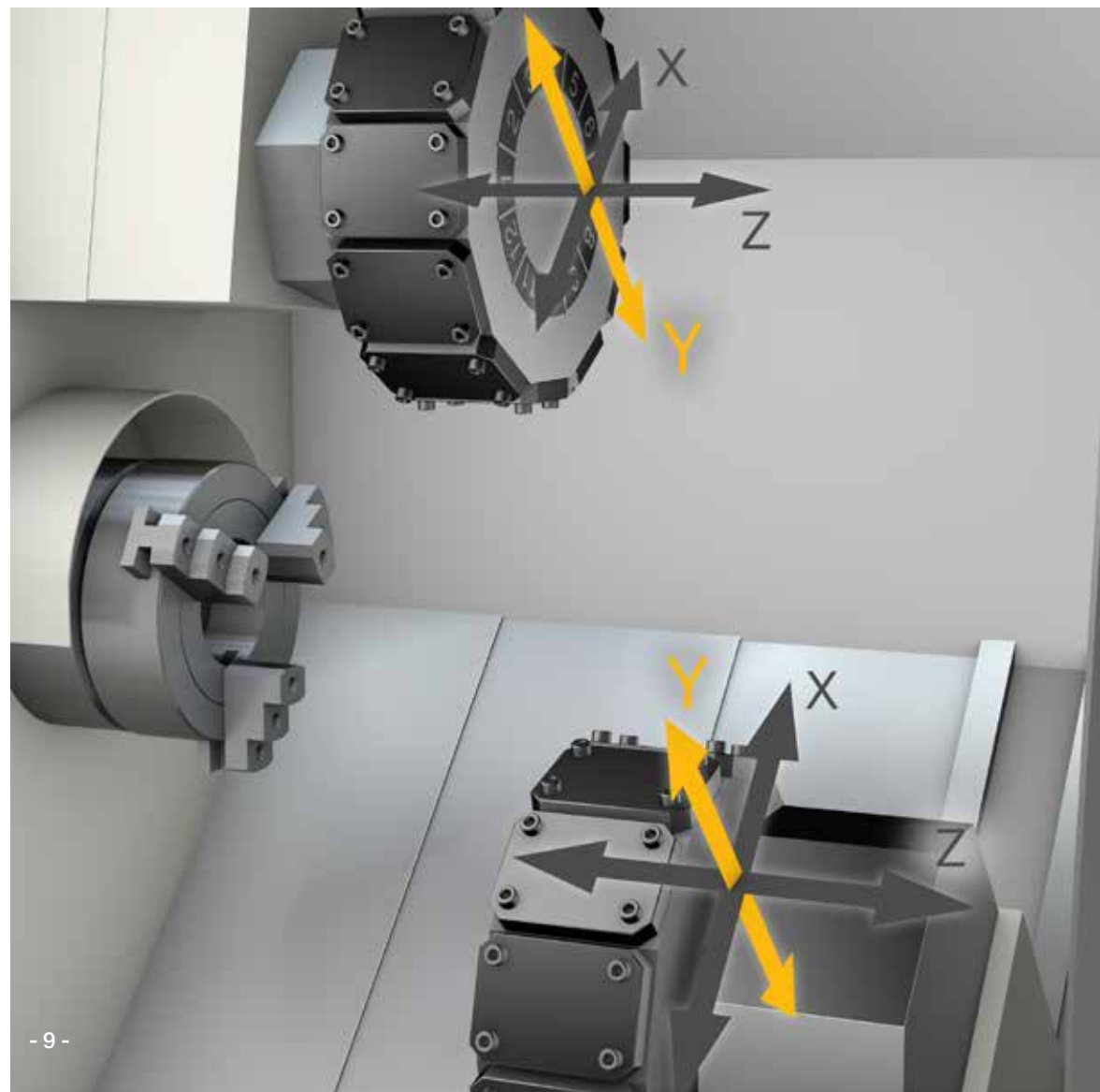
Деталь	Материал заготовки	Диаметр, мм	Подача при обычной отрезке, мм/об	Подача при отрезке по оси Y, мм/об	Повышение производительности	Повышение стойкости инструмента
Магнитный клапан	Нержавеющая сталь НВ365	65	0,15	0,3	100%	70%
Болт	Нержавеющая сталь 316L	60	0,15	0,3	100%	50%
Ролик подшипника	Подшипниковая сталь	40	0,12	0,3	150%	40%
Корпуса насосов	Нержавеющая сталь НВ365	55	0,12	0,3	150%	$\pm 0\%$
Заготовка для аэрокосмической промышленности	Инконель 718	180	Ленточная пила (20 мин)	0,15	550%	Не определено



# Применение отрезки по оси Y на различных станках

Токарные центры обычно используются для массового производства деталей из прутка, как правило, диаметром 65 мм. При такой обработке самыми значимыми преимуществами отрезки по оси Y являются повышение производительности и качества обработанной поверхности. Также полезной будет возможность оптимизации качества, поскольку отрезка является последней операцией обработки детали. Дополнительной возможностью является повышение экономичности обработки за счёт уменьшения ширины отрезки.

Для многоцелевых станков резцы для отрезки по оси Y обеспечивают в первую очередь улучшение геометрической проходимости и возможность обработки больших диаметров. Предварительные испытания подтвердили возможность 50% увеличения вылета при отрезке прутка диаметром 120 мм с максимальной для пластины подачей. Удалось втрое повысить производительность без ущерба для надёжности обработки. На проведённых заказчиком испытаниях (180-мм прутки из инконеля) отрезка по оси Y успешно заменила ленточную пилу, в результате значительно повысилась производительность благодаря резкому сокращению длительности обработки.

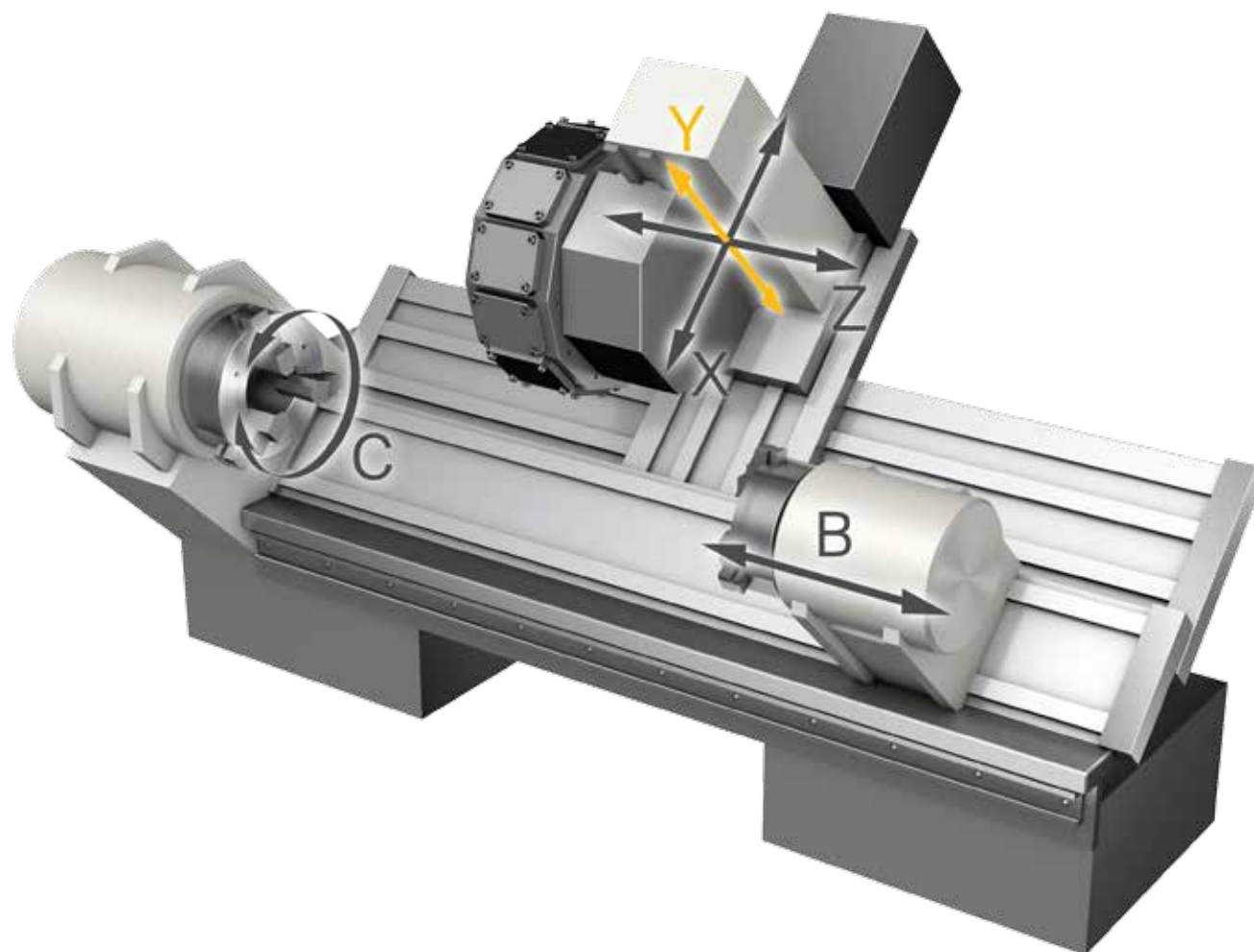


На станке с наклонной станиной ось X расположена под углом к горизонтальной плоскости, при этом шпиндели находятся с одной или с обеих сторон наклонной станины, а ход по оси X обычно существенно больше хода по оси Y. Возникающие ограничения рабочего пространства должны учитываться при рассмотрении возможностей применения отрезки по оси Y для конкретной детали.

На многоцелевых станках, которые по существу представляют собой обрабатывающие центры с опцией точения, типичные инструментальные сборки, такие как Coromant Capto® C6 или адаптер HSK63T, зачастую относительно длинные для обеспечения геометрической проходимости между основным шпинделем и контршпинделем. Это означает, что сборка будет менее жёсткой в направлении оси X по сравнению с осью Y, где сила резания направлена вдоль инструментальной сборки и к шпинделю станка.

Аналогичные условия применимы ко многим токарным центрам, оснащённым вращающимся инструментом или опцией фрезерования по оси Y. Типичная инструментальная сборка для обработки по оси Y, обычно это VDI-блок или адаптер с креплением болтами для адаптированных инструментальных блоков, зачастую оказывается слишком длинной для обработки между основным шпинделем и контршпинделем и выполнения отрезки близко к патрону. Это опять же означает, что сборка будет нежёсткой

в направлении оси X по сравнению с осью Y, где сила резания направлена вдоль инструментальной сборки и к револьверной головке. Отрезка по оси Y может помочь решить обе эти проблемы.

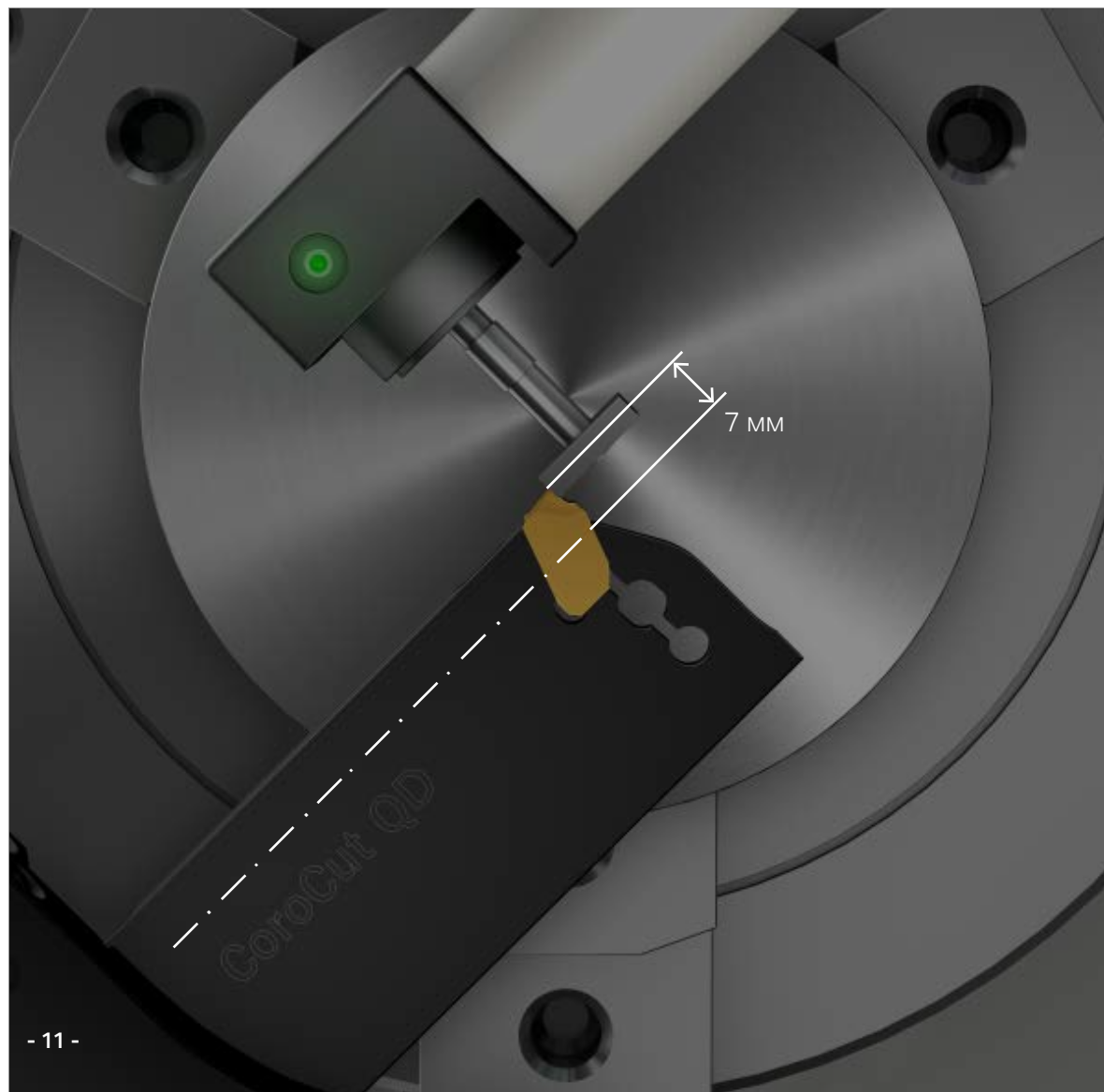


# Подготовка

Инвестиции в отрезку по оси Y – это в первую очередь изменение подхода к операциям отрезки и соответствующим методам работы. Это способ более полного использования возможностей станков, уже оснащённых осью Y. Можно также использовать её как опцию для существенного повышения производительности операций отрезки на новом станке или с модифицированной наладкой. Основные вложения потребуются в программирование, с очевидными затратами на персонал и соответствующее планирование. Перемещение инструмента программируется легко, однако потребуются изменение параметров настройки станков и систем управления для получения постоянной скорости резания по оси Y. Необходимые настройки параметров описаны в руководстве к системе ЧПУ.

Отрезка по оси Y может дать возможность сократить запасы инструмента – потребность в специализированных лезвиях здесь меньше, а новые лезвия для отрезки по оси Y подходят к стандартным адаптерам, и для них используются стандартные пластины CoroCut® QD.

В качестве практического замечания следует упомянуть, что режущая кромка при установке инструмента в стандартный адаптер находится на 7 мм выше положения Y = 0. Оператор должен выполнить необходимую коррекцию в программе ЧПУ.



# Условия для инвестиций и их окупаемость

---

## 180 мм

максимальный диаметр детали

## 4–8 часов

время перепрограммирования

- Большинство многофункциональных станков или токарных центров, оснащённых осью Y и устройством подачи прутка, имеют потенциал для отрезки по оси Y
- Первый выбор для отрезки на токарных станках и многоцелевых станках с осью Y
- В первую очередь для деталей больших диаметров, до 180 мм, и для длинных вылетов при отрезке между основным шпинделем и контршпинделем
- Большой потенциал, когда заготовка закрепляется с обоих концов – истинная экономия времени, поскольку во время отрезки выполнение других операций невозможно
- Отсутствие дополнительных затрат на оснащение
- Одну и ту же программу можно использовать для всех деталей – необходимые изменения требуют единовременных затрат на программирование, как правило в пределах 4–8 часов
- Потенциал для существенной окупаемости инвестиций (ROI) благодаря небольшим начальным вложениям и потенциал значительного роста производительности за счёт высоких режимов резания



Больше о CoroCut® QD  
и отрезке по оси Y

[www.sandvik.coromant.com/corocutqd](http://www.sandvik.coromant.com/corocutqd)