

技術記事

2015年5月

突切り・溝入れ工具： より高い性能、品質、 工具寿命をいかに追求するか

突切り・溝入れ加工の課題に直面しているエンジニアは、生産性、品質、工具寿命において最高の性能を発揮できる、信頼性の高い工具を必要としています。このような要求に応えるため、サンドビック・コロマントは長年にわたって突切り・溝入れ技術の研究開発に継続的な投資を行ってきました。お客様との緊密な協力関係を構築し、それらの技術がお客様に直接利益をもたらすよう、開発が進められています。この記事は、これまでに当社で培われてきた知識を共有し、突切り・溝入れ工具の最新技術と最高の実践ソリューションについての知るためのガイドとして執筆されました。

始まりは40年前

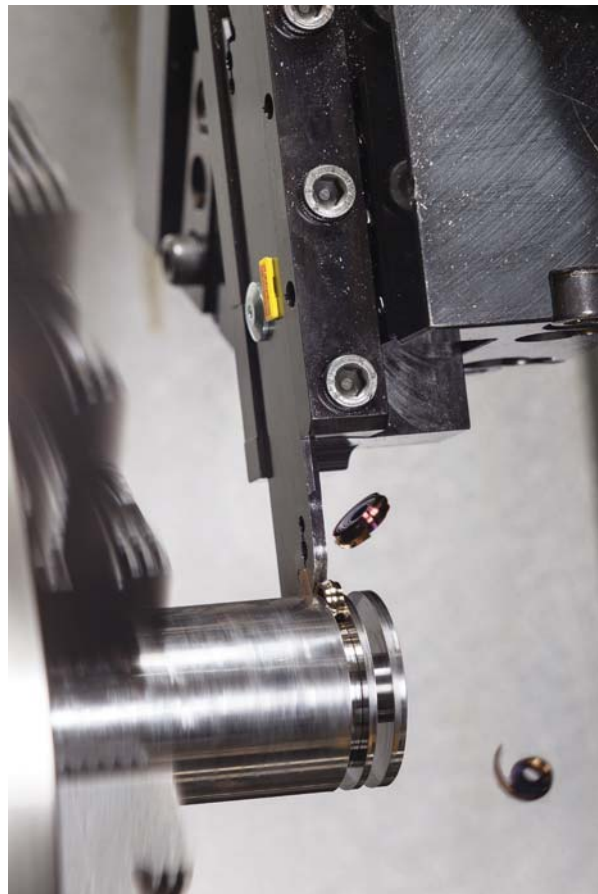
突切り・溝入れ技術において、サンドビック・コロマントは長年にわたり優れた実績を確立してきましたが、その始まりは40年以上前に遡ります。1973年、当社は突切り・溝入れ工具では世界初となる、刃先交換式コンセプトを採用したT-Max 突切り工具を発売しました。その後の数十年で、「Qカット」刃先交換式プログラムの突切り・溝入れ工具は業界に定着し、続いて1990年代にサンドビック・コロマントが発表した「コロカット」コンセプトは、今日に至るまで当社の製品群の中心的存在となっています。2000年代になると小物部品用のコロカットMBおよびコロカットXS が登場し、2014年には、突切り加工および長い突出し量での深溝加工向けのサンドビック・コロマントの主力製品である、コロカットQDが発売されました。

コロカットQDを使用した 加工ソリューション

長い突出しでの加工課題

すべての突切り・溝入れ加工における重要な要素のひとつは、工具突出し量を最小にすることです。しかしながら、大径ワークの突切り加工や、サブスピンドルの使用で長い突出しが必要な場合などは、どうしても機械から刃先までの距離が長くなってしまいます。工具には、剛性の低さを補うことと、安全で信頼性が高く競争力のある加工を可能にすることが求められるのです。コロカットQDは、このような市場の要求から開発されました。チップ、ホルダと取扱いが非常に簡単な「プラグ・アンド・プレイ」クーラントアダプタから成る突切り工具システムで、ユーザーは、加工条件を下げることなく安心して工具を使用できます。

開発段階では、すべてのお客様の要望を最優先に進め、剛性、強度、優れた切りくず処理などの加工安定性の要因の他に、工具寿命の向上、取り扱いやすさ、高い加工面品質、および生産性の最適化によるコストの低減にも注力しました。また、できるだけ多様な加工用途、機械、被削材をカバーする包括的かつ工具選定が簡単な製品プログラムが欲しい、という要望もありました。





幅の狭いブレードの課題

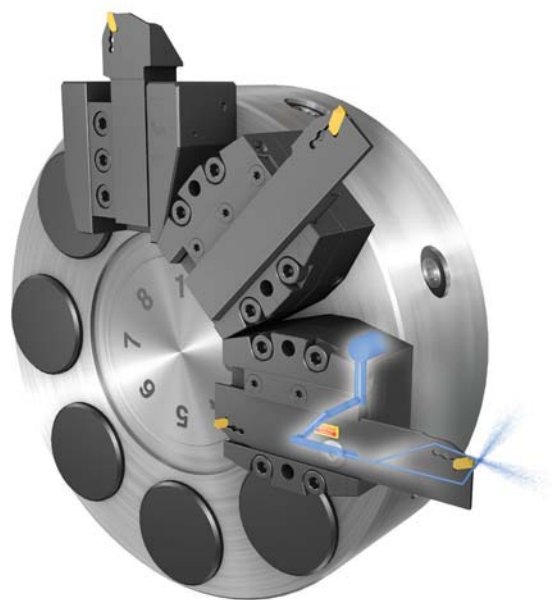
突切りおよび深溝加工は、多くのオペレータにとって神経を使う作業です。幅狭チップとブレードで、難しい材料を高回転で加工するような場合、どうしても不安になるものですが、この場合はその必要がありません。突切り加工では、被削材の無駄をなくすために比較的幅の狭いブレードを使いますが、どうしたらそのような工具で生産性を抑えることなく安定して加工を行うことができるでしょうか？コロカットQDは、ブレード幅と生産性との間の新たなバランスを確立しました。ブレード新素材が開発されたことがこの要因の一つですが、チップ切削アクションの改善と、良好な位置での確実なチップクランプも重要な要因です。

ブレード用の新しい工具合金鋼は、金属疲労強度（従来比12%アップ）と曲げ応力に非常に優れた耐性があり、チップシートの特性も優れたものです。特性とは、チップ取付け部分の設計です。コロカットQDではレールロック方式が採用されており、これが新しいレベルの加工精度と信頼性をもたらしめます。ブレードとチップのインターフェースにより、ブレード幅を2 mmまで小さくして突切り加工に対応することができます。

加工速度と工具寿命の向上

ブレードを使用した突切り加工をバーフィーダー、小型自動旋盤や多軸自動機で行う場合は、バイト径 38–160 mm ではコロカットQDが第一推奨です。外径溝入れ加工では、加工幅 2–8 mm で15–80 mm の加工深さが可能です。これらの工具には、工具内部にクーラントを通して刃先にダイレクトにクーラントを供給する、高精度クーラントオプションがあります。すくい面へのクーラントは切りくず排出に貢献し、逃げ面へのクーラントはチップ寿命向上に貢献します。この優れた技術を標準で装備しているシステムは他にはありません。

高精度クーラント使用により、切削速度を通常より30～50%上げることができます。また、同じ送りでチップとワークの接触時間が短縮することによって、刃当たり加工数が増加します。しかしながら、高精度クーラントの最大のメリットは工具寿命が確実に向上することです。200回にもおよぶ他社品との比較テストでは、コロカットQD使用での平均工具寿命の増加率は80%に達しました。実際、従来使用していたシステムと比較して、工具寿命が2～3倍、高いところでは4倍にも向上したお客様も少なくありません。特に、チタン合金やニッケルベースの耐熱合金など特殊な被削材の場合に、高い効果が得られます。



切れ刃に関する検討事項

突切り加工には、3つの段階があります。

被削材の中心付近以外の通常の突切り段階、被削材の中心に接近する段階、そして、中心に到達する段階です。チップに関しては、刃先強度、チップ構成刃先(BUE) 形成に対する耐性、チップコーティングの強度はすべて重要なポイントです。しかしこのことは、通常の高切削速度と送りに対応するチップ材種の開発と合わせて検討されなければなりません。

そこで、すべての被削材用に新しいブレーカを備えた専用の突切り・深溝加工用チップが開発されました。これには、最適な切りくず処理および良好な加工面品質のためのワイパー切れ刃といった機能があります。また、チップは高精度クーラントの使用を想定した最適な設計となっています。これにより、切削抵抗を低く抑えて、高レベルの切りくず排出を効率的に行うことができます。チップブレーカには特別開発された溝が施され、これによりクーラントが刃先の切りくずが生成される部分に確実に到達します。突切り加工の全段階で良好に対応できるよう、コーティングと切れ刃の信頼性に重点をおいた改良チップ材種が開発されました。

重要なのは、チップブレーカが切りくずを溝幅よりも細くなるようカールさせ、スムーズに排出できるように設計されている点です。多くの機械オペレータは、突切り・溝入れ加工で切りくず詰まりによる苦い経験をしているでしょう。切りくず詰まりは、工具とワーク両方の破損の原因となる大きな問題です。最新のチップは切れ刃の信頼性が高く、あらゆる被削材に対応できるよう様々な材種で提供されています。材種には、3種類のPVD材種(GC1105、GC1125、GC1145)、2種類のCVD材種(GC1135とInveioテクノロジー採用のGC4325)と1種類のノンコート材種(H13A)があります。チップブレーカは、突切り用が5種類(-CF、-CM、-CR、-CO、-CL)、溝入れ用が2種類(-TF、-TM)と、2種類のワイパーチップ(-CF、-TF)があります。



P	GC4325 -CF	GC4325 -CM	GC1135 -CR	GC1135 -CM	GC1135 -CR	GC4325 -CR	GC1125 -TF
P							
	GC1125 -CL	GC1125 -CL	GC1135 -CR	GC1135 -CM	GC1135 -CR	GC4325 -CL	GC1125 -TM
M							
	GC1125 -CM	GC1125 -CM	GC1135 -CM	GC1145 -CM	GC1145 -CM	GC1135 -TF	GC1135 -TF
K							
	GC4325 -CM	GC4325 -CM	GC1135 -CR	GC1135 -CR	GC1135 -CR	GC4325 -CR	GC1125 -TM
N							
	H13A -CO	H13A -CO	H13A -CM	H13A -CM	H13A -CM	H13A -TF	H13A -TF
S							
	GC1105 -CO	GC1105 -CO	GC1145 -CM	GC1145 -CM	GC1145 -CM	GC1105 -TF	GC1105 -TF

チップの選定

第一推奨材種から開始してください。一般的に、高硬度母材でコーティングが厚い場合は耐摩耗性と耐熱性が向上し、コーティングが薄いと溶着しにくくなります（ワーク中心部での突切り加工では、コーティングの剥離を防止することが重要になります）。工具寿命向上のために、すべての「加工のヒント」を参考に、高硬度材種および/または厚膜コーティング材種を選定します。必ず、被削材に対する推奨切削速度と送りから開始してください。内部クーラント使用時は、目安として以下の割合で切削速度を上げることができます。クーラント圧10 barのとき、切削速度 $V_c + 10\%$ 、30 barのとき $V_c + 30\%$ 、70 barのとき $V_c + 50\%$ 。

チップブレーカに関しては、切りくずをしっかりとカールさせるチップブレーカでは切りくずは短くなりますが工具寿命も短縮し、ポジ形状の軽切削ブレーカでは一般的に工具寿命が向上します。チップブレーカにはカーブ状または直線状の刃先形状があり、深溝/浅溝加工に応じて、それぞれ切りくず生成能力が異なります。ワイパーチップは、極めて高い加工面品質が要求される場合に使用します。

使いやすい工具デザイン

摩耗したチップを交換する際、トルクレンチは不要です。締め付け不足や締め付け過ぎが起こりやすい従来のスクリュークランプの代わりに、コロカットQDでは革新的なクランプソリューションが採用されています。シンプルなクイックリリースキーにより、常に正しいクランプ力を確実に得ることができます。さらに、上面と底面がレール形状になったユニークなチップシートが安定した精度の高いチップポジションを確保します。

FEM(有限要素法)計算で最適化されたチップシート角により、チップは20度傾斜しており、高い切削抵抗にも耐えられるようになっています。これによって、切削開始時は切削抵抗は主に下に向かい、工程が進むと剛性と安全性が得られるようになります。

成功のために

加工においては適切な工具交換および段取りにおける安全要素として、ますますユーザーフレンドリーなツーリングシステムが求められるようになってきています。それが機械の稼働停止時間に影響するからです。

こうしたことを踏まえて、サンドビック・コロマントは「プラグ・アンド・プレイ」、接続するだけですぐに使えるアダプタを開発し、簡単かつ迅速なクーラント接続を実現しました。製品ラインナップは、ターニングセンタでのシャンクタイプや突切りブレードタイプ、小型自動旋盤用のQSストッパーなど、最も一般的な工作機械インターフェースをカバーしています。

安定した内径溝入れ加工

最先端のコロカットQDコンセプトにより、新たにコロターンSLブレードにも対応し、信頼性の高い内径深溝加工が行えるようになりました。モジュラー式のコロターンSLインターフェースによって、柔軟な加工が可能となり、特定の加工用途向けにツーリングを最適化することができます。

内径溝入れ加工では、高い安定性とびびりを最小に抑える工具ソリューションが求められます。この点を考慮して、コロカットQD製品に採用された安定したクランプメカニズムは、サイレントツール（防振ボーリングバイト）との組み合わせで、長い突出し量でもびびりのない加工を実現します。これは、石油・ガス産業で主に使用されるパイプ材の加工においては朗報で、高い加工安定性での内径溝入れ加工が可能になりました。

コロターンSLブレードを使用した内径溝入れ加工向けの独自のセレーションロック（SL）インターフェースは、非常に剛性が高く、アダプタと交換式カッティングヘッドから幅広い組み合わせを作ることができます。コロターンSLヘッドでの最大加工深さは40mmです。



様々な成功事例

コロカットQDを使ってお客様の成功事例はすでに多数届いています。例えば、チップ幅を25%小さいものにし、高い切削条件で行ったステンレス鋼パイプ材の突切り加工では、コロカットQDを使用することで工具寿命が106%向上し、同時に、従来の突切りシステムと比較して、サイクルタイムも短縮することができました。別の例は、径45 mmのステンレス鋼バー材でのシャワーミキサー部品の突切り加工で、工具寿命が283%も飛躍的に向上しました。機械の稼働時間もより長くなり、無人運転が可能になりました。



工業部品の加工では、コロカットQDで加工したワーク個数は、同じ時間で他社品が加工した個数の2倍以上に達しました。この加工作業は、径70 mm、硬度195 HBのステンレス鋼バー材の突切り加工で、クーラントはエマルジョンを使用しました。コロカットQDの使用では、切削速度は90m/minから100 m/minまで、送りは0.07mm/revから0.1 mm/revまで上げることができました。さらに、他社品のシステムでは45個だった加工部品数が、コロカットQDでは100個に達し、工具寿命は122%も上回りました。

径46 mmのステンレス鋼バー材(硬度320 HB)での自動車用バルブの突切り加工も、同様に印象的な結果となりました。コロカットQDの使用では、切削速度は

85 m/minから105 m/minまで、送りは0.15mm/revから0.17 mm/revまで上げることができました。また、他社品のシステムの加工部品数が120個だったのに対し、コロカットQDは220個の部品を加工し、工具寿命は83%上回りました。

以前から工具の寿命が安定せず、生産性が低いという問題を抱えていた別のお客様では、コロカットQDが驚くべき結果をもたらしました。今までの使用工具には、外部クーラントしかなかったことが大きな問題点でした。これにより切りくず処理に問題が生じ、突切り加工中のペッキングが必要となって、加工工程の速度が遅くなっていました。コロカットQDに切り替えることによって、径54 mmのステンレス鋼ポンプアダプタの加工で、以前の突切り工具に比べて4倍もの個数の部品が加工でき、切削速度も速くなりました。高精度内部クーラントの使用により、切りくず処理もはるかに向上し、ペッキングを行う必要がなくなりました。全体で、お客様の生産時間は年間で34時間短縮し、生産性は43%も向上しました。

突切り、溝入れ(外径、端面)加工で 最高の結果を得るための加工のヒント

トラブルのない突切り加工のために

まず、突出し量は常に最小限に保ち(最大でチップ幅の8~10倍)、高い加工安定性を維持します。次に、幅の狭いチップを選択して被削材を節約します。その他のヒントとしては、最高の切削性能のために芯高が確実に ± 0.1 mmの範囲内になるようチェックすることが重要です。芯高が低いとへそが大きくなり、高いと逃げ面摩耗が急速に進みます。しかし、突出し量が長い場合は、下方曲りを補正するために刃先を中心より0.1 mm 上方に設定します。

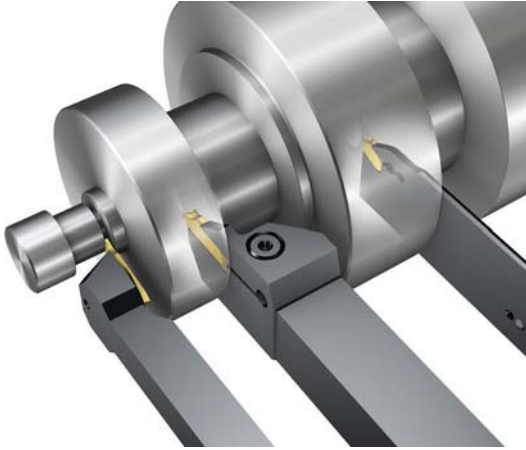
常に送りをワーク中心の2 mm手前で最大75%低減してください。送りが低いと切削抵抗が小さくなって工具寿命が飛躍的に向上します。さらに、機械の回転数が限界値に達したら、特にステンレス鋼のワークでは、構成刃先を防ぐためにクーラント供給を止めてください。通常は、回転数が限界値に達する辺りでは切削速度は100m/minを下回っています。また破損を防止するために、ワーク中心を超えて工具を送らないようにし、中心の0.5 mm手前で止めます(切断した部品はその自

重により落下します)。サブスピンドルを使用する場合は、中心手前でとめてサブチャックでワークを引き離します。

クーラントの使用に関しては、適用するクーラント圧がワークの被削材に様々な影響を与えます。高圧クーラントは、ステンレス鋼、チタン合金や耐熱合金など熱伝導率が低い被削材の加工においての使用が最も効果的です。高圧クーラントは、低炭素鋼、アルミ合金や二相ステンレス鋼などの溶着しやすい被削材で、切りくず処理が重要な問題となる場合に使うことでも効果が得られます。最新の技術で切削ポイントへの正確なクーラント噴射が行われ、専用のチップブレードとの組み合わせで切削条件、工具寿命や切りくず処理が向上します。チップと工具の適切な組み合わせで、クーラントを刃先へ供給することが、高圧クーラントを効率的に使用するカギとなります。

バリのない突切り加工のコツは、右または左勝手のフロントアングル付き研磨チップを使用することです。以下のフロントアングルが使用可能です:-CF、-CM、-CRブレードは 5° 、-CSブレードは 10° 、 15° 。留意すべきなのは、フロントアングルが大きいとバリは減りますが、ストレート切削ができないため、加工面品質が低下し、工具寿命が短くなることです。したがって、できるだけフロントアングルの小さいチップを使用してください。内側のバリは、プレ突切りおよび面取り専用のコロターン XSチップを使用することで低減できます。





トラブルのない外径溝入れ加工のために
可能であれば、常に一発溝入れ加工が溝を作るのに
最も経済的で生産性の高い加工法です。一方、広い溝
の加工、あるいは立ち壁間の旋削加工が必要な場合
に最も一般的な方法は、突込み溝入れ加工、横引き
旋削加工またはランピング加工です。これら3つの加工
方法は荒加工で、別途仕上げ加工をする必要があり
ます。以下の原則を守ってください：溝幅が切削深さよ
り小さい場合は、突込み溝入れ加工を選択します。こ
の場合、最後に加工する部分はチップ幅より狭くして、
送りを30～50%上げて加工します。第一推奨は-GM
ブレーカです。

溝幅が切削深さより大きい場合は、横引き旋削加工を
選択します。第一推奨は-TFおよび-TMブレーカです。

細いワークに対してはランピング加工が最適で、径
方向の切削抵抗と境界摩耗が最小限に抑えられる
ため、優れた切りくず処理が得られます。第一推奨
は-ROおよび-RMブレーカです。

仕上げ加工で工具のたわみを避けるには、切削深さを
チップのコーナRより大きくします。この場合は、-TFブ
レーカなどの旋削ブレーカを使用するか、もう1つの選
択肢として、倣い加工用チップブレーカ(例：大きなRが
付いた溝用の-RMブレーカ)を使用します。軸方向と径
方向の切込みは、0.5から1.0 mmまでとします。

トラブルのない端面溝入れ加工のために
常に最大径から始めて、内側へ向かって加工します。
また、溝に合う一番大きな有効加工径範囲を持つ工
具を使用します。有効径範囲が大きい工具は湾曲が
ゆるやかで、加工が非常に安定し、径が大きくなると切
りくず生成も簡単かつ確実に行えます。もう1つのヒント
として、広い溝加工の場合は、切りくず処理の改善のた
めに、突込み溝入れ加工よりも横引き旋削加工が望
ましいです。



-TFブレーカが端面溝入れ加工の第一推奨ですが、
溝幅の公差が厳しいときは-GFブレーカを推奨しま
す。材種は、鋼や鋳鉄の加工ではInveioテクノロジー
採用のGC4325が第一推奨で、GC1125とGC2135は、
それぞれ安定した加工条件と不安定な加工条件で
ステンレス鋼を加工する場合の代替材種です。同様
に、GC1105(安定した加工条件)とGC1145(不安定な
加工条件)は耐熱合金の加工に最適な材種です。

コロカットシリーズ 突切り・溝入れ加工用工具



コロカット1・2

名称が表すように、コロカット1・2は1コーナまたは2コーナチップを備えており、6-38 mmのワーク加工用に設計されています。端面突切り加工にも適したこのシステムは、特許取得済みのレール形状およびV形状のチップシート設計に基づき、長いチップと併用することで高い加工安定性を発揮します。最新の開発で、コロカット1・2には新たにスプリングクランプ技術が採用されました。これにより、より高い安定性が得られるだけでなく、オペレータが従来のスクリュークランプでトルクレンチの使用を判断する必要がなくなりました。

高強度の工具材質（耐疲労特性に優れた合金素材）、高い剛性と効率的な切りくず排出により、より高い送り速度でコロカット1・2を使用できます。実際の長手方向の旋削加工テストでは、新しい高剛性スプリングクランプにより、たわみを維持しながら送り速度を27%向上できることが確認されました。これは、スプリングクランプの使用で、スクリュークランプに比べてたわみが2.7倍も低減したためです。コロカットQD同様、コロカット1・2にも高精度クーラントオプションがあります。コロカット1・2のシステムには700以上の標準チップがあり、あらゆる被削材タイプに適用できます。

コロカットXS

コロカットXSは縦置きシステムで、小型自動旋盤で細物部品の精密加工が行えます。このシステムは外径突切り加工、溝入れ加工、旋削加工、後挽き加工、ねじ切り加工に使用でき、極めてシャープな刃先により低送りで最高の性能を発揮します。高精度、簡単なチップ交換と広範なチップ幅も、このシステムのメリットです。

コロターンXS

4.2 mmもの小径部品の内径加工用に設計されたコロターンXSは、正確なチップ位置が要求される場合に適した高精度システムです。端面溝入れ加工にも適しており、高圧クーラントに対応したホルダもあります。広範にわたるアダプタが、ほとんどのタイプの小型自動旋盤に適合します。

コロカットの製品ファミリー – あらゆる突切り・溝入れ加工用工具



コロカット3

コロカット3(3枚刃)は幅の狭い溝入れとサークリップ溝入れ加工用の経済的なソリューションで、大量生産で優れたコスト効率を実現します。コロカット3を使用してチップ幅を小さくすることで、数キロメートルの被削材が節約できることもあります。突切り加工では、このシステムは径が12 mm以下の加工に適しており、突切り幅が極端に小さい場合も、1 mmまでの加工が可能です。



コロカットMB

コロカットMBは、内径溝入れ、端面溝入れおよびプレ突切り加工用の高精度システムです。チップの刃先はシャープで薄膜コーティングを施され、長い突出し量の加工でもびびりのない安定した工具として内径加工に最適です。

デジタルサポート

オンラインで提供しているツールビルダー (www.tool-builder.com) では、モジュラーツーリングシステムと「プラグ・アンド・プレイ」クーラントの迅速かつ簡単な選定が可能です。ユーザは手間をかけずに突切り・溝入れ加工用の工具とアダプタの適切な組み合わせを見つけることができます。使いやすいインターフェースを介して、ユーザが必要な加工方法、マシンインターフェースやその他のバリエーションを選定すると、加工に最適な工具とアダプタが画面に表示されます。ユーザがセットアップの3D画像を見て、使用アイテムに直接リンクし、サンドビック・コロマントのウェブサイトですべて注文することも可能です。このアプリケーションはスマートフォン、タブレット端末、MAC、その他のPCで利用でき、選定プロセスを大幅に簡略化します。

サンドビック・コロマントのウェブサイトでは、その他の詳細な情報も提供しています。製品タブをクリックすると、「旋削工具」の見出しの下に突切り・溝入れシステムの製品リストが表示されます。ウェブサイトのユーザが、必要な工具をクリックすると、製品情報、加工事例、製品一覧をご覧いただけます。

突切り・溝入れ工具の詳細なカタログを、サンドビック・コロマントのデジタルライブラリ「出版物」で確認して、オフライン/オンラインで注文する、あるいは、ウェブサイト www.sandvik.coromant.com/publications から「出版物」アプリをダウンロードして注文することが可能です。

サンドビック・コロマントは、第一推奨工具でお客様特有の加工要求に応じた推奨事項を提供し、導入方法のアドバイスを行います。工具は、ウェブサイト www.sandvik.coromant.com/firstchoice でご注文いただけます。

まとめ

突切り・溝入れ加工向けソリューションで、お客様が実際に抱える問題を解決する、他社がうらやむほどの実績で、サンドビック・コロマントは、この技術分野で高い競争力を誇るリーダーであることを証明してきました。包括的なサポートネットワークにより、サンドビック・コロマントの突切り・溝入れ工具ではお客様の動向や要望に合わせた管理を行っています。つまり、卓越した生産性、品質および工具寿命が、激化するグローバルな市場競争を勝ち抜く重要な要素である、高い競争力を確保するのです。

サンドビック・コロマント

サンドビック・コロマントは、切削工具、ツーリングソリューション、切削加工のノウハウなどを提供する金属切削加工業界のグローバルリーディングカンパニーです。研究開発分野に大きな投資を行い、独自のイノベーションを開発、日々お客さまとともに加工の生産性向上に取り組んでいます。お客さまは、世界的な自動車・航空宇宙産業・エネルギー産業の企業をはじめ、多岐にわたります。従業員8,000人、世界130か国に拠点を構えるサンドビック・コロマントは、サンドビックグループのビジネスエリア、サンドビック・マシニングソリューションズに属するブランドの1つです。