

AHSS に最適な工具鋼 ソリューション

AHSS 用途に特別に考えられた VANADIS 4 EXTRA SUPERCLEAN、
VANADIS 8 SUPERCLEAN、VANCRON SUPERCLEAN



Anders Sahlén – Uddeholm プロダクト マネージャー

概要

現代の製造業、特に自動車産業では、先進高強度鋼（AHSS）を用いるケースが増えており、工具材料への要求はますます高まっています。成形時にかかる大きな負荷、過酷な摩耗、チッピングや焼き付きのリスクが伴うため、最先端のソリューションが求められています。この記事では、AHSS を含む冷間加工用途向けにカスタマイズされた4つの高性能工具鋼、Vanadis 4 Extra SuperClean、Vanadis 8 SuperClean、Vancron SuperClean、Caldie の性能をご説明します。

これらの工具鋼は、粉末冶金法（PM）とエレクトロスラグ再溶解（ESR）などの高度な製鋼技術を活用することで、十分な延性と寸法安定性を維持しつつ、引掻き摩耗、凝着摩耗（焼き付き）、疲労割れに対する優れた耐性を発揮します。Vanadis 4 Extra SuperClean は靱性と耐摩耗性をバランスよく備え、Vanadis 8 SuperClean は厳しい摩耗条件下で優れた耐性を発揮し、Vancron SuperClean は耐焼き付き性に優れ、Caldie は中程度から高負荷までのAHSS 用途で優れた耐チッピング性を発揮します。すべてコーティングを追加することで、金型寿命をさらに延ばすことができます。

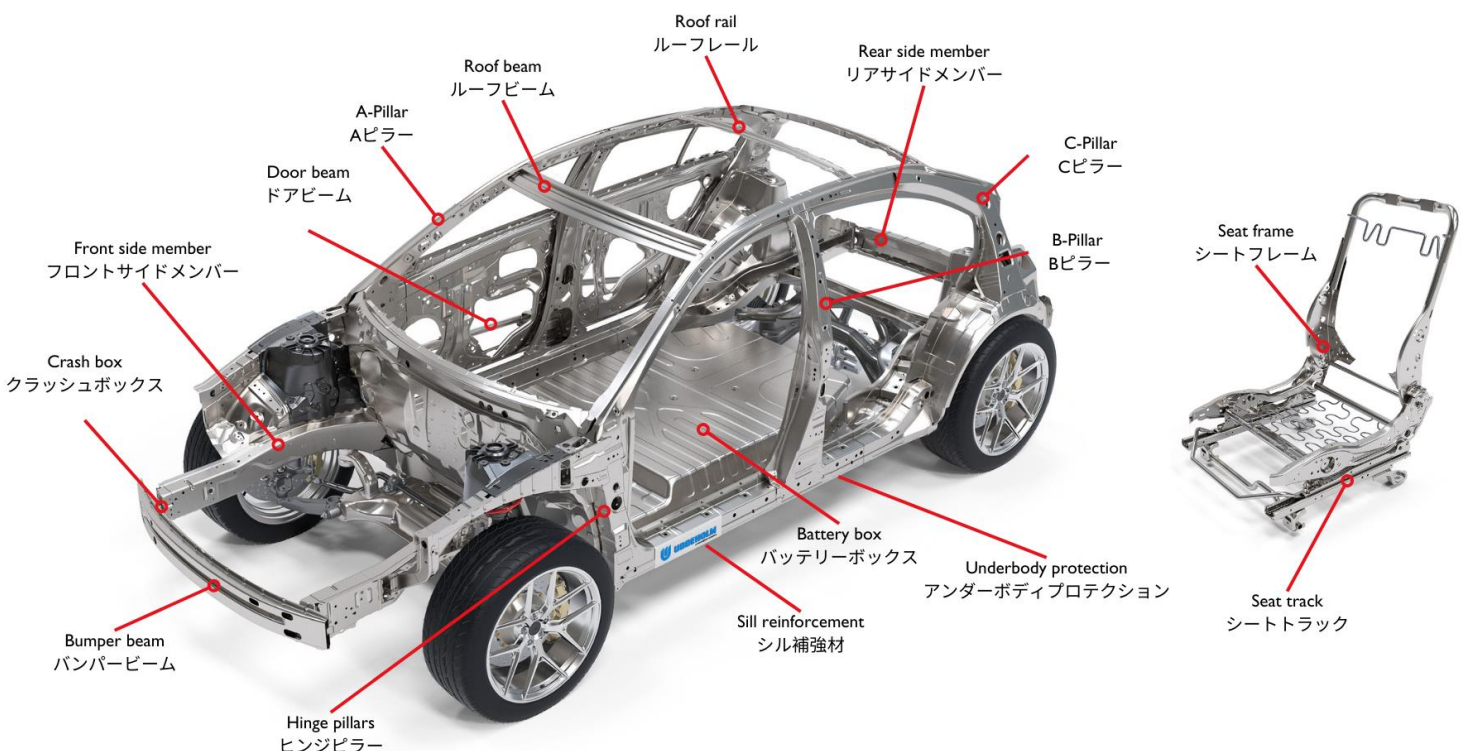
この記事では、機械特性、破損要因、適用事例などの詳細な分析を通じて、最適な工具鋼を選択することで、金型寿命を延ばし、ダウンタイムを短縮し、厳しい要件が求められるAHSS 成形およびブランキングの生産性を最適化する仕組みについて説明します。

先進高強度鋼 (AHSS)

持続可能性、効率性、安全性は、現在の世界中の製造業、特に自動車産業において重要視されています。先進高強度鋼 (AHSS) は、これらの目標を達成する上で重要な役割を果たし、大幅な軽量化を可能にするだけでなく、高い強度と衝突安全性能を実現します。AHSS の登場により、自動車メーカーはより軽量で安全、かつ燃費の良い自動車を製造できるようになり、その結果、排出量と全体的な環境フットプリントの低減が可能になりました。



厳しい排出ガス規制と、コスト効率の高い軽量化設計の必要性が高まり、AHSS の使用は急速に拡大しています。AHSS は、電気自動車 (EV) やハイブリッド車向けの B ピラー、クラッシュビーム、バッテリーエンクロージャなどの自動車構造部品の製造の基礎材料として使われるようになりました。この傾向は世界中で加速しており、持続可能性の目標と政府指令によって自動車業界の状況は変わりつつあります。



しかし、AHSS に問題がないわけではありません。高い強度と高度なミクロ組織により、特に成形、ブランクング、パンチングなどの冷間形成の場合、加工はより厳しくなります。これらの課題は、いくつかの重要な形で現れます。

摩耗: AHSS は高硬度なため、金型の摩耗が増加し、成形中、強靱な工具鋼はサンドペーパーのように、金型の表面が急速に損傷し、削り取られます。そのため、金型はすぐに摩耗し、刃先が脆くなり、成形作業の効果が低下します。

凝着摩耗（焼き付き）: コーティングされた AHSS またはステンレス AHSS を成形する場合、金型と材料の間に過度の摩擦が生じ、材料が金型の表面に付着することがあります。これにより、表面に粗い破断面ができ、金型と被削材のどちらにも損傷を与えます。

チッピングとクラッキング: AHSS の加工時に生じる強力な機械的負荷により、チッピング（金型のエッジから小さな破片が剥がれる）やクラッキング（繰り返し負荷がかかり小さな亀裂が入り拡大していく）が発生する可能性があります。これは、ブランクングまたはスタンピングの加工中に発生することが多く、金型の寿命と精度を低下させます。

塑性変形: AHSS 成形およびブランクング加工中にかかる接触圧力により、標準の工具鋼は塑性的に曲がったり、凹んだりすることがあります。このような変形により金型の形状と精度が損なわれ、部品の品質が低下し、メンテナンスの頻度も多くなります。

AHSS は強度に優れているため、金型の形状がそのまま保たれる、塑性変形せずに形状維持するなどの場合を問わず、生産中に材料と金型がどのように相互作用するかは、AHSS の独自のミクロ組織によって異なります。フェライト、マルテンサイト、ベイナイト、オーステナイトの各相にはそれぞれ独自の課題があり、摩耗、固着、変形によって金型の性能に影響を及ぼします。

代表的な AHSS シートとその構造

AHSS のタイプ	構造	標準的な強度 (MPa)
二相 (DP)	フェライト + マルテンサイト	500–1000
複合相 (CP)	フェライト + ベイナイト + マルテンサイト	780–1000
マルテンサイト (MS)	マルテンサイト	1100–1400
フェライト-ベイナイト (FB)	フェライト + ベイナイト	600–800
TRIP	フェライト + ベイナイト + オーステナイト	500–700
TWIP	オーステナイト + 双晶	900–1200

表 1. AHSS シートの種類とそのミクロ組織

フェライト: 固着すると、焼き付きの原因となり、凝着摩耗につながります。

マルテンサイト: 引掻き摩耗とエッジのチッピングの原因になります。

ベイナイト: 引掻き摩耗と凝着摩耗がともに生じます。また、固着が見られることもあります。

オーステナイト、特に TRIP 鋼と TWIP 鋼に含有される場合、加工硬化率が高いことから生じる塑性変形と局所的な応力損傷を引き起こします。

以下は、1.5 mm 厚の一般的な AHSS シートを Vanadis 4 Extra でブランピングした後の例です。

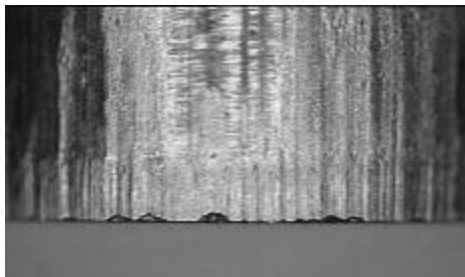


図 1. AISI D2、50,000 個の部品

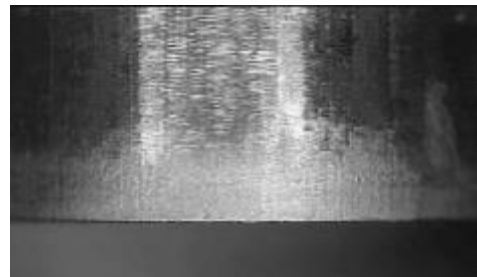


図 2. Vanadis 4 Extra SuperClean、50,000 個の部品

従来型の鋼材では、需要の高まる AHSS への対応が難しく、コスト高となる金型の故障、ダウンタイム、メンテナンスの増加につながるがよくあります。

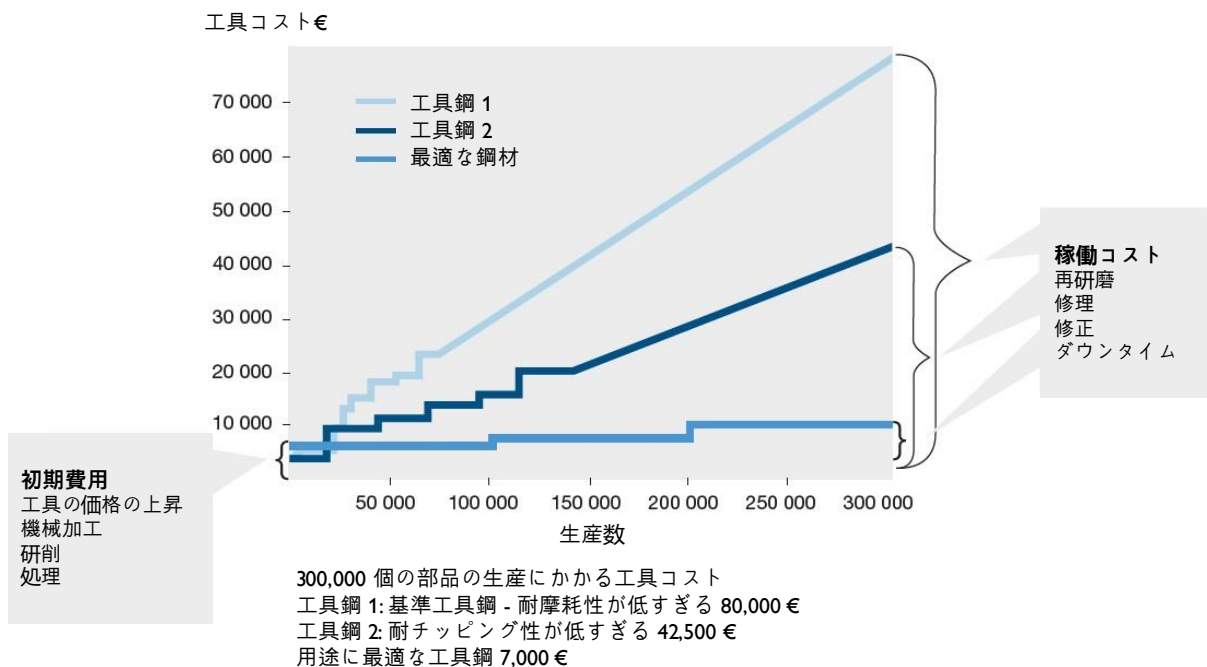


図 3: 金型の総コストに関する懸念事項。線内のステップは金型更新にかかるコストを示します。

AHSS 向けの ASSAB ソリューション

ASSAB は、AHSS 向けに特別に設計した高性能ソリューションを使って、課題に取り組んできました。現在、ASSAB が提供する優れた工具鋼は、Caldie、Unimax、Vanadis 4 Extra、Vanadis 8 SuperClean、Vancron SuperClean の 5 種です。これらの鋼種には、AHSS を成形および切断する際の、独自の特性、メリット、最適な用途があります。

粉末冶金（PM）鋼

粉末冶金法（PM）は、工具鋼製造の進化の頂点です。従来の溶製法とは異なり、PM では微細な炭化物が均一に分散されるため、優れた耐摩耗性、靱性、均質な組織を可能にします。このため、PM 鋼は、AHSS のブランキングや成形など、極めて高い性能が要求される用途に最適なソリューションになっています。

Vanadis 4 Extra SuperClean

Vanadis 4 Extra は、クロム–モリブデン–バナジウム系合金鋼で、炭化物を均一に分散させたマイクロ組織を形成します。この厳密に制御された PM 処理により、次のような特性の材料を製造できます。

高い耐引掻き摩耗性と耐凝着摩耗性: 炭化物が細かく分散されているため、AHSS を使ったブランキングおよび成形作業で特に、摩耗に高い耐性を示します。

優れた延性と耐チップング性: 脆性破壊が壊滅的な結果をもたらす可能性がある場合、延性に優れた Vanadis 4 Extra は、特に高い繰返し負荷がかかる条件下で、チップングやクラッキングのリスクを大幅に軽減します。



図4. PM23系、60-62 HRC との4点曲げ試験の比較

寸法安定性: 熱処理中の歪みを最小限に抑え、成形中の経年変化の影響も最小限に抑えられるため、高い精度が求められる用途に欠かせない金型の精度と一貫性を維持できます。

製造性と実用性

Vanadis 4 Extra は、製造という観点から見ると、機械加工性と研削性において大きなメリットがあります。高合金工具鋼に、これらの特性が必ずしも備わっているとは限りません。この特性を利用すると、金型の製造と仕上げ処理を効率化できるため、製造メーカーは高額な加工コストをかけずに厳しい寸法公差を維持できます。

Vanadis 4 Extra SuperClean は、AHSS を使用することで、金型材料に厳しい要件が求められる次の用途に最適です。

- 早期の故障を防ぐために耐摩耗性と延性をバランスよく兼ね備えていなければならない、繰返し負荷がかかる金型。
- 成形中に高い機械的応力がかかるため、耐塑性変形性と耐疲労亀裂性が求められる金型。
- Vanadis 4 Extra SuperClean は、前述の厳しい加工環境でも高い性能を維持できるため、十分な耐久性が備わっていない従来の工具鋼に代わる「万能型」の工具鋼です。

Vanadis 8 SuperClean

Vanadis 8 SuperClean は、バナジウム含有量が高く、組成が最適化されているため、微細な炭化物を均一に分散した工具鋼です。この高度なミクロ組織により、優れた耐摩耗性を発揮し、長時間の生産や研磨が伴う厳しい用途に特に適しています。

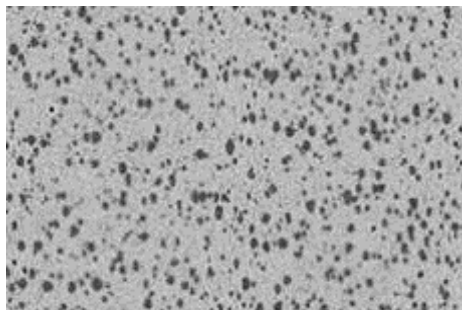


図5. Vanadis 8 SuperClean、15% MC 炭化物

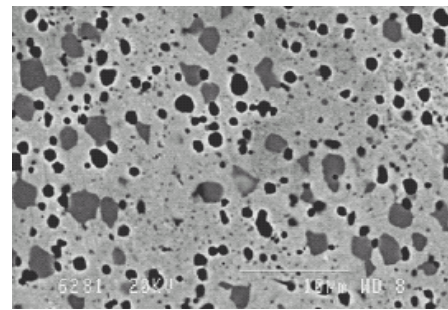


図6. 13% (9% MC+ 3% M7C) の多様なサイズの炭化物を含むPMグレード

炭化物構造が金型の寿命を延ばす

Vanadis 8 SuperClean は、微細なバナジウム炭化物を多く含有しているため、耐摩耗性を最大限に高めることができます。これは、AHSS のような硬く研磨性のある材料を扱う場合に重要です。微細炭化物は保護膜として機能し、金型表面に硬い粒子を滑らせるときに発生するマイクロ研削から保護します。

Vanadis 8 SuperClean で製造した金型の場合、鋭い刃先と寸法精度を長期間維持できます。高速度鋼に含まれる大きくて粗い混合炭化物は応力集中を起し、チップングや亀裂の原因となる可能性があります。Vanadis 8 SuperClean に含まれる細かく均一に分散された炭化物はこのリスクを最小限に抑えます。

同時に、均質で非常にクリーンな構造により工具鋼の延性が向上するため、チッピングやクラッキングのリスクなく、高い負荷を吸収します。
高い硬度を持つ微細な炭化物により、早期の刃先摩耗に対する耐性が向上し、高い負荷がかかる条件下でも金型寿命を延ばすことができます。

この特性の組み合わせを備えた Vanadis 8 SuperClean は、AHSS のブランキングやパンチング処理など、金型に極度の摩耗と高い応力がかかる長時間の生産に最適な工具鋼です。

Vanadis 8 SuperClean は、炭化バナジウムの硬度と安定性を活かし、金型寿命を延ばすだけでなく、全体的な製造効率を改善し、金型のメンテナンスと交換の必要性を低減します。

Vancron SuperClean

Vancron SuperClean は、窒素添加粉末冶金鋼で、窒素を含有する独自の合金組成と粉末冶金法（PM）の組み合わせにより、高性能工具鋼の中で最も優れた鋼種となっています。高度なマイクロ組織により、耐摩耗性と耐焼き付き性をバランスよく備えた Vancron SuperClean は、焼き付きなどの凝着摩耗が主な問題となる成形およびブランキングに特に効果を発揮します。



図7.スタンピングパンチで重度の焼き付きが生じた例

窒素を豊富に含む炭窒化物 – 耐焼き付き性を発揮

窒素を添加することで、窒素を豊富に含有する炭窒化物を形成し、マトリックス内に自然な低摩擦表面ができます。時間の経過とともに摩耗したり剥離したりする可能性のある外部コーティングとは異なり、これは材料そのものがもつ固有の特性です。滑らかな低摩擦の表面は、金属と金属の間の接着を最小限に抑えるため、特にコーティングした AHSS（亜鉛メッキ鋼やアルミニウムメッキ鋼など）を扱う場合に、高い接触圧力や滑り条件下での焼き付きリスクを軽減できます。

細かく分散されたバナジウム炭窒化物は、耐摩耗性にも優れています。これにより、非常に摩耗しやすい環境でも、長期間の生産工程で金型の刃先の完全性と性能を維持できます。

Vancron SuperClean は、信頼できる長期の工具性能が不可欠な用途に特に適しています。

- 亜鉛メッキ（GI/GA）またはアルミニウムメッキシートなどのコーティングされた AHSS 用の成形金型。
- 低摩擦かつ高い耐エッジ摩耗性が求められるブランピングおよびパンチング用金型。
- 高い滑り圧力と表面接触を伴う複雑なスタンピングおよび成形。

Vancron SuperClean を用いると、追加のコーティングが不要になるため、金型のメンテナンスを簡素化すると同時に、一貫した性能を実現できます。自己潤滑性により、被削材が金型に付着する可能性のある用途に固有の効果を発揮し、金型の早期故障や交換のリスクがなくなります。

まとめ

現代の製造業では、先進高強度鋼（AHSS）を用いるケースが増えていますが、これは特に、摩耗、焼き付き、チッピングが生じる可能性のある工具鋼の大きな問題になっています。ASSAB の高性能工具鋼である Vanadis 4 Extra SuperClean、Vanadis 8 SuperClean、Vancron SuperClean は、これらの問題に対処し、厳しい条件が求められる冷間加工用途で金型寿命を延ばすことを目的に特別に開発されました。

Vanadis 4 Extra SuperClean は、優れた耐摩耗性と靱性をバランスよく備え、耐久性と耐チッピング性の両方が求められる用途に幅広く利用されています。

Vanadis 8 SuperClean は、摩耗が激しい環境で優れた性能を発揮し、長時間の生産工程でも優れた刃先保持力と金型寿命を実現します。

Vancron SuperClean は、窒素を豊富に含有する炭窒化物を使用しており、固有の耐焼き付き性を備え、コーティングの必要性を低減し、コーティングされた AHSS の形成に特に効果的です。

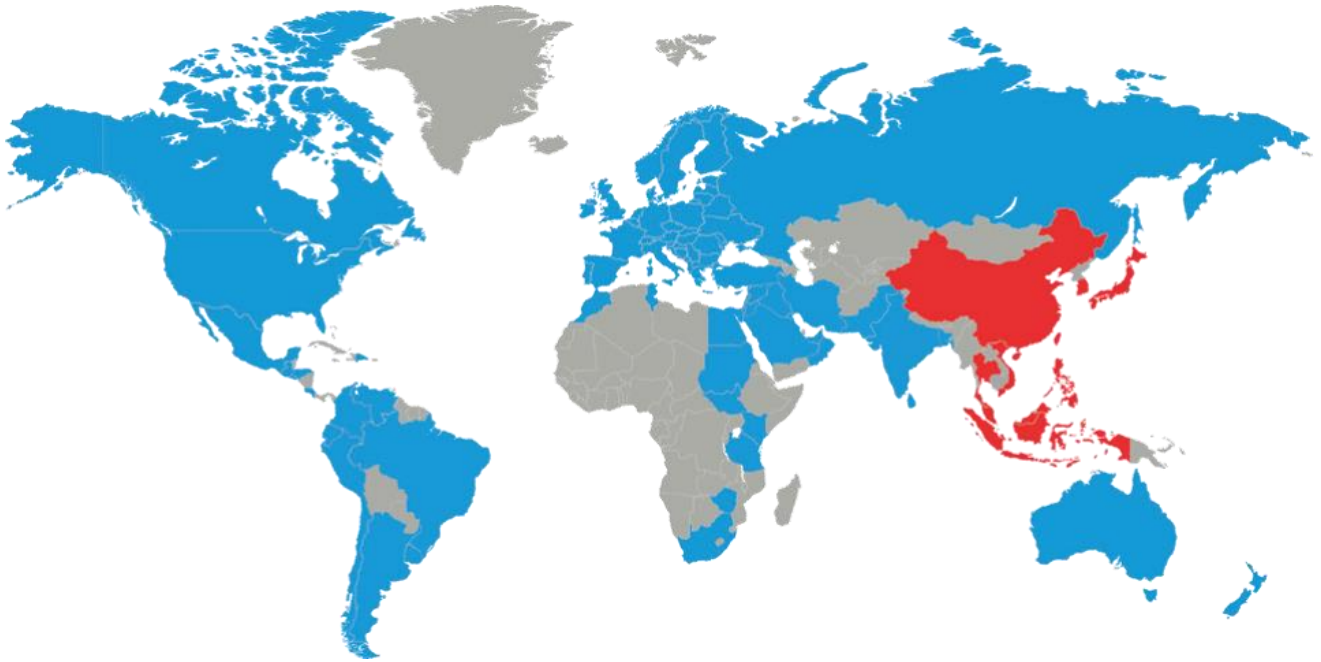
製造メーカーは、焼き付き、引掻き摩耗、チッピングなど、特定の課題に最適な工具鋼を選択することで、AHSS 材料を扱う際に生産性を向上させ、ダウンタイムを削減し、一貫した高品質のものを製造できます。

Vanadis 4 Extra SuperClean、Vanadis 8 SuperClean、Vancron SuperClean を使用するタイミング			
工具鋼	最大のメリット	用途	最適な用途
Vanadis 4 Extra SuperClean	バランスのとれた靱性と耐摩耗性	AHSS 向けブランピング、成形、スタンピング用工具	早期破損を防ぐために靱性と耐摩耗性を必要とする用途。
Vanadis 8 SuperClean	優れた耐引掻き摩耗性	大量の AHSS のブランピングとパンチング	最大限の刃先保持が重要となる、引掻き摩耗が激しい環境。
Vancron SuperClean	優れた耐焼き付き性、低摩擦	コーティングされた AHSS（亜鉛メッキなど）用の成形金型	凝着摩耗（焼き付き）が多く、コーティングは実用的なオプションではない用途。

表 2. さまざまな環境で採用される ASSAB ソリューション

製造メーカーは、これらの高度な工具鋼の独自の特性を活用することで、工具の性能を最適化し、AHSS 材料にともなうさまざまな課題に対処することができます。





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は、工具鋼業界で350年以上の経験を持つスウェーデンの製鋼メーカーUddeholmの東アジアにおける販売ネットワークを形成しています。どちらも、1995年からウィーン証券取引所に上場している、オーストリアを拠点とする有力企業であるvoestalpine AGの重要な一部です。私たちは共に、鉄鋼および技術分野における主要なプレーヤーとして、多様な製品とサービスを提供しています。

詳しくは下記のサイトを参照して下さい。

www.assab.com

