

# 複合加工機および ターニングセンタでの Y軸用突切り加工



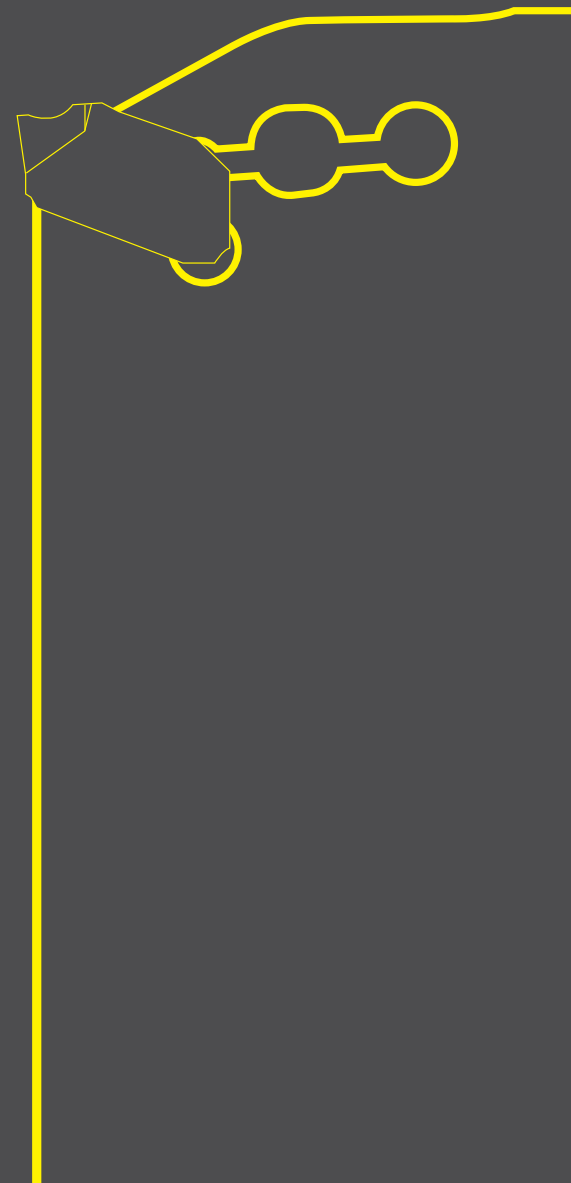
Y軸用突切り加工は、  
大幅な生産性向上と加  
工安定性の改善を実  
現します。



Y軸用突切り加工のデ  
ザインソリューション  
は、最高の構造的完  
全性を実現するため  
の信頼できるエンジ  
アリングと有限要素法  
(FEM) 解析に依存して  
います。



最新の旋削加工機で  
はY軸制御が標準機能  
になっています。



# 目次

はじめに .....	3
ライブツーリングとY軸でグレードアップした工作機械 .....	4
突切り加工での課題 .....	5
Y軸用突切り加工 .....	6
Y軸用突切り加工のメリット .....	8
各種加工機におけるY軸用突切り加工の特長 .....	9
新しい加工方法が始めるにあたって .....	11
投資条件と投資回収 (ROI) .....	12



ここ数十年の製造業における大きなトレンドの1つに、特定の部品を生産するために必要な加工セットアップの簡略化とセットアップ回数の最小化があります。市場の要求は、より短いリードタイムと在庫の削減です。そしてこのニーズが一層OEM化に駆り立て、そのサプライヤ各社はできる限りスムーズで効率的な部品生産方法を模索しています。

複雑な形状の部品加工も最小のセットアップ数と加工回数で完成させなければならず、しかも1台の加工機での加工を完了させるニーズが高まっています。所定部品の収益性さえも1台の加工機で複数のセットアップを組み合わせることができるかどうかにかかっています。

# ライブツールリングとY軸でグレードアップした工作機械

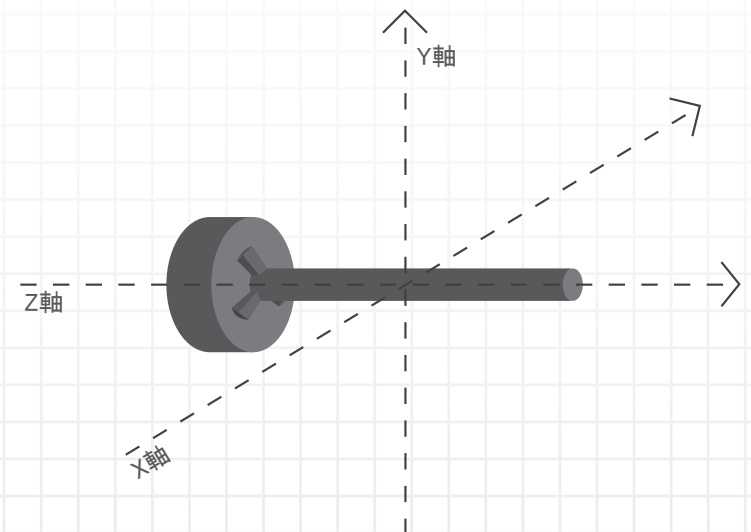
シングルセットアップトレンドの1つの特徴は、「ライブツールリング」の追加、つまり、ターニングセンタへの回転工具の追加です。これを実現するために、Y軸ターンミルマシンが1990年代後半に導入されました。最初のアイデアは、極座標補間に関する制限とそれに関連する複雑なプログラミングをなくすために、タレットでの1つまたは複数の工具位置で、フライスカッター、ドリルやねじ切りタップを簡単に使用できるようにする、ということに過ぎませんでした。

しかしながら、ターニングセンタにおける当初の簡単なライブツールは、まだ様々な制限がありました。ほとんどの加工機的设计において回転工具は単にタレットに追加されただけだったため、旋削工具として2つの移動軸上での駆動(X軸とZ軸)が可能ただけでした。この結果、スピンドルの中心線に平行または垂直でないまたはワークの中心線に沿った位置にあるワークは、タレットによって駆動される回転ドリル、ミル、またはタップ直接加工できる範囲内にありませんでした。

ワークへのアプローチを改善するために、ライブツールをスピンドル面に交差して動かすために、方向用の別の機能が追加されました。これは、ライブツールを回転装置側またはその面に取り付け、Y軸方向を斜めのベッドに取り付ける、または別のミリングヘッドを使用することで可能となりました。

工作機械メーカーおよび製造業の両社は、このアプローチのメリットにすぐ気が付きました。それから約20年経った今では、ほぼすべての複合加工機でY軸制御は標準機能になりました。また多くの新しいターニングセンタではオプションになっています。

ターニングセンタにY軸を追加することで、3本の直線軸間に90度の角度が利用できるようになり、3軸マシニングセンタに非常によく似た機能がもたらされます。このことは、ほとんどの旋盤タイプの加工機においてZ軸は通例スピンドルの中心線に平行であるのと同様です。X軸が従来の横引き旋削加工の送り動作を可能にする一方で、Y軸がZ軸とX軸により定義される面に対して垂直な次元をもたらします。



# 突切り加工での課題

突切り加工は、それが必要とされる場合にはどの旋削加工においても非常に重要な加工となります。合計加工時間中の割合はわずかなものですが、突切り加工は部品が完成する前の最後の加工になります。突切り工具の欠損は、機械のダウンタイムと品質に関わる問題に直結し、最悪の場合、ワークがスクラップになってしまい、それまでの加工段階の付加価値が全て失われてしまいます。このため、メーカー各社は、突切り加工の加工安定性に関してはいかなる方法での妥協も良しとしません。

材料費はもう一つの大きな要因です。特に耐熱合金(HRSA)のような高価な被削材を加工する場合は、可能な限り幅の狭いチップを使用したいとの強い要望があります。

これらの要因により、突切り工具の剛性面に対して相反する要求が発生することになります：被削材のムダを最少にするために、また最大径のワークに応じて工具のリーチを最適にするために、工具はできる限り幅が狭くスリムでなければなりません。しかしスリムな工具は不安定になりやすく、結果的にびびりや加工騒音の原因になります。びびりによって損なわれる加工面品質や寸法公差は、通常突切り加工においては容認されません。

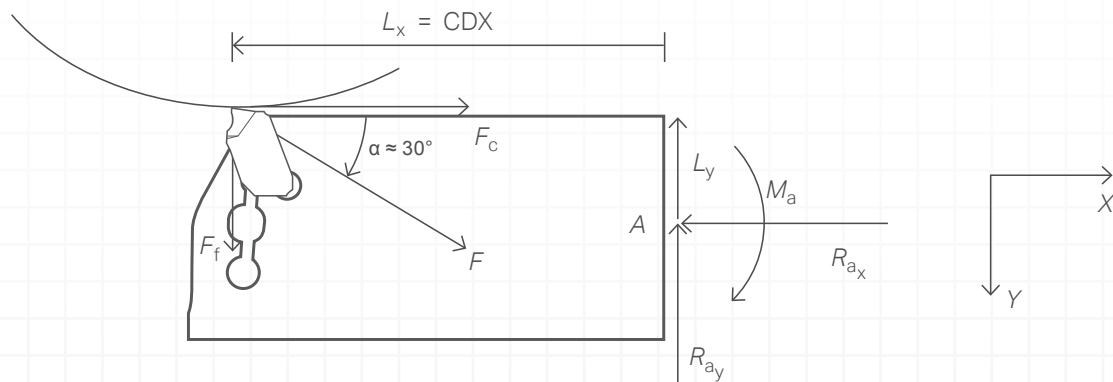
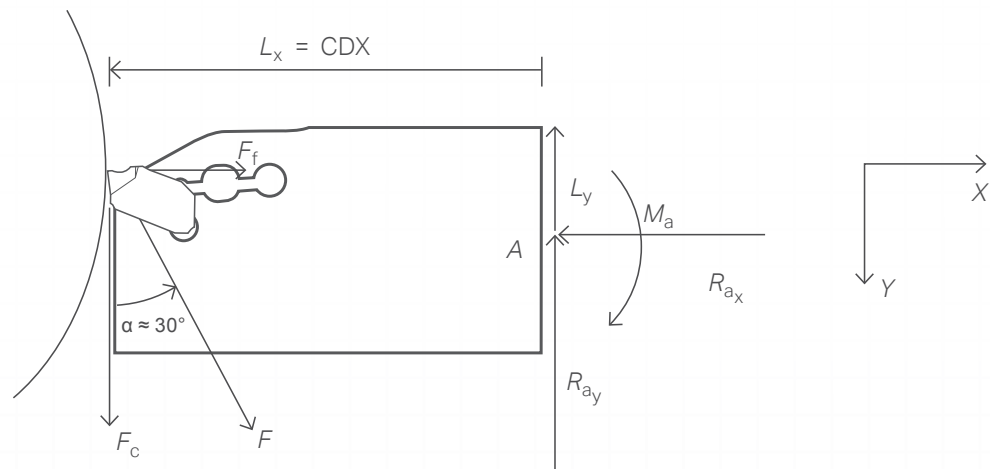


# Y軸用突切り加工

Y軸が複合加工機やターニングセンタにおいて回転工具を使用する可能性を大幅に広げる一方、現在ではこの機能がこれらの種類の工作機械の本来の役割の中の1つとして大きな技術革新をもたらす発端となりました。それがY軸用突切り加工です。この新しい突切り工具と加工方法は、潜在的にはあらゆる突切り加工において大幅な生産性向上と加工安定性の改善をもたらす可能性があります。

サンドビック・コロマントがお届けする革新技術、Y軸用突切り加工は、驚くほど簡単な原理に基づいています。従来の突切り工具が工作機械のX軸に合わせてアライメントされていたのに対して、Y軸用工具はY軸に合わせて反時計回りに90°回転させています。

従来の突切り工具構成では、比較的長くスリムなカッティングブレードとホルダが、回転しているワークに90°の角度で送られていました。このため大きな切削抵抗は切削速度と送り動作によって発生していました。合成力ベクトルは、工具に対しておおよそ30°の角度で斜めに作用します。つまり、ブレードの弱い箇所です。従来これをブレードの突き出し量を短くし、ブレードの芯高を上げることで改善していました。これら双方の対策の欠点は、工具の可用性（ユーザビリティ）が損なわれる可能性があるということです。



$$\left. \begin{array}{l} L_x \gg L_y \\ F_c = 1.75 \cdot F_f \end{array} \right\} \underbrace{L_x \cdot F_f - L_y \cdot F_c}_{M_{A_{Y\text{軸用突切り加工}}} \ll \underbrace{L_x \cdot F_c - L_y \cdot F_f}_{M_{A_{\text{従来の加工}}}}$$

チップシートを90度回転し、Y軸を活用することで、工具がワークの方向へ、基本的に工具前端で切り込めるようになります。これで合成切削抵抗ベクトルとブレードの軸方向の軸がほぼ一直線上になります。

サンドビック・コロマントの研究開発チームによって行われた有限要素法（FEM）解析により、切削抵抗の分布がより明確になり、従来のブレードで一般的であった危機的な応力を削減し、従来より大径の突切り加工が可能となることが確認できました。また、弾性変形の影響と加工不安定性も、従来の突切りブレードでは一般的であった変形と比較して、Y軸デザインでは1/7も低いものでした。



## FEM

FEMとはfinite element method(有限要素法)の略称で、工学および数理物理学において最も一般的に用いられる数値的問題解決方法論の1つです。構造工学の観点からのFEMの主要な長所は、代数方程式系におけるきわめて複雑な問題の公式化が可能なことです。これにより構造分析の多数の課題は、それに対して分析すべき関連領域にわたって値を概算することが可能な未知数の離散集合となります。より具体的に言うと、1つの大きな問題が、有限要素と呼ばれる複数の小さくて簡単な部分に細分されます。この方法により複雑な

形状を精密に表し、異なる材質を明らかにし、包括的な解決策を比較的容易に表現することができます。この例では、特に重要なメリットは局所的な変形効果を精密に確認できることでした。

# Y軸用突切り加工のメリット

従来に比べブレード剛性を6倍に向上させたことにより、安定性を損なうことなく大幅に高い送りと長い工具寿命を実現し、結果として工具の生産性も向上しました。このため、原料を節約して加工の安定性を高めるために部品をよりサブスピンドルの近くまでの突切り加工が可能になります。このため、突切りブレードおよびツールホルダの剛性よりも、むしろチップが突切り加工のパフォーマンス向上のボトルネックとなります。

突切りバイトに関する一般的な推奨事項として、突出し量(OH) 最小化、突出し量(OH)が長いケースは軽切削ブレードの使用、または送りの低減が一般的です。送りを低減する際の一般的な指標値は、OHがブレード高さの1.5倍以上となる場合です。Y軸用ツーリングにより、最適な送り速度、チップブレードあるいは工具寸法について妥協することなくより長い突出し量を達成することができます。すべての旋削加工と同様に、突切り工具の刃先を可能な限り加工物の中心線に近づけ、へその形成あるいは工具欠損を回避することが重要です。突切り工具は、芯高

を±0.1 mm以内に設定してください。突出し量が長い場合の従来の推奨は、たわみを補正するために刃先を中心上方0.1 mmに設定することです。剛性が増してその結果たわみが減少するので、Y軸用ツーリングは中心上方設定の必要性をなくし、これに関連する中心を通り越して加工する場合の早期のチップ破損や急速な逃げ面摩耗といった問題を予防することができます。

工具長の測定は慎重に行う必要があります、これは、Y軸用工具では工具長さが芯高をも決定するためです。その一方で、このことはセットアップエラーに対する安全性ととらえることもできます。なぜなら長さの測定は常に必要であり、芯高設定のダブルチェックとしても役割も果たすからです。刃先の確認が難しい場合は、工具端部にもゲージ面があります。ゲージ面と刃先間の間隔がY軸用工具にマーキングされています。

その他のメリットとして、騒音レベルが低いこと、加工面品質が良好なこと、プロセス信頼性の向上、さらに現在可

能な径よりもより大きな径の突切り加工が可能になることを挙げることができます。

## お客様の加工事例：従来の突切り加工 対 Y軸用突切り加工

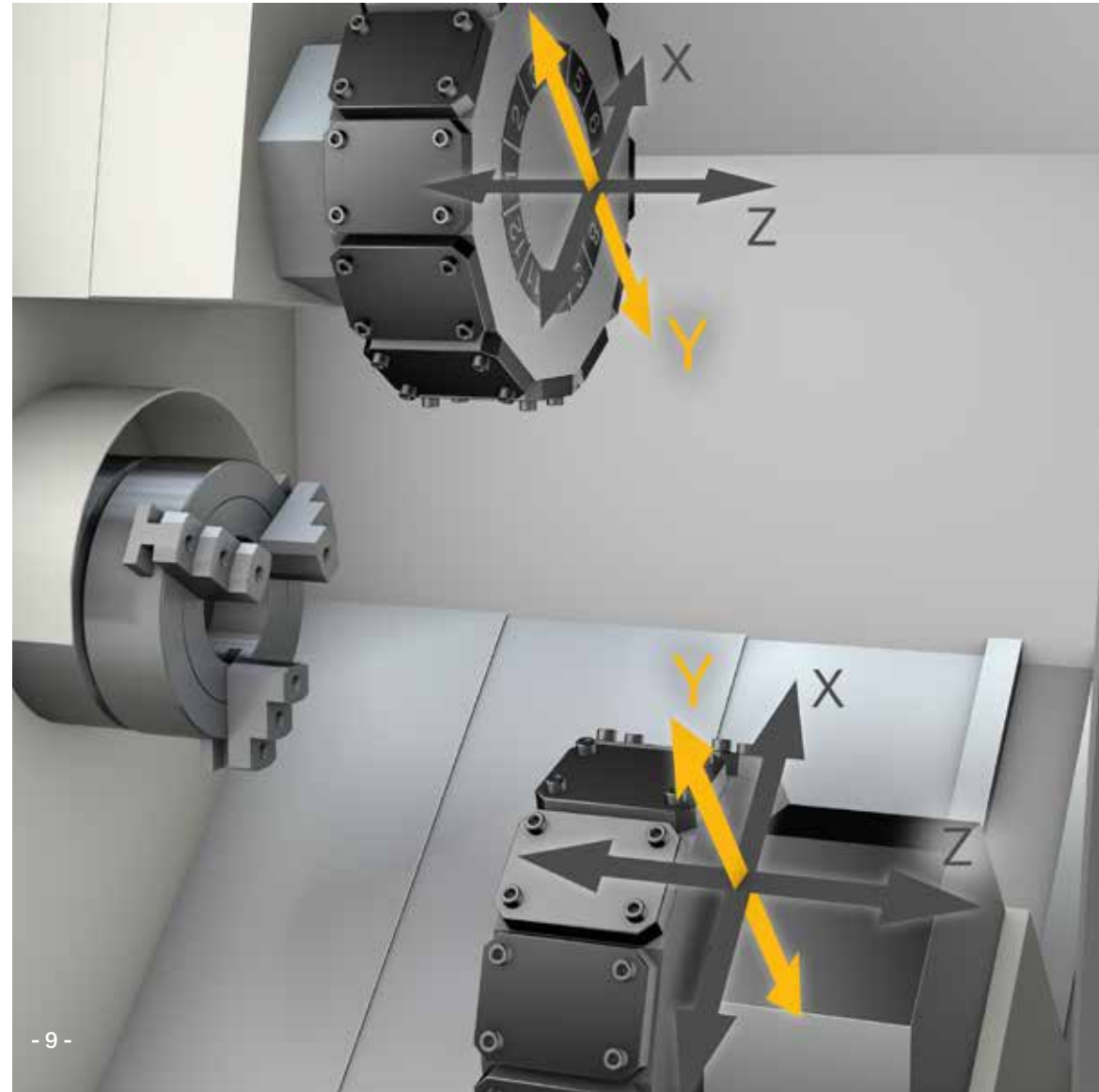
加工物	被削材	径、mm	従来の突切り加工での送り、mm/rev	Y軸用突切り加工での送り、mm/rev	生産性向上	工具寿命向上
ソレノイドバルブ	ステンレス鋼HB365	65	0.15	0.3	100%	70%
ボルト	316Lステンレス鋼	60	0.15	0.3	100%	50%
ベアリングローラー	ベアリング鋼	40	0.12	0.3	150%	40%
ポンプハウジング	ステンレス鋼HB365	55	0.12	0.3	150%	±0%
航空宇宙産業ブランク	インコネル718	180	バンドソー (20 min)	0.15	550%	評価なし



# 各種加工機における Y軸用突切り加工の特長

一般にバー材（直径は65 mmが一般的）からの量産加工にはターニングセンターが使用され、またこのタイプの加工においては、生産性と加工面品質の向上がY軸用突切り加工の最大のメリットとなります。突切り加工は一般的に加工物の最終加工段階であるため、品質最適化の可能性も興味深いものがあります。さらに、突切り幅の低減による加工経済性の向上も可能です。

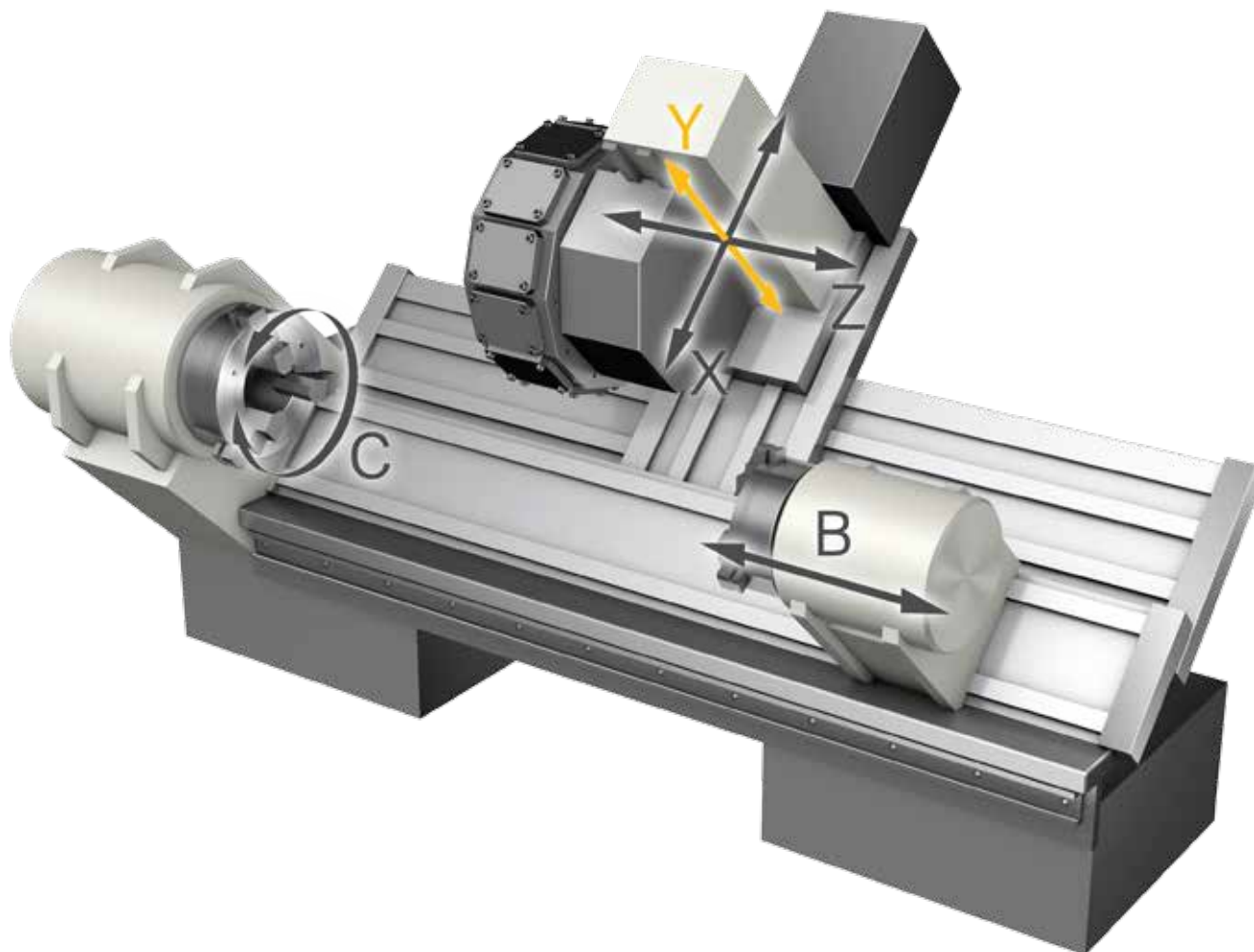
複合加工機においては、Y軸用突切りブレードは何よりも近接性を改善し、大きな径への対応を可能にします。プレテストにおいては、一般的な径120mmのバー材をチップの最大許容送りで加工した場合、突出し量を50%増やすことが可能なことを確認しました。加工安定性に関する問題を発生させることなく300%の生産性向上を達成しました。お客様におけるテストケースでは、径180mmのインコネルバー材のバンドソーによる加工をY軸用突切り加工に変更することに成功し、加工時間の劇的な短縮により生産性は大幅に向上しました。



スラントベッド機では一般にX軸は機械の前方へと上向きに傾斜していて、スラントベッドの一端または両端にスピンドルがあり、X軸移動量はY軸よりかなり長いのが一般的です。その結果、特定の加工物に関してはY軸用突切り加工の検討の際に加エスペースの制限を考慮する必要があります。

旋削加工が可能なマシニングセンタであることを基本的な特長とする複合加工機では、メインチャックとサブチャック間のリーチを充分なものとするために、Capto® C6またはHSK63Tブレードアダプターなどの一般的なツールアセンブリは相対的に長くなるのが稀ではありません。この結果、つまり、X方向のセットアップ全体の剛性は、切削力がツールアセンブリと機械主軸に向かうY軸の負荷に比べて弱いということになります。

同様の条件が、Y軸に回転工具/フライス加工オプションを備えた多くのターニングセンタにあてはまります。VDIアダプターあるいは機械に対応したクランピングユニット(MACU)用のボルトオンブレードアダプターをベースとする一般的なY軸ツールアセンブリは、メインチャックとサブチャック間のリーチとチャックに近い位置での突切りを可能にするために、長くて細いものとなります。この場合も、X方向のセットアップ全体の剛性は、切削力がツールアセンブリとタレットに向かうY軸の負荷に比べて弱い、という結果になります。Y軸用突切り加工は、これらのどちらの問題も回避する一助となります。

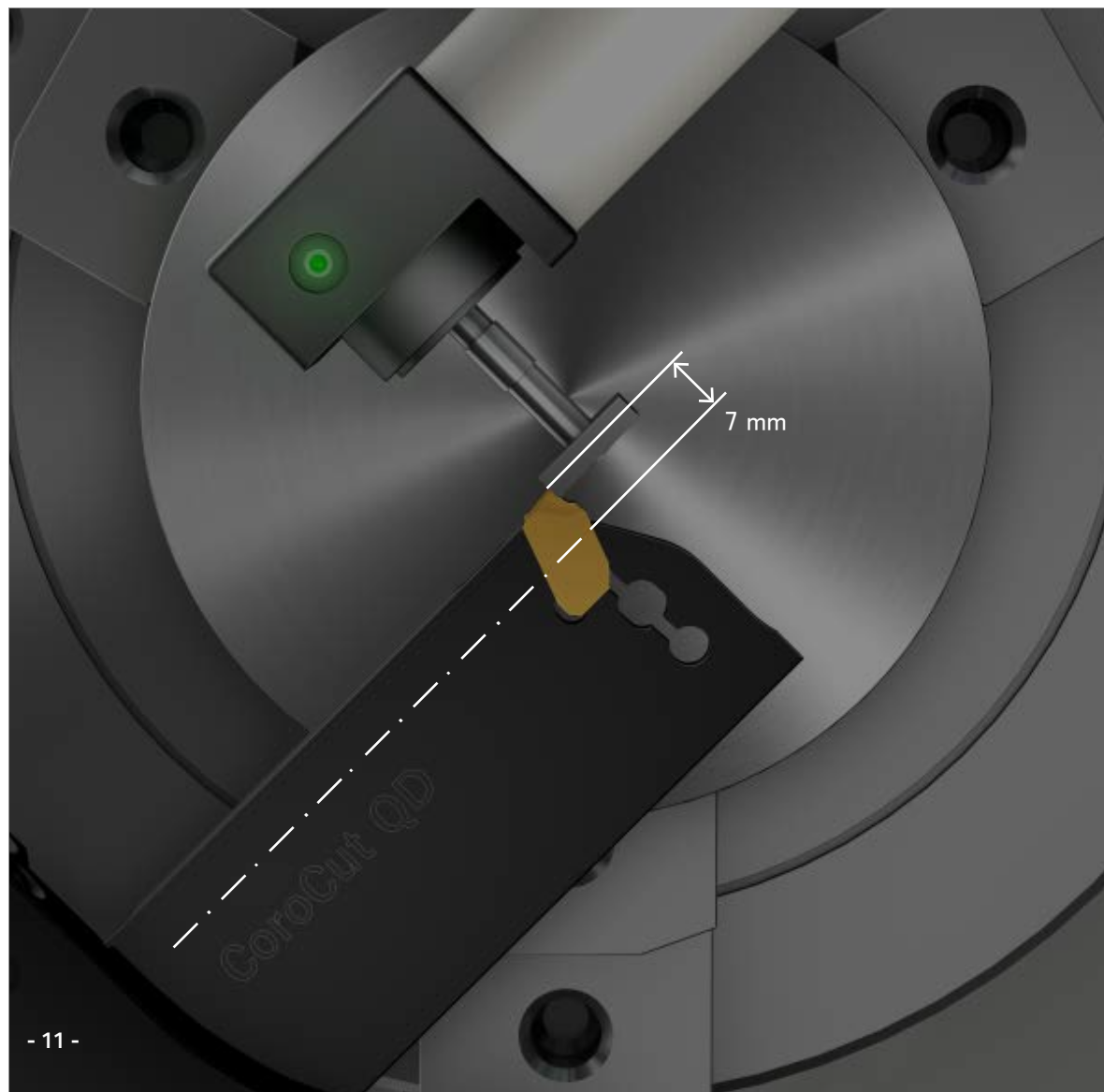


# 新しい加工方法を始めるにあたって

Y軸用突切り加工への投資は、何よりもまず突切り加工および関連する作業方法の変更を意味します。これは、既にY軸に備わっている機械の可能性をより有効に利用する方法を提供するものです。あるいは、新しい機械あるいは変更された加工段取りにおいて突切り加工の生産性を大幅に向上させることが可能なオプションと言えます。具体的に最も大きな投資が行われるのはプログラミングに関してであり、これには人材リソースとスケジューリングを含むことは明白です。工具の動きそれ自体は簡単にプログラミングできますが、Y軸における一定の切削速度を得るために機械や制御システムごとに異なるパラメータ設定を変更する必要があります。必要なパラメータ設定は、CNC制御マニュアルに説明されています。

最適化された特殊形状のブレードの必要性が低減され、新しいY軸用ブレードは標準アダプターに適合し、また標準CoroCut® QDチップを使用するので、Y軸用突切り加工は、工具在庫低減の機会を提供することにもなります。

実際的な考慮事項として、標準ブレードアダプターに取り付ける場合、刃先はY=0から7 mm上の位置になることに注意する必要があります。オペレーターの方は、この値がCNCプログラムにおいてオフセットされていることを確認する必要があります。



# 投資条件と投資回収 (ROI)

## 180 mm

最大部品径

## 4-8時間

プログラミング時間

- ・ Y軸およびバーフィーダーを装備した多くの複合加工機またはターニングセンタにはY軸突切り加工の可能性がある
- ・ Y軸装備ターニングセンタおよび複合加工機における突切り加工の第一推奨ソリューション
- ・ 主に180 mmまでの大径部品用およびメインチャックとサブチャック間のリーチのための長い突き出し用
- ・ ワークピースが両端でクランプされている場合の高い可能性 - 突切り加工中は他の加工は不可能なため大幅な時間節約を達成可能
- ・ 実質的に追加の工具コストはなし
- ・ 同じプログラムを全加工部品に使用可能 - 必要な変更作業は1回限りでそのための一般的なプログラミング時間は4 ~ 8時間の範囲
- ・ きわめて低い初期投資とより高い切削条件による大幅な生産性向上の可能性による実質ROIの潜在的可能性



# CoroCut® QDと Y軸用突切り加工の詳細

弊社ウェブサイト [www.sandvik.coromant.com/corocutqd](http://www.sandvik.coromant.com/corocutqd) をご覧ください