

ASSAB

PVD コーティング

2つの分野での頂点



「ASSAB」の名称およびロゴは登録商標です。本カタログに掲載されている情報は、現時点での知見に基づき、製品とその用途に関する一般的な特徴を提供するものです。したがって記載されている製品の特性値や特定の用途への適合性を保証するものではありません。ASSABの商品・サービスをご利用いただく場合には、その妥当性についてお客様ご自身で判断していただく必要があります。

Edition 20210420

工具を次の段階へ

2つの分野での頂点

工具にコーティングを行う主な理由は、耐摩耗性を強化し、成形材が工具に焼付くリスクを最小限に抑えることです。コーティングを活用することで、生産性を向上するとともに、成形品の品質を高めることも可能です。

工具鋼の表面へのコーティングは、広く一般的に用いられるようになりましたが、中でも物理蒸着法（PVD）は最もよく使われる方法です。通常、非常に硬度が高く、摩擦係数が低い、薄いセラミック皮膜（ $< 4 \mu\text{m}$ ）が形成されるのが特長です。

PVDコーティングした工具の性能は、基材の物理的性質と機械的性質によって大きく左右されます。軟らかい基材の上にある脆弱な皮膜が容易に割れてしまう、“スノーオンガラス”現象を避けるために、高い硬度と圧縮強さが必要です。コーティング処理後の寸法安定性を保つために、高温焼戻しが推奨されています。またPVDとプラズマ窒化を組み合わせ（Duplex）、コーティングの耐荷重性を高めることも可能です。

また、コーティングには、焼付きや表面の摩擦を効果的に低減するために、欠陥のない平滑な表面が求められます。清浄度が高く、磨き性が改善された工具材料を使用することで、コーティングの均質性と優れた表面仕上がりが保証されます。

工具を使用する製造業では「ひとつのソリューションで全ての課題に対応できる」ということはありません。したがって、材料とコーティングの選択は最も重要な要素となります。



コーティングの性能を最大限に発揮する

ASSABのプレミアム冷間工具鋼は、PVDコーティングに適していることが知られています。均一なミクロ組織と高い洗浄度が、コーティングとの密着性を高め、寸法変化のバラツキを低減します。高強度の材料と組み合わせることで、コーティングの性能を最大限に発揮することが可能です。



最適な組み合わせを選ぶ

冷間加工用工具に使用する工具鋼とPVDコーティングの組み合わせを選ぶ際には、考慮すべき重要な点が4つあります。

1. **寿命要因** 支配的な寿命要因の特定
2. **工具の品質** 高成形面と高負荷が加わる部位の表面仕上げの品質
3. **工具鋼とコーティングの選択** 主要な寿命要因に対応する鋼種及びコーティングの選択
4. **熱処理** コーティング処理のプロセスに適合した熱処理条件

1. 寿命要因

	基材で解決する問題	コーティングで解決する問題
耐チッピング性に優れた鋼種を選択する	 チッピング	 引掻摩耗
圧縮強度(硬さ)が高い鋼種を選択する	 塑性変形	 凝着摩耗/焼付き

2. 工具の品質

工具にコーティングをする前に、目的に合わせて主に成形面の表面品質を調整する必要があります。

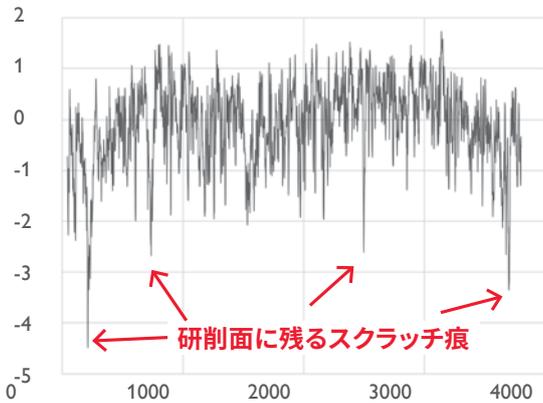


工具の成形面は、性能を最大限発揮するためには、平滑で、腐食や白層が存在しないことが必要です。研削面の標準的な表面粗さはRa約0.5 μm ですが、これは高性能が期待される冷間加工工具には十分な粗さではありません。粗い表面（研削面に残るスクラッチ痕など）は、不均質なコーティング皮膜に繋がり、皮膜の亀裂の原因になる場合があ

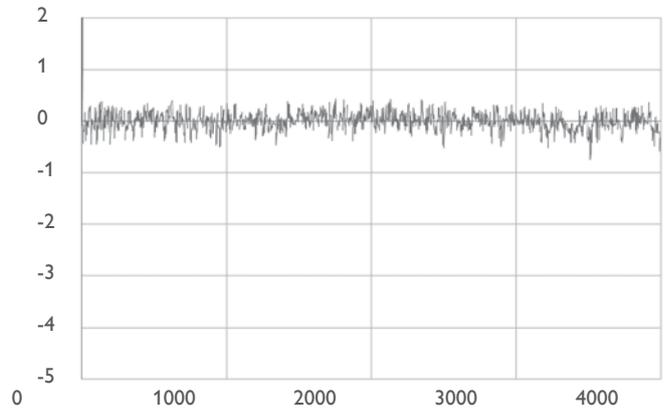
ります。したがって、成形面をRz1 μm 以下まで磨いてから、PVDコーティングすることが推奨されています。苛酷な用途では、さらに微細な表面が求められます。

上記に加えて、用途によっては、コーティングした工具の後処理が必要となる場合もあります。この点については、ASSABの担当者にご相談下さい。

表面

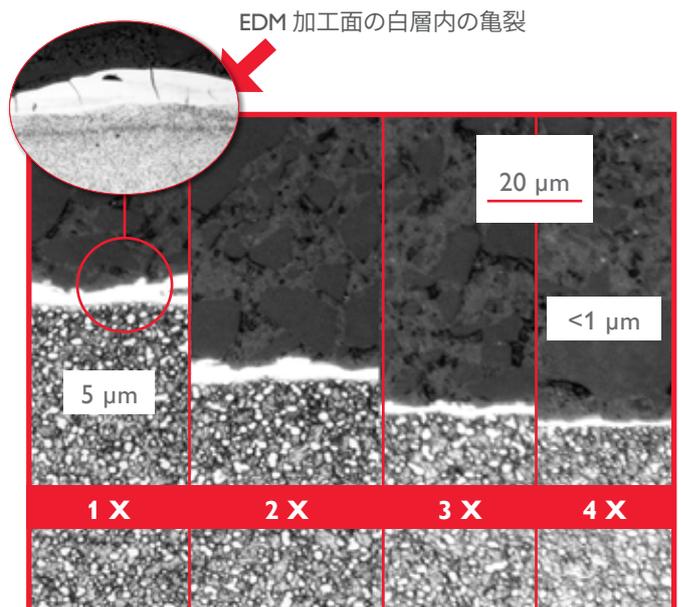
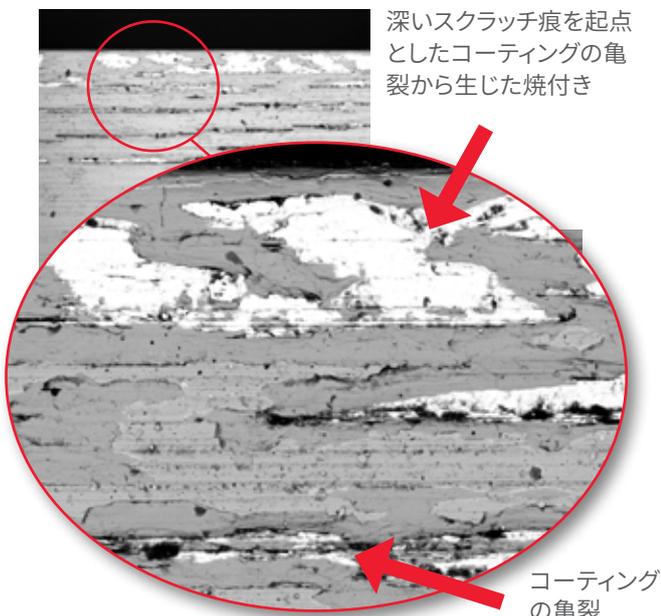


研削面に深く残ったスクラッチ痕の表面プロファイル、
Ra=0.5 μm , Rz=4.0 μm



#600で研摩した後の表面プロファイル、
Ra=0.1 μm , Rz=1.0 μm

亀裂



WEDMの熱影響部は除去する必要があります。微細亀裂を含み、応力レベルが高い熱影響部を少なくするためには、3~4パスが必要です。

3. 工具鋼とコーティングの選択

PVD コーティングに適した冷間工具鋼の例

PVD コーティングに適した工具鋼

ASSAB 鋼種	耐チッピング性	圧縮強度	標準的な使用硬さ
比較材 JIS SKD11/AISI D2 /W.-Nr. 1.2379	■	■	58–61 HRC
Caldie	■■■■■	■■	58–61 HRC
ASSAB 88 (Sleipner)	■■■	■■■	60–64 HRC
Vanadis 4 Extra SuperClean	■■■■■	■■■	60–64 HRC
Vanadis 8 SuperClean ¹⁾	■■■■■	■■■	60–64 HRC
Vancron SuperClean ²⁾	■■■■■	■■■	60–64 HRC
ASSAB PM 30 SuperClean	■■■	■■■■■	65–67 HRC
ASSAB PM 60 SuperClean	■■	■■■■■	67–69 HRC

比較材 ■ OK ■■ 良好 ■■■ 優良 ■■■■ 最良 ■■■■■

¹⁾ 耐引掻摩耗性が重要な用途の最初の候補

²⁾ 耐凝着摩耗性が重要な用途の最初の候補

最適なPVDコーティングの例

コーティング	色	用途
Duplex-VARIANTIC-700	オールドローズ	めっき無し鋼板(< 700 N/mm ²)の成形とトリミング
Duplex-VARIANTIC-1000	ダークゴールドロッド	めっき無し鋼板(< 1000 N/mm ²)の成形
Duplex-VARIANTIC-1400	ゴールド	めっき無し鋼板(< 1400 N/mm ²)の成形とトリミング
Duplex-TIGRAL	ダークグレー	めっき無し鋼板(< 1200 N/mm ²)の成形とトリミング
DUMATIC	レディッシュグレー	ステンレス鋼の成形
CARBON-X	ブラック	アルミニウムの成形
CROSAL-plus	スレートグレー	ファインブランキング

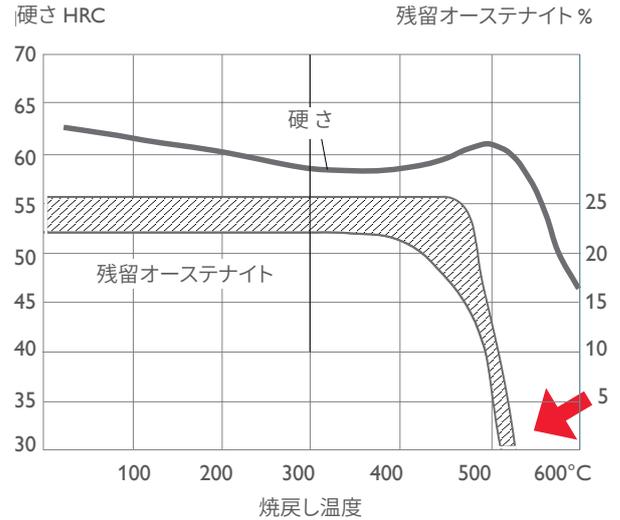
4. 熱処理

熱処理で最も重要なのは、コーティング処理温度（通常450°C前後）および残留オーステナイト存在域（右図参照）よりも高い温度で焼戻しを行うことです。

標準的なJIS SKD11/ AISI D2 / W.-Nr. 1.2379工具鋼の課題は、高硬度を得るためには500°C~510°C付近で焼戻しを行う必要があるため、変寸が生じることです。

ミクロ組織中の残留オーステナイトは、コーティング処理や工具の使用中に、マルテンサイトに変態します。その結果、工具が膨張し、目標の寸法公差を超えてしまう場合があります。

JIS SKD11/AISI D2/W.-Nr. 1.2379は、化学組成の範囲が比較的広いいため、残留オーステナイトを回避するための最低焼戻し温度が定義できません。したがって、安全サイドで温度を設定する必要があります。詳細は、各鋼材のカatalog等を参照して下さい。



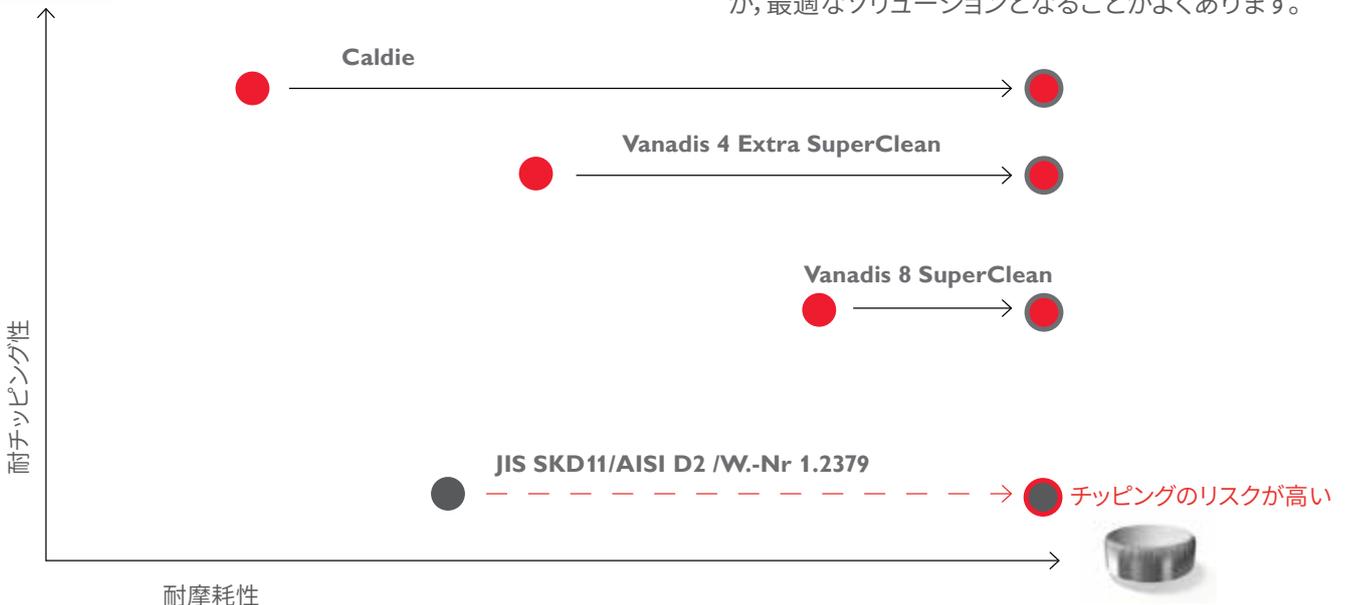
矢印はJIS SKD11, AISI D2 /W.-Nr 1.2379について、残留オーステナイトを回避するための最低焼戻し温度を示します。

超ハイテン材の成形, トリミングの例

超ハイテン材が、自動車のホワイトボディ (BIW) 構造に広く使われるようになってきました。これに伴い、工具の観点から見ると、高性能な工具鋼の需要が急速に高まっています。

従来のダイス鋼や高速度鋼は、例えば、耐摩耗性は高いものの耐チップング性は低い等、一つの特

性に特化した鋼種が多くなっています。したがって、このような鋼種を超ハイテン材の加工に使用すると、工具には大きな荷重が繰返し加わるため、破損のリスクが高まります。生産性を向上し、予期しない操業停止が無い予測可能な工具寿命を実現するには、幅広い特性を備えた工具鋼が必要です。ハイテン材を使用する用途で生じる問題に対しては、高性能な工具鋼とPVDコーティングの組み合わせが、最適なソリューションとなることがよくあります。



優れた耐チップング性と耐摩耗性

ハイテン材の成形とトリミングには、PVDコーティングと組み合わせたCaldieが一般的に使われます。右図は、CR1000Y1370T-CH, t=1.5mmを使用した部品100,000個をトリミングした後の状態を、Duplex PVDコーティングしたCaldieを使用した工具と、従来の工具とで比較したものです。

耐チップング性を極端に低下させることなく、高い圧縮強度や耐摩耗性が工具鋼に求められる場合には、Vanadis 4 Extra SuperClean および Vanadis 8 SuperClean が最適です。。



AISI D2 / W.-Nr.-1.2379, コーティング無し



Caldie + Duplex-VARIANTIC 1000

下図は、CR850Y1180T-DH を使用した Bピラー 1400個を成形した後の工具です。従来の工具と比較しています。



AISI D2/ W.-Nr. 1.2379コーティングなし。摩耗痕が認められる。



Caldie+Duplex-VARIANTIC 1000
では 摩耗痕が認められない。¹⁾



¹⁾ シート材は voestalpine Steel Division 製造。工具製作および成形は voestalpine Metal Forming Division.



コーティングの性能を 最大限に発揮する

プラスチック成形は厳しい要件が求められる製造技術のため、金型に適した鋼種選択が重要です。

ASSAB はプラスチック金型に適した鋼種を 数多く揃えています。

- プレハードン鋼とホルダー用鋼。
- 総焼き鋼。
- ステンレス鋼。

プラスチック金型にPVDコーティングの適用することで、射出成形、押出、真空成形、ブロー成形金型の寿命を延ばすことが可能です。PVDコーティングに求められる硬さ、均一なマイクロ組織、清浄度を兼ね備えた鋼材を基材に選ぶことが重要です。ASSABのプラスチック金型鋼は、これらの要求を満たし、PVDコーティングに適しています。

鋼種選択により解決できる可能性のある問題

- 過大な静荷重または動荷重による割れや欠け。この場合には、靱性が高い鋼種を使用することが解決策です。
- 材料の降伏点を超える荷重が加わることによる塑性変形。高硬度の鋼種を使用することでのみ解決できます。

PVDコーティングにより解決できる不具合

- ガラス繊維等の樹脂中の硬質粒子による引掻き摩耗。
- 樹脂の付着による離型性の問題
- スライド部品との凝着摩耗やかじり
- PVCやハロゲン系/ハロゲンフリー難燃剤を含む樹脂から生じるガスによる腐食や摩耗
- 難燃剤等の添加剤が金型の表面に付着するために生じるメンテナンスの問題



PVDコーティングに適したプラスチック金型鋼の例

ASSAB鋼種	耐食性	靱性	圧縮強度	標準的な使用硬さ
Nimax	■■	■■■■■	■■	*360-400 HBW
Mirrax 40	■■■	■■■	■■	*360-400 HBW
Stavax ESR	■■■■	■■	■■■	**50-52 HRC
Mirrax ESR	■■■■■	■■■	■■■	**48-50 HRC
Tyrax ESR	■■■■	■■■	■■■■■	**54-58 HRC
Unimax	■■	■■■	■■■■■	**54-58 HRC

* 焼入れ-焼戻しされた状態 (290 – 330 HB) で納入されるため、熱処理は必要ありません。

** 焼鈍し状態で納品される鋼材は、機械加工後に必要な硬度にするために熱処理する必要があります。

プラスチック金型に適したPVDコーティングの例

コーティング	耐摩耗性	耐付着性	色	代表的な特性や提供例	熱可塑性プラスチックの例
CrN	■■■■	■■■■	シルバーグレー	<ul style="list-style-type: none"> ● 非常に良好な耐食性 ● 大気中での耐熱性 (最大600°C) ● 離型性の向上 ● 厚膜が可能 	PA, PC, PBT, PET, PEEK, PPS, PSU, PES, PPE, PPO, TPU
TiN	■■■■■	■■■	ゴールド	<ul style="list-style-type: none"> ● 高硬度 ● 良好な耐食性 ● 大気中での耐熱性 (最大500°C) ● 耐摩損性 (鋳物添加有機材料) 等 	PS, SB, SAN, ABS, ASA, PA, PC, PBT, PET, PMMA, CA, CP, CAP
CARBON-X (DLC) *このタイプのコーティングにはスパッタ装置が必要です。	■■■	■■■■■	ダークグレー	<ul style="list-style-type: none"> ● 良好な耐食性 ● なめらかな表面 ● 低温コーティング (200°C付近) ● 摩擦係数が非常に低い ● スライド部品に適している 	PE, PP, PA

OK ■■ 良好 ■■■ 優良 ■■■■ 最良 ■■■■■

ASSAB の熱間工具鋼

コーティングの性能を 最大限に発揮する

熱間加工に適した熱間工具鋼を選択する際には、鋼種の特徴がとても重要です。熱間加工には、HPDC(高圧ダイカスト)、鍛造、押出、ホットスタンピング等、さまざまな種類があり、それぞれにおいて工具鋼に求められる特性も異なります。特定の鋼種が他の鋼種よりも問題解決に適している場合もあるため、工具鋼は正しく選択する必要があります。

熱間加工に必要な特性

- 良好な延性
- 優れた高温強度
- 良好な焼戻し軟化抵抗
- 優れた高温硬度

鋼種選択により解決できる可能性のある問題

- 大割れやヒートチェック、凹みの問題は、鋼種または硬さを正しく選択することで、解消もしくは軽減できる可能性があります。

PVD コーティングにより解決できる不具合

- コアやイジェクタピン、単純形状のキャビティに発生する溶損や腐食、焼付き
- ホットスタンピングでの引掻き摩耗



熱間工具鋼のコーティングの例

コーティングの名称	皮膜の種類	色	主要な特性	温度限度
Duplex-TIGRAL	AlCrTiN	グレー	<ul style="list-style-type: none"> ● 非常に優れた耐酸化性 ● 高温硬度が高い ● 非常に優れた耐焼付き性 ● 優れた耐溶損性 	900°C
Duplex-CROSAL-plus	AlCrN	スレートグレー	<ul style="list-style-type: none"> ● 非常に高い高温硬度 ● 優れた耐酸化性 ● 非常に優れた耐溶損性 	1100°C

全ての用途に対してコーティングが有効なわけではありません。コーティングのメリットがあるかどうかを判断するために、具体的な用途に応じてコーティングの必要性があります。但し、特定の用途にコーティングを、十分検討して使用することで、金型の寿命を延ばすことができます。下表に、ウォーターゲート用HPDC金型の入れ子と入れ子の例を示します。

コーティングを実施する場合は、まず最適な表面に仕上げるために、48 HRC 以上にすることが必要です。



金型不具合の例	金型部品の種類	工具鋼の例	標準的な使用硬さ	コーティングの例
HPDC での焼付き	コアピン	QRO 90 Supreme	44 - 50 HRC	Duplex-TIGRAL
HPDC での溶損	ゲート部品	Unimax	50 - 54 HRC	Duplex-CROSAL-plus

コーティングの性能を 最大限に発揮する

ASSABのプレミアム工具鋼を機械部品に使用すると、生産性の向上とメンテナンスの頻度の低減が可能になります。適切なPVDコーティングを行うことで、機械部品の寿命を更に延ばすことができます。

ASSAB鋼種	耐チップング性	圧縮強度	標準的な使用硬さ	コーティング	色
Vanadis 4 Extra SuperClean	■■■■■	■■■■■	60-64 HRC	VARIANTIC	オールドローズ
Caldie	■■■■■	■■■■■	58-61 HRC	VARIANTIC	オールドローズ
Unimax	■■■■■	■■■	54-57 HRC	TiN	ゴールド

良好 ■■■■ 優良 ■■■■■ 最良 ■■■■■■

食肉加工

Vanadis 4 Extra SuperClean に VARIANTICコをコーティングしたプレートは、肉挽(ミンチ)機械に最適です。

- 高硬度と低摩擦の組み合わせにより、耐久年数が伸びます
- メンテナンスの負荷が軽減し、生産性が向上します



硬質材料と高硬度鋼の機械加工

温度上昇, 苛酷な機械加工条件, 非常に硬い材料等, 硬質材料の機械加工に求められる要件は, 常に変化を続けており, 課題とチャンス両方を生み出しています。

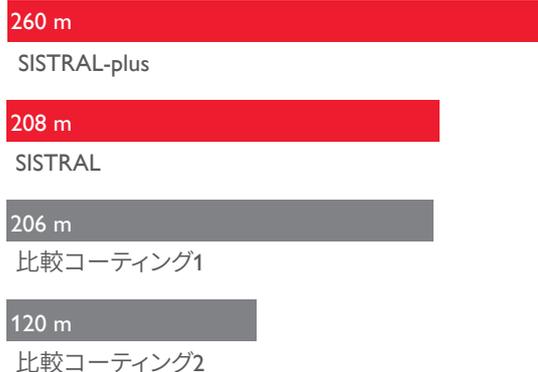
課題

被加工材が焼入れ鋼(最大硬さ 66 HRC)の場合, 切削工具は短寿命になります。このような苛酷な状況は, 航空業界や, プラスチック金型の製造, プラントエンジニアリングの作業現場で一般的に見られます。その結果, 切削工具は非常に高い温度と機械応力の影響を受けます。特に乾式で機械加工を行う場合には, 通常よりも早く摩耗することになります。現在市中で利用できるPVDコーティングの多くは, このような要求レベルが高い使用環境下では, 殆ど効果を発揮できません。

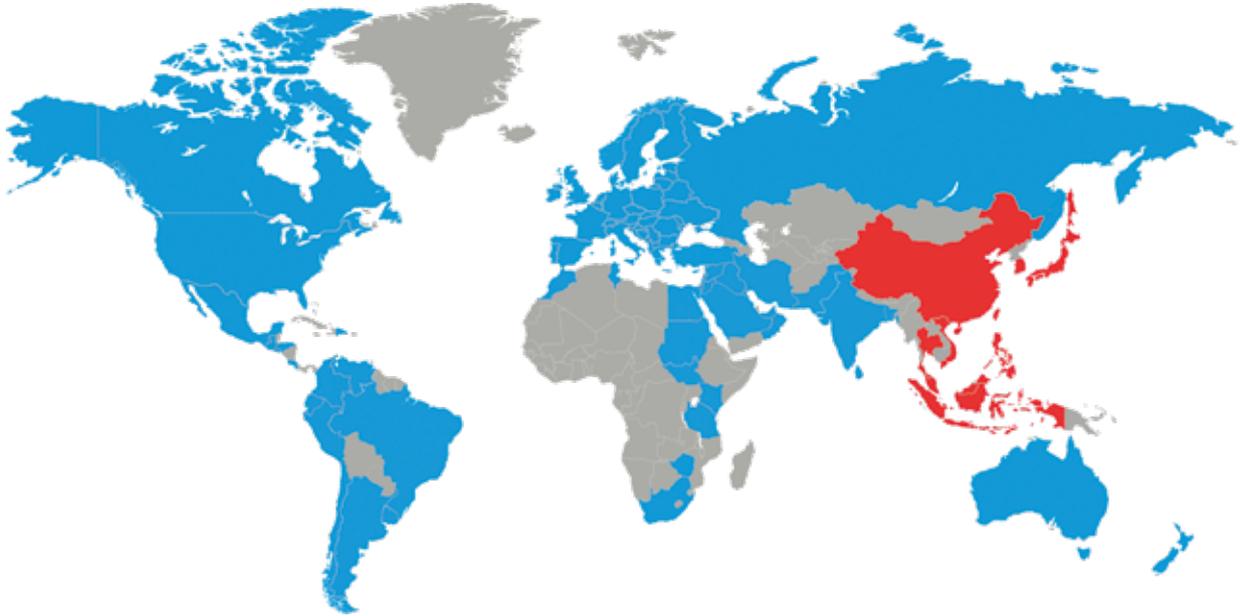
この問題に直面した当社は, 当社の既存のコーティングの一つを改良し, 非常に硬い金属の機械加工に適したSISTRAL-plusを開発しました。

ソリューション

解決策を模索する中, 当社の開発チームは, 当社の製品の中でも高い評価を受けているSISTRALコーティングに改良を加えたバージョンを製造しました。この新しいSISTRAL-plusは, 前のバージョンに近いナノ構造を採用しています。新しいSISTRAL-plusのユニークな皮膜特性によって, 超硬切削工具に対し高い密着性を発揮します。また, 最表面層は摩擦を低減します。このナノ構造コーティングは, 高圧力に対する耐久性は維持したまま, 高温下での耐摩耗性にも優れています。



コーティング	色	膜厚
SISTRAL-plus	青緑	2 - 4 μm
SISTRAL	暗灰色	2 - 4 μm



鋼材選びは非常に重要です。ASSABの販売・技術スタッフは、お客さまが用途に応じた最適な鋼材を選択し、適切な処理を行うサポートができるように努めております。

ASSABは高品質の鋼材を販売するだけでなく、最先端の機械加工、熱処理および表面処理サービスを短納期で提供することで、鋼材の特性を、お客様の要求に見合うように高めることに努めています。ワンストップ・ソリューションという包括的アプローチを用いることにより、他の工具鋼販売会社とは一線を画しています。

ASSABとUddeholmは五大陸全てに存在しています。これは世界中どこでも高品質な工具鋼が入手でき、関連したサービスが受けられることを意味すると同時に、私たちの工具鋼のリーディングサプライヤーとしての立場を揺るぎないものとしています。

詳しくは下記のサイトを参照して下さい。

www.assab.com

