

Abstechen mit der Y-Achse auf Multi-Task-Maschinen und Drehzentren



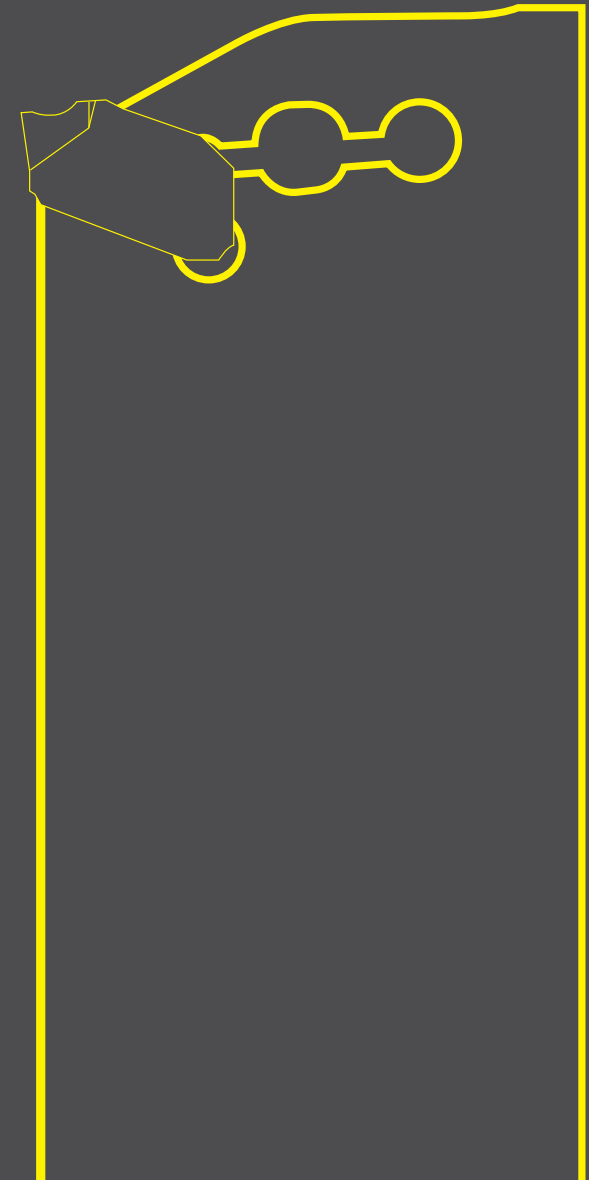
Durch das Abstechen mit der Y-Achse lassen sich deutliche Produktivitätszuwächse und Verbesserungen der Prozesssicherheit erzielen.



Die Designlösungen zum Abstechen mit der Y-Achse zeichnen sich durch eine fundierte technische Grundlage und FEM-Analysen aus, mit denen eine maximale Biegesteifigkeit gewährleistet wird.



Auf modernen Drehmaschinen ist die Y-Achse inzwischen eine Standardfunktion.



Inhaltsverzeichnis

Einführung	3
Ausstattung von Werkzeugmaschinen mit rotierenden Werkzeugen und Y-Achse.....	4
Herausforderungen beim Abstechen	5
Abstechen mit der Y-Achse	6
Vorteile des Abstechens mit der Y-Achse.....	8
Maschinenspezifische Aspekte des Abstechens mit der Y-Achse.....	9
Start der Bearbeitung.....	11
Investitionsbedingungen und Rentabilität.....	12



Die Fertigungsbranche wird seit einigen Jahrzehnten von dem Trend bestimmt, die zur Herstellung eines bestimmten Bauteils erforderlichen Aufspannungen zu vereinfachen und zu minimieren. Die Nachfrage der Märkte nach immer kürzeren Vorlaufzeiten und reduzierter Lagerhaltung zwingt OEMs, und vielleicht noch viel mehr deren Zulieferer, dazu, die Produktion ihrer Bauteile so weit wie möglich zu optimieren.

Komplexe Geometrien müssen mit einer möglichst geringen Zahl von Aufspannungen und Arbeitsgängen erreichbar sein – und das am besten auf einer einzigen Maschine. So kann die Fähigkeit, mehrere Aufspannungen in einer einzigen Maschine zu kombinieren, den entscheidenden Ausschlag für die Profitabilität eines bestimmten Teils geben.

Ausstattung von Werkzeugmaschinen mit rotierenden Werkzeugen und Y-Achse

Ein Aspekt dieses Trends zur Zerspaltung mit möglichst nur einer Aufspannung ist die verstärkte Ausstattung von Drehzentren mit „Live Tooling“, also rotierenden Werkzeugen. Zu diesem Zweck wurden in den späten 1990er Jahren die ersten zum Drehen und Fräsen geeigneten Maschinen mit Y-Achse eingeführt. Die ursprüngliche Idee war, den Antrieb eines Fräasers, Bohrers oder Gewindebohrers an einer oder mehreren Werkzeugpositionen im Revolver zu ermöglichen, um die Einschränkungen der linearen Interpolation und die damit verbundenen Schwierigkeiten bei der Programmierung zu beseitigen.

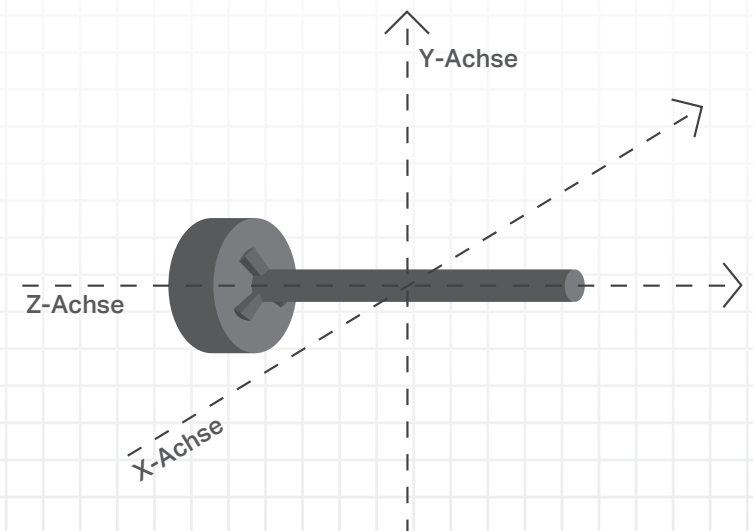
Die ersten einfachen rotierenden Werkzeuge in Drehzentren hatten jedoch eine signifikante Einschränkung. Da bei den meisten Maschinendesigns die rotierenden Fräser einfach dem Revolver zugefügt wurden, konnten sie nur auf den Bewegungsachsen der Drehwerkzeuge angetrieben werden, also der X- und der Z-Achse. Damit waren alle Werkstückeigenschaften, die nicht parallel oder rechtwinklig zur Mittellinie der Spindel standen oder an der Mittellinie des Werkstücks lagen, für den vom Revolver angetriebenen rotierenden Bohrer, Fräser oder Gewindebohrer nicht unmittelbar erreichbar.

Um die Zugänglichkeit zu verbessern, wurde eine Achse hinzugefügt, um das rotierende Werkzeug über die Stirnseite der Spindel hinweg bewegen zu

können. Dies wurde durch eine Montage der rotierenden Werkzeuge an den Seiten oder an der Stirnseite des Revolvers durch die Installation der Y-Achse auf einem Schrägbett oder durch den Einsatz eines unabhängigen Fräasers erreicht.

Dieser Ansatz überzeugte Werkzeugmaschinenbauer wie auch Hersteller gleichermaßen schnell. Heute, rund zwei Jahrzehnte später, ist die Y-Achse ein Standardmerkmal fast aller Multi-Task-Maschinen und steht bei vielen neuen Drehzentren als Option zur Verfügung.

Durch die Ausstattung eines Drehzentrums mit einer Y-Achse wird eine Rechtwinkligkeit zwischen den drei linearen Achsen hergestellt, die der eines 3-Achsen-Bearbeitungszentrums ähnelt, da bei den meisten Drehmaschinen die Z-Achse parallel zur Mittellinie der Spindel steht. Während die X-Achse die konventionelle Vorschubbewegung für das Eintauchen übernimmt, bildet die Y-Achse eine vertikale Dimension, die rechtwinklig auf der durch Z- und X-Achse gebildeten Ebene steht.



Herausforderungen beim Abstechen

In jedem Drehprozess, der ein Abstechen erfordert, nimmt dieser Arbeitsschritt einen hohen Stellenwert ein. Zwar nimmt er nur einen kleinen Anteil der gesamten Schnittzeit in Anspruch, aber er ist meist der letzte Schritt zur Fertigstellung des Bauteils. Ein Bruch des Abstechwerkzeugs bedeutet oft lange Ausfallzeiten der Maschine und Qualitätseinbußen. Im schlimmsten Fall muss das Werkstück entsorgt werden, womit die Wertschöpfung aller vorherigen Arbeitsschritte verloren geht. Aus diesem Grund verlangen die Hersteller beim Abstechen eine kompromisslose Prozesssicherheit.

Ein weiterer wichtiger Faktor sind die Materialkosten. Besonders bei der Verarbeitung kostspieliger Materialien wie wärmefester Superlegierungen (HRSA) ist der Druck hoch, die Breite der Wendeschneidplatten auf ein Minimum zu reduzieren.

Daraus ergeben sich zwei einander entgegengesetzte Anforderungen an Abstechwerkzeuge: Sie sollten so schmal und schlank wie möglich sein, um Materialverluste zu minimieren und die Reichweite des Werkzeugs für maximale Werkstückdurchmesser zu optimieren. Andererseits sind schlanke Werkzeuge am anfälligsten für Stabilitätsprobleme und somit auch für Vibrationen und Lärm. Probleme mit der Oberflächengüte und Maßgenauigkeit aufgrund von Rattern beim Abstechen sind Risiken, die es unbedingt zu vermeiden gilt.

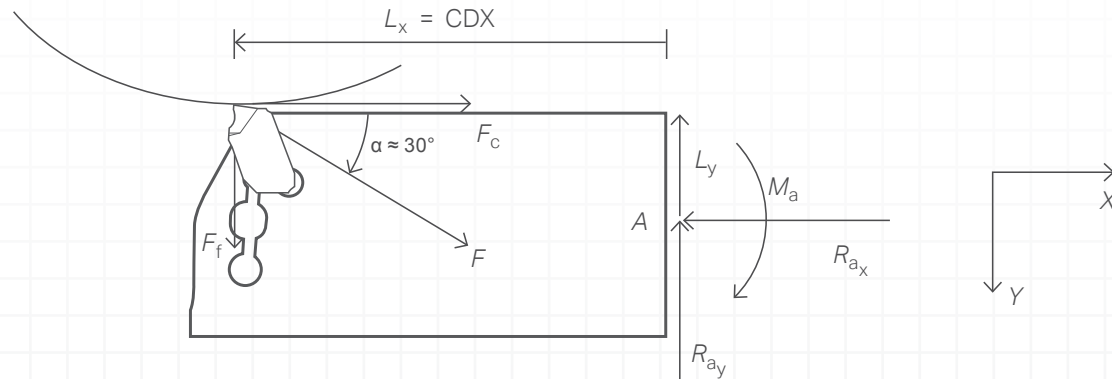
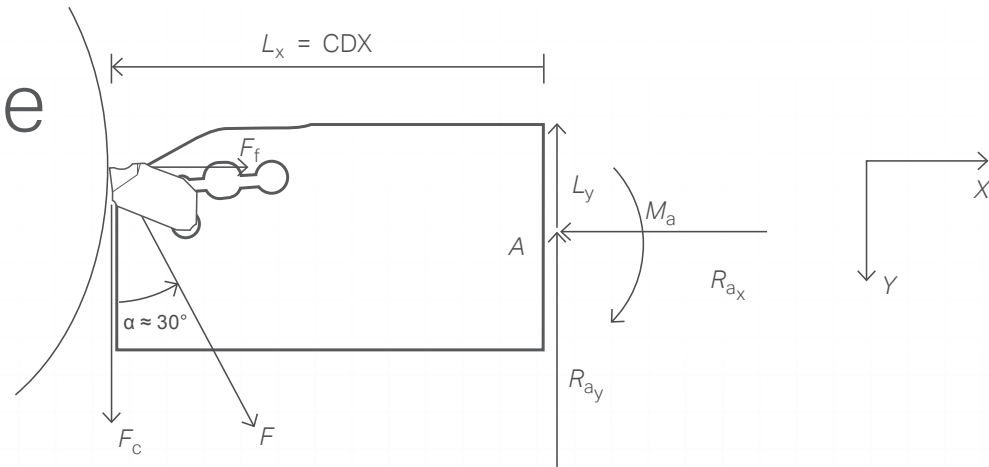


Abstechen mit der Y-Achse

Während sich aus der Einführung der Y-Achse zahlreiche neue Möglichkeiten zur Nutzung von rotierenden Werkzeugen in Multi-Task-Maschinen und Drehzentren ergaben, diente diese Fähigkeit nun auch als Inspiration für eine Innovation, die bei einer der ursprünglichen Aufgaben von Werkzeugmaschinen dieser Art ansetzt: dem Abstechen mit der Y-Achse. Dieses neue Verfahren und die entsprechenden Werkzeuge ermöglichen deutliche Verbesserungen bei der Produktivität und Prozesssicherheit in praktisch jedem Abstechvorgang.

Die Funktionsweise dieser Innovation von Sandvik Coromant basiert dabei auf einem unglaublich einfachen Prinzip. Während konventionelle Abstechwerkzeuge auf die X-Achse der Werkzeugmaschine ausgerichtet sind, wurde das Werkzeug für die Y-Achse einfach um 90° gegen den Uhrzeigersinn und arbeitet nun in Richtung der Y-Achse.

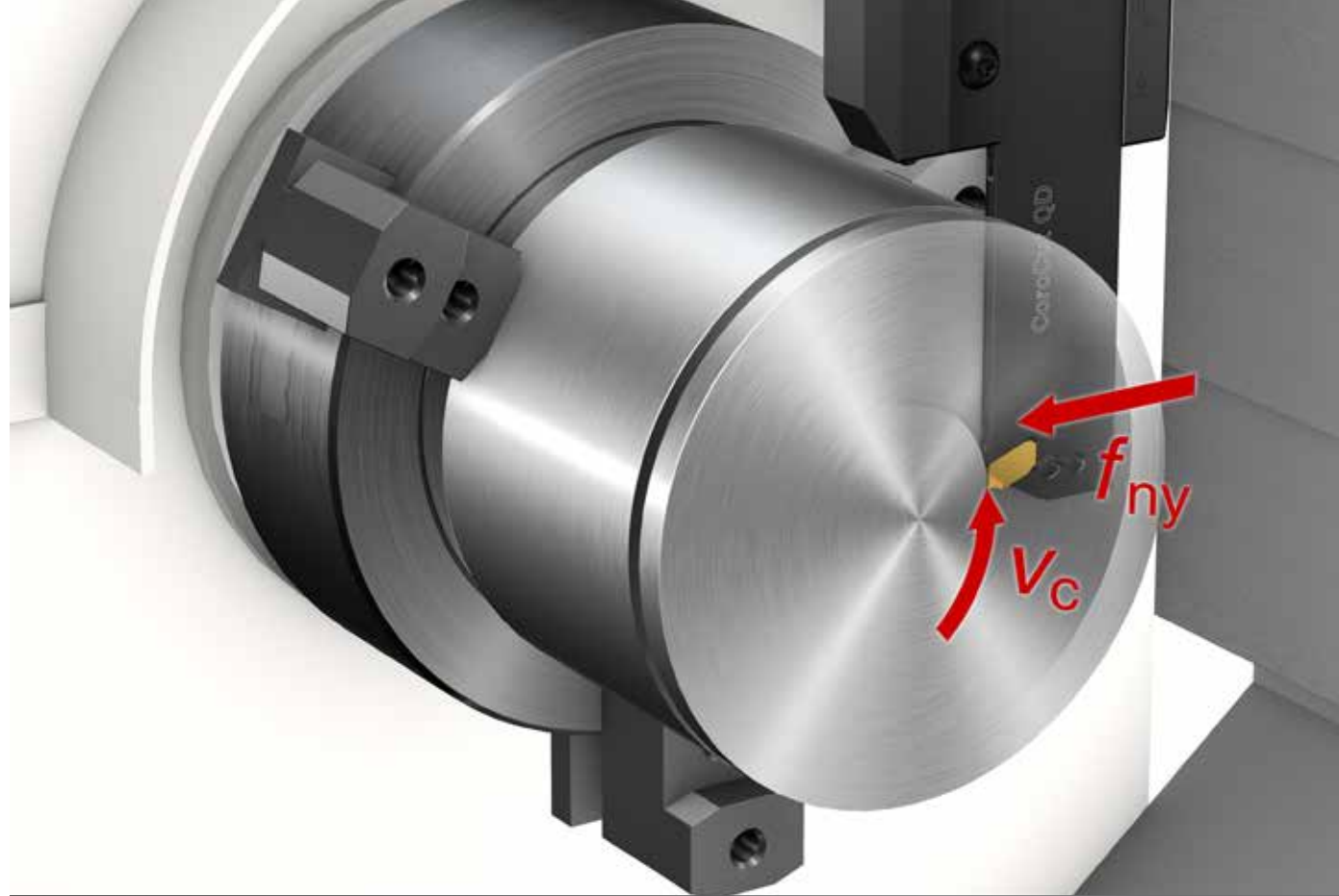
Bei einer konventionellen Abstechwerkzeugkonfiguration werden der relativ lang und schlanke Fräseinsatz und der Halter in einem Winkel von 90° in das rotierende Werkstück geführt. Dabei wird der größte Teil der Schnittkraft durch die Schnittgeschwindigkeit und der Rest durch den Vorschub generiert. Der daraus resultierende Kraftvektor ist diagonal in einem Winkel von ca. 30° in das Werkzeug gerichtet und betrifft damit seinen zweitschwächsten Bereich (nur die Breite des Einsatzes ist schwächer). Dem wird üblicherweise durch eine Reduzierung des Einsatzüberhangs und eine Vergrößerung der Einsatzhöhe entgegengewirkt. Beide Lösungsansätze neigen jedoch dazu, die Nutzbarkeit des Werkzeugs einzuschränken.



$$\left. \begin{array}{l} L_x \gg L_y \\ F_c = 1.75 \cdot F_f \end{array} \right\} \begin{array}{l} \underbrace{L_x \cdot F_f - L_y \cdot F_c}_{M_{A_{\text{Abstechen mit der Y-Achse}}} \ll \underbrace{L_x \cdot F_c - L_y \cdot F_f}_{M_{A_{\text{Konventionell}}}} \end{array}$$

Durch eine Drehung des Plattensitzes um 90 Grad und die Nutzung der Y-Achse schneidet das Werkzeug im Wesentlichen mit seiner Frontpartie in das Werkzeug. Dadurch wird der resultierende Schnittkraftvektor nahezu auf die Längsachse des Einsatzes ausgerichtet.

FEM-Analysen des Sandvik Coromant F&E-Teams haben bestätigt, dass diese günstigere Kräfteverteilung kritische Belastungsspitzen, die üblicherweise bei herkömmlichen Einsätzen auftreten, beseitigt und die Biegesteifigkeit bei einer maximalen Schnitttiefe (CDX) von 60 mm (2,36 Zoll) um mehr als das Sechsfache erhöht. Anders ausgedrückt: Die Anfälligkeit für plastische Deformation und Instabilität wurde im Vergleich zu konventionellen Stecheinsätzen auf ein Sechstel reduziert.



FEM

FEM ist die Abkürzung für die Finite-Elemente-Methode, eines der gängigsten numerischen Problemlösungsverfahren in der Technik und mathematischen Physik. Im Maschinenbau liegt die Stärke der FEM vor allem in ihrer Fähigkeit, hochkomplexe Probleme in einem System aus algebraischen Gleichungen auszudrücken. Auf diese Weise wird eine zunächst überwältigende Strukturanalyseaufgabe zu einem diskreten Satz von Unbekannten, deren Werte über den für die Analyse relevanten Bereich hinweg

angenähert werden können. Mit einfachen Worten: Ein großes Problem wird in kleinere, einfachere Teile, sogenannte finite Elemente, aufgespalten. Auf diese Weise lassen sich komplexe Geometrien präzise darstellen, unterschiedliche Werkstoffe berücksichtigen und relativ leicht eine Gesamtlösung sichtbar machen. In diesem Fall war die Fähigkeit, lokale Verformungseffekte präzise zu erfassen, von ganz besonderem Vorteil.

Vorteile des Abstechens mit der Y-Achse

Mit den um mehr als 500% steiferen Einsätzen lassen sich deutlich höhere Vorschübe und größere Überhänge ohne Stabilitätsverlust realisieren, womit sich im selben Maß auch die Produktivität des Werkzeugs erhöht. Dadurch können die Teile näher an der Gegenspindel abgestochen werden, um Material zu sparen und die Stabilität des Arbeitsgangs zu verbessern. Wenn es um eine Leistungssteigerung beim Abstechen geht, ist nun nicht mehr die Steifigkeit des Stecheinsatzes und des Werkzeughalters, sondern die Wendeschneidplatte die kritische Komponente.

Beim Abstechen von Stangen wird allgemein empfohlen, den Überhang zu minimieren oder bei großem Überhang eine leicht schneidende Geometrie zu verwenden bzw. den Vorschub zu verringern. Ein typischer Schwellenwert für einen reduzierten Vorschub ist ein Überhang von mehr als dem 1,5-fachen der Einsatzhöhe. Mit Werkzeugen auf der Y-Achse lassen

sich größere Überhänge realisieren, ohne zu suboptimalen Vorschüben, Wendeschneidplattengeometrien oder Werkzeugabmessungen gezwungen zu sein.

Wie bei allen Dreharbeiten ist es wichtig, die Schneidkante eines Abstechwerkzeugs so nah wie möglich an der Mittellinie des Werkstücks zu platzieren, um Butzen oder Werkzeugbruch zu vermeiden. Abstechwerkzeuge sollten mit einer maximalen Abweichung von $\pm 0,1$ mm ($\pm 0,004$ Zoll) auf die Werkstückmittellinie eingestellt werden. Die übliche Empfehlung lautet, bei großen Überhängen die Schneidkante auf 0,1 mm (0,004 Zoll) oberhalb der Mitte einzustellen, um Durchbiegung auszugleichen. Mit Werkzeugen auf der Y-Achse kann dank ihrer erhöhten Steifigkeit und der entsprechend verringerten Durchbiegung auf eine Einstellung oberhalb der Mitte verzichtet werden, wodurch die damit verbundenen Nachteile wie vorzeitiger Schneidplattenbruch beim Durchbruch durch die Mitte sowie ein schneller Freiflächenverschleiß entfallen.

Die Messung der Werkzeuglänge erfordert bei Werkzeugen auf der Y-Achse besondere Sorgfalt, da sich hieraus auch die Mittenhöhe ergibt. Dies kann jedoch auch als Absicherung gegen Einrichtungsfehler gesehen werden: Da eine Längenmessung grundsätzlich erforderlich ist, dient sie auch als Gegenprobe für die Einstellung der Mittenhöhe. Zusätzliche Prüfflächen am Ende des Werkzeugs erleichtern das Messen bei schwer einsehbarer Schneide. Der Abstand zwischen Prüffläche und Schneidkante ist auf den Werkzeugen für die Y-Achse angegeben.

Weitere Vorteile sind niedrigere Geräuschpegel, höhere Oberflächengüten und ein zuverlässigerer Prozess sowie die Möglichkeit, größere Durchmesser abzustechen, als es bisher möglich war.

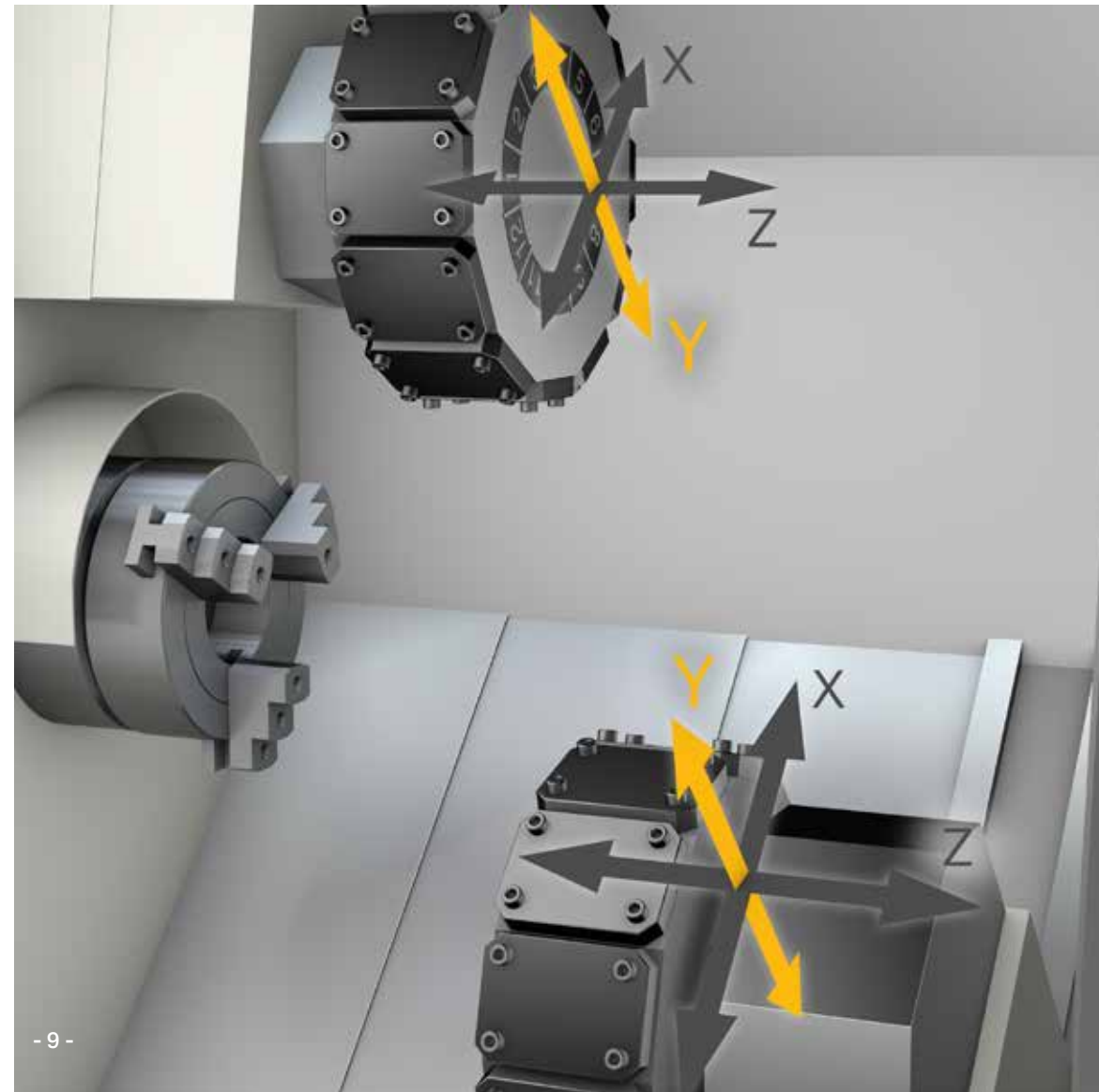
Kundenbeispiele: Konventionelles Abstechen vs. Abstechen mit der Y-Achse

Bauteil	Werkstoff	Durchmesser, mm (Zoll)	Vorschub Standardmethode, mm/U (Zoll/U)	Vorschub Abstechen mit der Y-Achse, mm/U (Zoll/U)	Produktivitätssteigerung	Standzeit-erhöhung
Magnetventil	Rostfreier Stahl HB365	65 (2,56)	0,15 (0,006)	0,3 (0,012)	100%	70%
Schraube	316L rostfreier Stahl	60 (2,36)	0,15 (0,006)	0,3 (0,012)	100%	50%
Tragrolle	Lagerstahl	40 (1,57)	0,12 (0,005)	0,3 (0,012)	150%	40%
Pumpengehäuse	Rostfreier Stahl HB365	55 (2,17)	0,12 (0,005)	0,3 (0,012)	150%	$\pm 0\%$
Rohling, Flugzeugbau	Inconel 718	180 (7,1)	Bandsäge (20 min)	0,15 (0,006)	550%	Nicht ausgewertet

Maschinenspezifische Aspekte des Abstechens mit der Y-Achse

Drehzentren werden üblicherweise zur Serienfertigung aus Stangen mit einem typischen Durchmesser von 65 mm (2,56 Zoll) verwendet. Bei dieser Zerspanungsart liegen die Vorteile des Abstechens mit der Y-Achse vor allem in einer höheren Produktivität und Oberflächengüte. Daneben bieten sich interessante Möglichkeiten zur Qualitätsoptimierung, da das Abstechen typischerweise der letzte Arbeitsschritt an einem Bauteil ist. Zudem lässt sich durch eine Verringerung der Abstechbreite eine wirtschaftlichere Zerspanung erreichen.

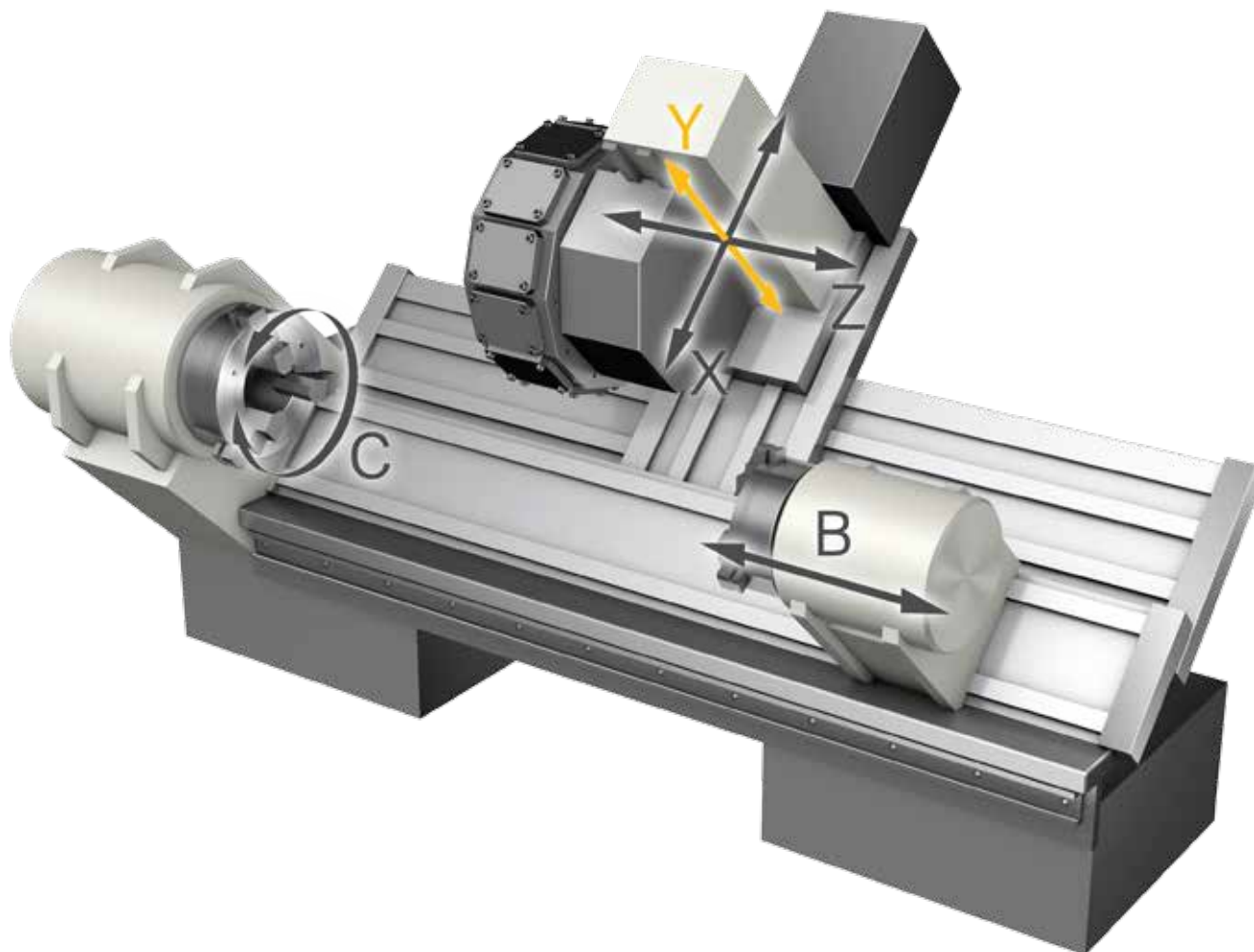
Auf Multi-Task-Maschinen sorgt das Abstechen mit der Y-Achse für eine bessere Zugänglichkeit und die Fähigkeit, größere Durchmesser abzustechen. Bei einem Vorabtest wurde eine 50-prozentige Erhöhung des Überhangs beim Abstechen einer Stange mit 120 mm Durchmesser bei maximalem Vorschub der Wendeschneidplatte bestätigt. Die Produktivität wurde dabei um 300% gesteigert, ohne Kompromisse bei der Prozesssicherheit eingehen zu müssen. In einem Kundenbeispiel konnte durch das Abstechen mit der Y-Achse der bisherige Bandsägeprozess an einer Inconel-Stange mit 180 mm Durchmesser erfolgreich ersetzt und dank der weitaus kürzeren Zerspanungszeiten die Produktivität deutlich gesteigert werden.



In einer typischen Schrägbettmaschine stellt die X-Achse eine „Steigung“ dar, die zur Vorderseite der Maschine hin abfällt, wobei sich die Spindeln an einer oder beiden Seiten des Schrägbetts befinden und der Verfahrweg der X-Achse meist deutlich länger als der Verfahrweg der Y-Achse ist. Daraus ergeben sich Platzbeschränkungen, die bei der Nutzbarkeitsbewertung des Abstechens mit der Y-Achse für ein bestimmtes Bauteil berücksichtigt werden müssen.

Auf einer Multi-Task-Maschine, bei der es sich vom Prinzip her um ein Bearbeitungszentrum mit Drehoption handelt, sind typische Komplettwerkzeuge wie Coromant Capto® C6 oder der Einsatzadapter HSK63T oftmals relativ lang, um eine ausreichende Reichweite zwischen Haupt- und Gegenspindel zu ermöglichen. Dies bedeutet, dass die komplette Aufspannung im Vergleich zur Y-Achsenbelastung, bei der die Schnittkraft in das Komplettwerkzeug und in die Maschinenspindel gelenkt wird, in Richtung der X-Achse sehr instabil ist.

Ähnliche Bedingungen gelten für viele Drehzentren mit einer Option für rotierende Werkzeuge/zum Bohren auf der Y-Achse. Komplettwerkzeuge auf der Y-Achse (normalerweise basierend auf einem VDI- oder Bolt-on-Einsatzadapter für die maschinenbezogene Spanneinheit (MACU)) sind häufig lang und schlank für gute Zugänglichkeit zwischen Haupt- und Gegenspindel und ermöglichen das Abstechen nah am Spannfutter. Auch hier ist die komplette Aufspannung im Vergleich zur Y-Achsenbelastung, bei der die Schnittkraft in das Komplettwerkzeug und in den Revolver gelenkt wird, in Richtung der X-Achse sehr instabil. Durch das Abstechen mit der Y-Achse können beide Probleme beseitigt werden.

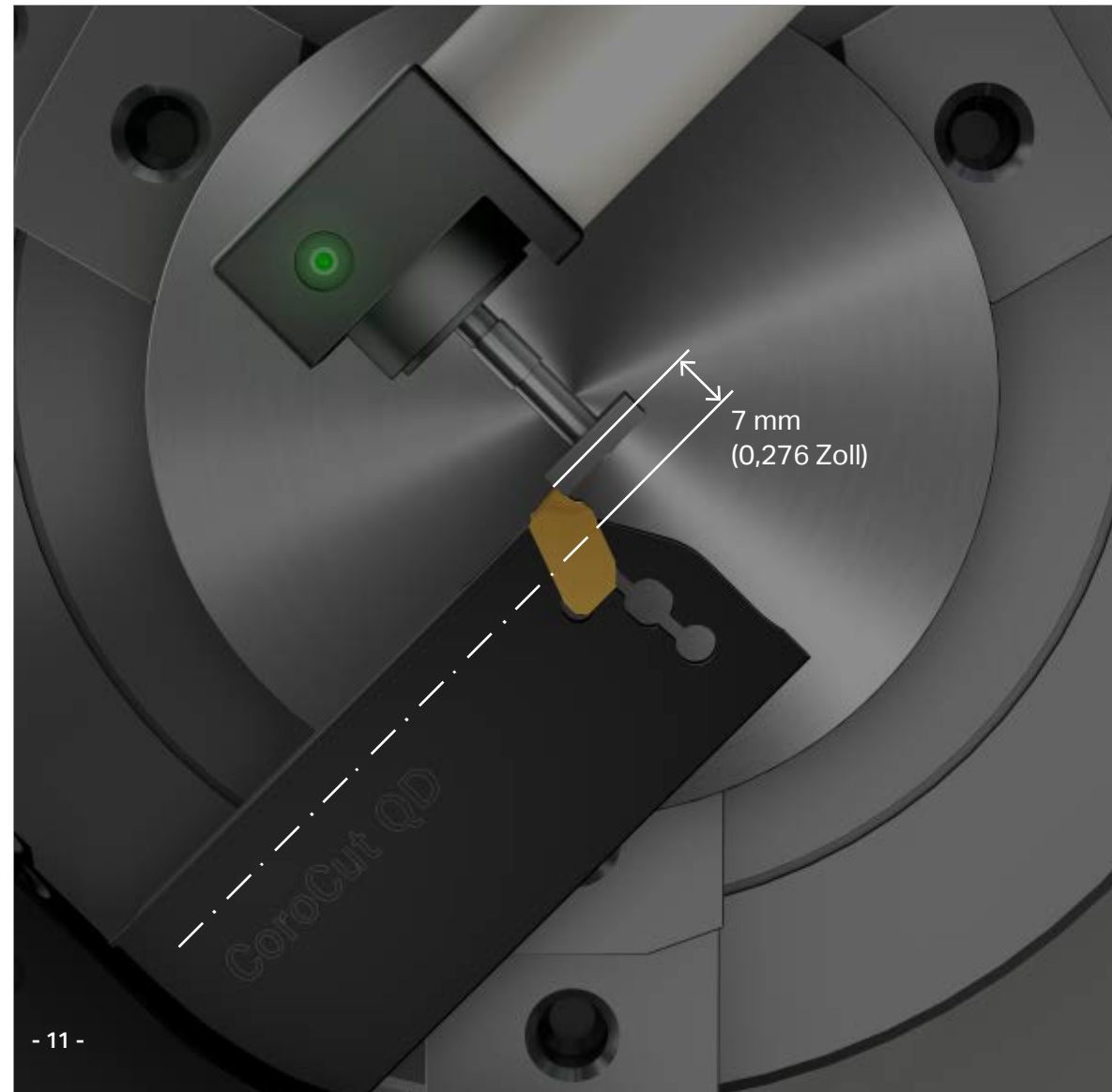


Start der Bearbeitung

Eine Investition in das Abstechen mit der Y-Achse bedeutet zunächst einmal einen neuen Ansatz an das Abstechen und die damit verbundene Arbeitsweise. Auf diese Weise können die Fähigkeiten von Maschinen, die bereits eine Y-Achse besitzen, umfassender genutzt werden. Alternativ können damit erhebliche Produktivitätssteigerungen beim Abstechen mit einer neuen Maschine oder einer modifizierten Prozesseinrichtung erreicht werden. Der größte Investitionsaufwand liegt in der Programmierung, wobei vor allem Personal- und Zeitplanungsfragen geklärt werden müssen. Während sich die Werkzeugbewegung selbst leicht programmieren lässt, verfügen verschiedene Maschinen und Steuerungssysteme über unterschiedliche Parametereinstellungen, die für eine konstante Schnittgeschwindigkeit auf der Y-Achse angepasst werden müssen. Die erforderlichen Parametereinstellungen sind im Handbuch der CNC-Steuerung beschrieben.

Durch das Abstechen mit der Y-Achse kann außerdem die Werkzeuglagerhaltung reduziert werden, da weniger dedizierte Einsätze benötigt werden und die neuen Einsätze für die Y-Achse in Standardadapter passen und CoroCut® QD-Standard-Wendeschneidplatten verwenden.

In der Praxis ist zu beachten, dass die Schneidkante bei der Montage an einem Standardeinsatzadapter 7 mm (0,276 Zoll) oberhalb der Position $Y = 0$ liegt. Deshalb sollte der Bediener im CNC-Programm einen entsprechenden Versatz dieses Überstands sicherstellen.



Investitionsbedingungen und Rentabilität

180 mm
(7 Zoll)

maximaler Bauteildurchmesser

4–8 Stunden

Programmierzeit

- Fast jede Multi-Task-Maschine und fast jedes Drehzentrum mit einer Y-Achse und Stangenvorschub kann zum Abstechen mit der Y-Achse verwendet werden
- Die Erste Wahl zum Abstechen auf Drehzentren und Multi-Task-Maschinen mit einer Y-Achse
- Vorrangig geeignet für große Bauteildurchmesser von bis zu 180 mm (7 Zoll) und für lange Überhänge, um zwischen Haupt- und Gegenspindel zu reichen
- Hohes Potenzial bei beidseitig eingespanntem Werkstück – echte Zeitersparnis, da während des Abstechens keine weiteren Arbeitsschritte möglich sind
- Praktisch keine zusätzlichen Werkzeugkosten
- Für alle Bauteile kann dasselbe Programm verwendet werden – die erforderlichen Modifikationen verursachen lediglich einmalige Kosten von typischerweise 4 bis 8 Programmierstunden
- Hohe Renditemöglichkeiten durch sehr niedrige Anfangsinvestitionen und erhebliches Potenzial zur Produktivitätssteigerung mit höheren Schnittdaten



Mehr zu CoroCut® QD
und zum Abstechen mit der Y-Achse

www.sandvik.coromant.com/corocutqd