



CALDIE

UDDEHOLM CALDIE

ASSAB 	UDDEHOLM <small>a voestalpine company</small>	標準規格		
		AISI	WNr.	JIS
ASSAB DF-3	ARNE	O1	1.2510	SKS 3
ASSAB XW-10	RIGOR	A2	1.2363	SKD 12
ASSAB XW-42	SVERKER 21	D2	1.2379	(SKD 11)
CALMAX / CARMO	CALMAX / CARMO		1.2358	
VIKING	VIKING / CHIPPER		(1.2631)	
CALDIE	CALDIE			
ASSAB 88	SLEIPNER			
ASSAB PM 23 SUPERCLEAN	VANADIS 23 SUPERCLEAN	(M3:2)	1.3395	(SKH 53)
ASSAB PM 30 SUPERCLEAN	VANADIS 30 SUPERCLEAN	(M3:2 + Co)	1.3294	SKH 40
ASSAB PM 60 SUPERCLEAN	VANADIS 60 SUPERCLEAN		(1.3292)	
VANADIS 4 EXTRA SUPERCLEAN	VANADIS 4 EXTRA SUPERCLEAN			
VANADIS 8 SUPERCLEAN	VANADIS 8 SUPERCLEAN			
VANCRON SUPERCLEAN	VANCRON SUPERCLEAN			
ELMAX SUPERCLEAN	ELMAX SUPERCLEAN			
VANAX SUPERCLEAN	VANAX SUPERCLEAN			
ASSAB 518		P20	1.2311	
ASSAB 618 T		(P20)	(1.2738)	
ASSAB 618 / 618 HH		(P20)	1.2738	
ASSAB 718 SUPREME / 718 HH	IMPAX SUPREME / IMPAX HH	(P20)	1.2738	
NIMAX / NIMAX ESR	NIMAX / NIMAX ESR			
VIDAR 1 ESR	VIDAR 1 ESR	H11	1.2343	SKD 6
UNIMAX	UNIMAX			
CORRAX	CORRAX			
ASSAB 2083		420	1.2083	SUS 420J2
STAVAX ESR	STAVAX ESR	(420)	(1.2083)	(SUS 420J2)
MIRRAX ESR	MIRRAX ESR	(420)		
MIRRAX 40	MIRRAX 40	(420)		
TYRAX ESR	TYRAX ESR			
POLMAX	POLMAX	(420)	(1.2083)	(SUS 420J2)
ROYALLOY	ROYALLOY	(420 F)		
COOLMOULD	COOLMOULD			
ASSAB 2714			1.2714	SKT 4
ASSAB 2344		H13	1.2344	SKD 61
ASSAB 8407 2M	ORVAR 2M	H13	1.2344	SKD 61
ASSAB 8407 SUPREME	ORVAR SUPREME	H13 Premium	1.2344	SKD 61
DIEVAR	DIEVAR			
QRO 90 SUPREME	QRO 90 SUPREME			
FORMVAR	FORMVAR			

() - 改良鋼種

「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 20200409

Caldie

工具鋼の要求特性の変化

超ハイテン材のような金型への負荷が大きい被加工材（ワーク材）の利用は拡大しており、金型には高荷重や引掻き摩耗、凝着摩耗への耐久性が求められています。金型にコーティングが必要となる場合も多く、金型材料は各種のコーティングの基材として適していることが求められます。

問題解決のための材料

Caldieは苛酷な冷間加工用途向けに開発されたESR鋼です。

マトリックス系で清浄度が高く、均質なマイクロ組織により、圧縮強度、耐摩耗性、耐チップング性／割れ性のバランスに優れています。熱処理特性と高い疲労強度により、Caldieは、表面処理の基材としても適しています。

多用途に使用できる材料

Caldieの特長には、優れた溶接性、鋳造性、焼入れ性、機械加工性、研削性も含まれています。これらの特性により、様々な経済的な金型製作、金型使用、メンテナンスに係る手法が利用できます。特に大きな金型で有効です。

一般特性

Caldie はクロム-バナジウム-モリブデン系の合金鋼で以下のような特長があります。

- 非常に優れた耐チッピング性・耐割れ性
- 優れた耐摩耗性
- 高い硬さ(高温焼戻し後60HRC以上)
- 優れた寸法安定性(熱処理時および使用時)
- 優れた焼入れ性
- 優れた切削性・研削性
- 優れた磨き性
- 優れた表面処理性
- 優れた焼戻し軟化抵抗
- 非常に優れたワイヤ放電加工特性

代表的分析値%	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
	0.7	0.2	0.5	5.0	2.3	0.5
標準規格	なし					
納入状態	軟化焼鈍材:約 215HB					

用途

Caldieは高い圧縮強度(硬さ60HRC以上)が要求され、チッピングや割れが問題になる小ロット～中ロットの工具に適しています。従って、Caldieはハイテン材の打ち抜きや成形のような60 HRC 以上の硬さと耐割れ性のバランスが必要となる過酷な冷間加工用工具に適用されます。

Caldieは表面処理が必要となる用途の基材としても適しています。

冷間加工への適用例

- チッピングや割れ防止のため、高い延性・韌性が要求される打抜き加工
- 高い圧縮強度と耐チッピング・耐割れ性のバランスが必要とされる冷間鍛造・成形
- 工業用切断刃
- ネジ転造ダイス
- 表面処理の基材

コンポーネント分野

Caldieは、高い圧縮強さと同時に、高い延性・韌性が要求される工業部材に使用可能です。樹脂や金属の粉碎刃や成形用ロール等が適用例です。

特性

以下に示す特性値は203x80もしくは102mmφの材料の中心部から採取した試験片の代表値です。特に記述が無い場合、真空炉中で、焼入れ温度1025°C、ガス冷却により焼入れ後、525°Cで2時間の焼戻しを2回行い、硬さ60-62HRCに調整しています。

物性値

硬さ 60 - 61 HRC に焼入れ-焼戻した材料

温度	20 °C	200 °C	400 °C
密度 kg/m ³	7 820	-	-
縦弾性係数 MPa	213 000	192 000	180 000
熱膨張係数, /°C, 20°C からの値	-	11.6 × 10 ⁻⁶	12.4 × 10 ⁻⁶
熱伝導率 W/m °C	-	24	28
比熱 J/kg °C	460	-	-

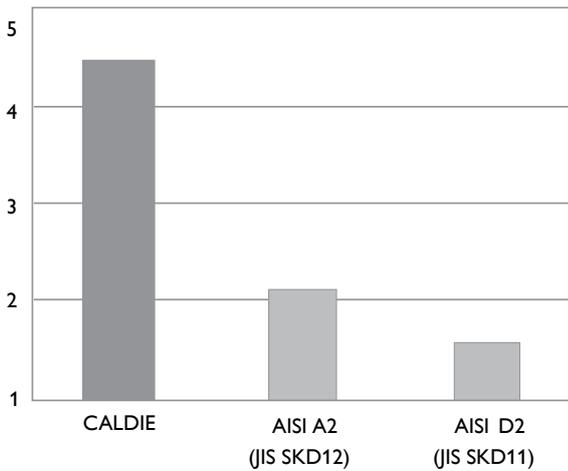
圧縮降伏強さ

室温における各硬さでの圧縮降伏強さの概略値

硬さ HRC	圧縮降伏強さ R _{c,0.2} (MPa)
58	2 230
60	2 350
61	2 430

耐チップング性

Caldie, AISI A2(JIS SKD12.), AISI D2 (JIS SKD11)の耐チップング性の相対比較



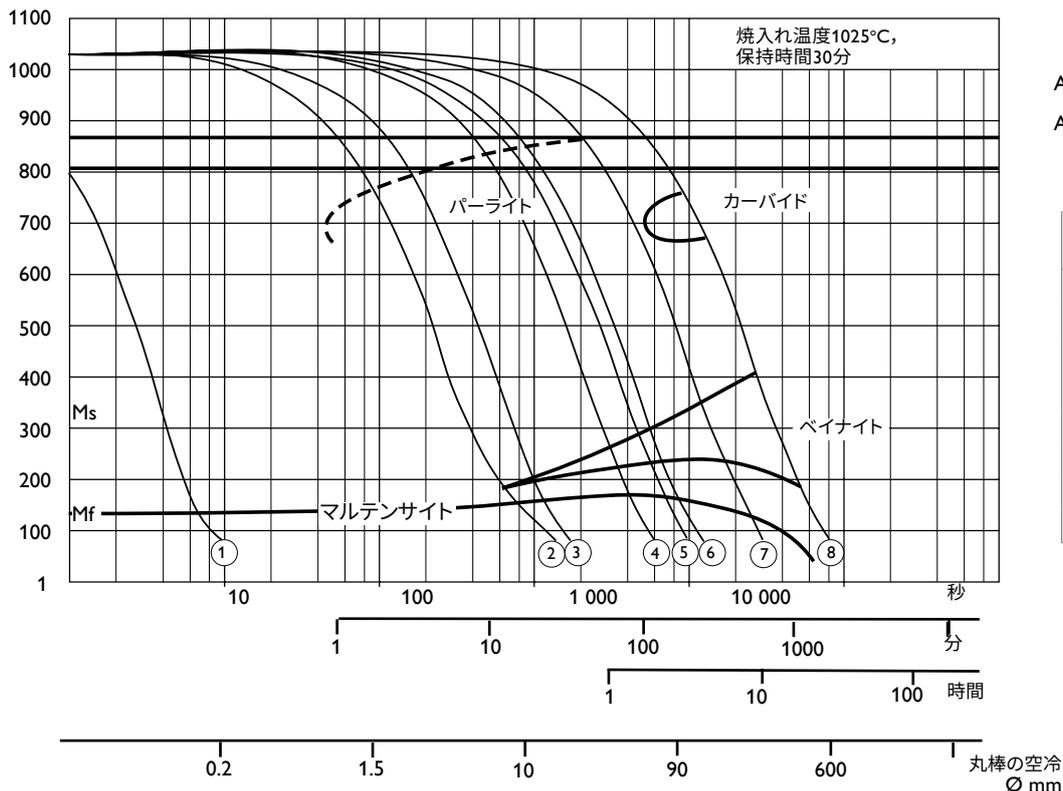
熱処理

軟化焼鈍

材料の表面を保護し、820°Cに加熱し、材料全体がこの温度に達するのを待ちます。全体が均熱するまでの時間は材料の大きさによって異なります。その後650°Cまで毎時10°Cの冷却速度で炉冷し、その後、大気放冷します。

CCT - 曲線

焼入れ温度1025°C, 保持時間30分
°C



$A_{C1f} = 870\text{ }^{\circ}\text{C}$

$A_{C1s} = 805\text{ }^{\circ}\text{C}$

冷却曲線 No.	硬さ HV 10	T ₈₀₀₋₅₀₀ 秒
1	824	2
2	813	140
3	803	280
4	803	1 030
5	792	1 596
6	690	2 325
7	525	5 215
8	464	13 850

応力除去

粗加工後、工具の応力除去処理の実施を推奨します。650°Cで2時間保持後、500°Cまで徐冷し、その後、大気放冷します。

焼入れ

予備加熱温度：600-650°Cと850-900°C。断面が厚さ150mmを超える大きな金型の場合には、3段目の予備加熱を930°Cで実施することを推奨。

焼入れ温度：1000-1050°C。断面が150mmを超える大きな金型の場合には通常1020°C。

保持時間：30分

保持時間：工具全体が焼入れ温度に達してからの経過時間。保持時間が推奨より短い場合、硬さの低下に繋がります。

脱炭・酸化の防止策が必要です。

冷却媒体

- 高速ガスまたは衝風
- 約 500 - 550 °C のマルテンパー浴
- 真空炉 (加圧高速ガス)

注) 工具の温度が 50 - 70 °C に達したら直ちに焼戻しを行って下さい。

一般に焼入れ速度は、変形が発生しない範囲で、できる限り速くすることが工具鋼の特性にとっては好ましいです。

焼入れ速度が遅いと、焼戻し曲線に示されている硬さよりも実際の硬さが低くなります。

工具の肉厚が 50 mm 以上の場合、マルテンパー後に強制空冷が必要です。

焼戻し

焼戻し曲線を参照して、目的の硬さに対応する焼戻し温度を選びます。焼戻しは室温までの冷却を中間に入れて、2 回以上行います。経年変化、延性を重視する場合には、540 °C 以上の焼戻し温度で、3 回焼戻すことを強く推奨します。

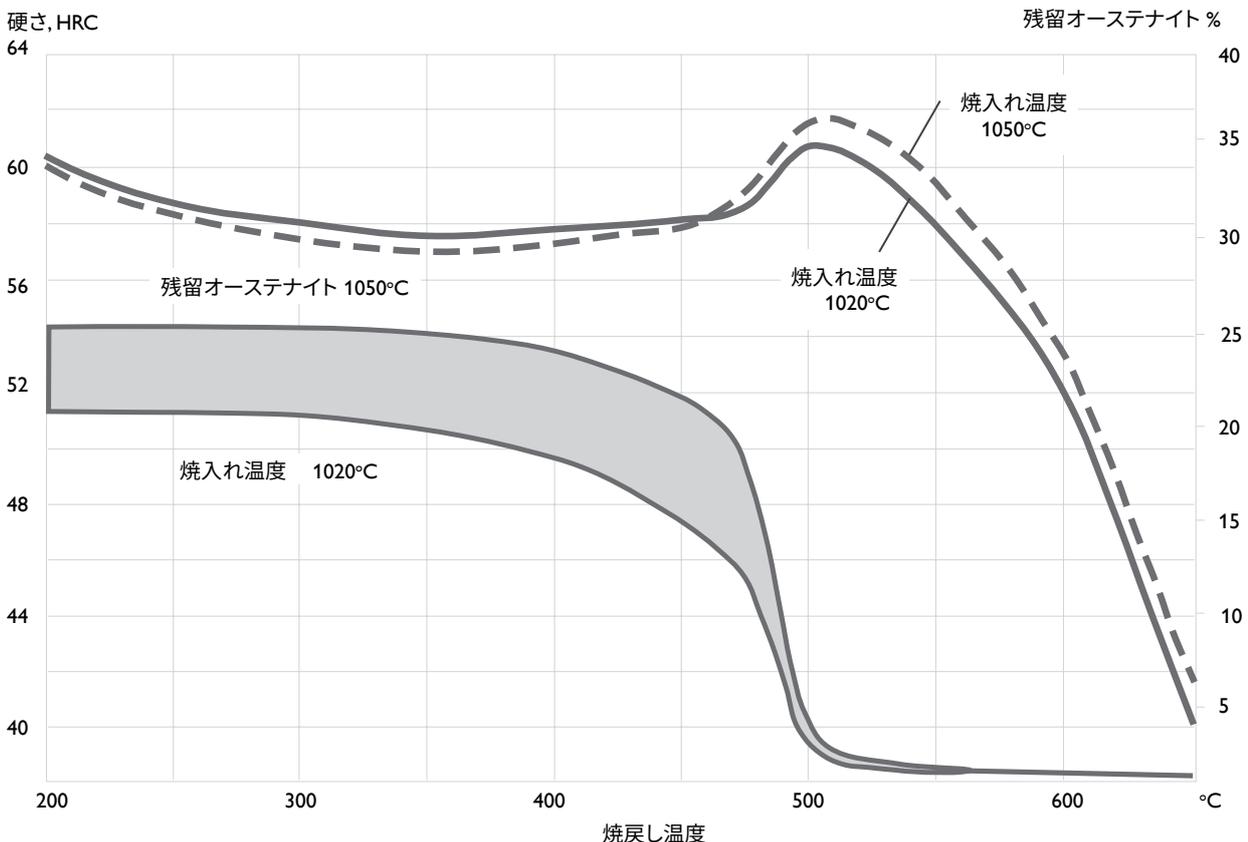
540 °C よりも低い温度で焼戻しを行う場合、硬さと圧縮強度は若干優位ですが、耐割れ性や経年変化に対しては不利となります。焼戻しは少なくとも 520 °C 以上で実施して下さい。

焼戻しが 2 回の場合、保持時間は 2 時間以上、焼戻しが 3 回の場合、保持時間は 1 時間以上が一般的です。

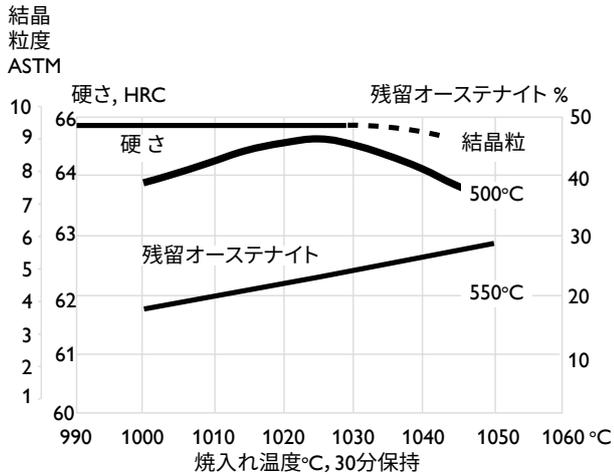
焼戻し条件表

焼入れ温度 °C	焼戻し温度		
	540°C	550°C	560°C
1000	57 - 59 HRC	56 - 58 HRC	54 - 56 HRC
1020	58 - 60 HRC	57 - 59 HRC	55 - 57 HRC
1050	59 - 61 HRC	58 - 60 HRC	56 - 58 HRC

焼戻し曲線



焼入れ温度と硬さ、結晶粒サイズおよび残留オーステナイト量との関係



寸法変化

焼入れ温度：1000°C/1020°C

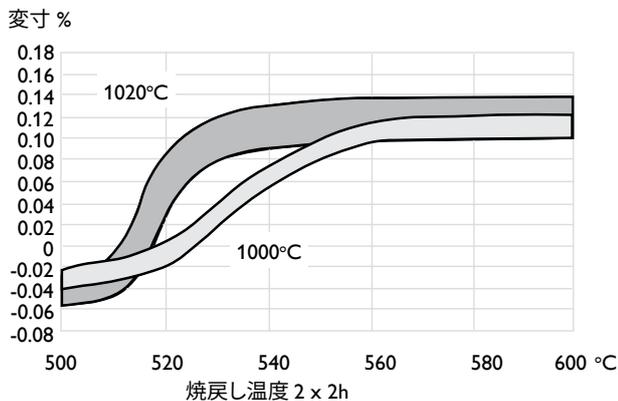
保持時間：30分

冷却媒体：加圧窒素ガス(真空炉中)

焼入れ速度：1.1°C/s (800-500°Cの間)

試料サイズ：100 X 100 X 100mm

全ての方向で変寸は図示した範囲内



表面処理

冷間工具鋼では表面の摩擦を小さくしたり耐摩耗性を向上したりするために、表面処理を行う場合があります。最も一般的に使用されているのが、窒化処理や PVD, CVD による耐摩耗性のある表面層の形成です。

Caldieは、高硬度、高靱性、優れた寸法安定性という特性により、各種の表面処理の基材に適しています。

窒化と軟窒化

窒化処理および軟窒化により耐摩耗性・耐焼付き性のある表面硬化層が形成されます。

窒化処理後の表面硬さは約 1000 - 1200 HV_{0.2kg} です。層の厚さは用途に応じて選択する必要があります。

PVD

PVD(物理的蒸着法)は耐摩耗性皮膜を200-500°Cの温度範囲で形成する方法です。

CVD

CVD(化学的蒸着法)は耐摩耗性皮膜を約 1000 °C で形成する方法です。

機械加工推奨条件

下表は、硬さ 215 HB 以下に軟化焼鈍した Caldie を機械加工する場合の目安であり、実際の条件に合わせて調整する必要があります。

旋削

切削条件	超硬チップ		ハイスチップ 仕上げ加工
	粗加工	仕上げ加工	
切削速度 (v_c), m/min	140 - 190	190 - 240	15 - 20
送り (f) mm/rev	0.2 - 0.4	0.05 - 0.2	0.05-0.3
切込深さ (a_p) mm	2 - 4	0.5 - 2	0.5 - 3
超硬の種類 ISO	P20 - P30 被覆超硬	P10 被覆超硬 サーメット	-

ミーリング加工

正面削りと直角肩削り

切削条件	超硬チップ	
	粗加工	仕上げ加工
切削速度 (v_c) m/min	130 - 160	160 - 200
送り (f_z) mm/tooth	0.2 - 0.4	0.1 - 0.2
切込深さ (a_p) mm	2 - 4	0.5 - 2
超硬の種類 ISO	P20 - P40 被覆超硬	P10 - P20 被覆超硬 サーメット

エンドミル加工

切削条件	エンドミルの種類		
	超硬 ソリッド	超硬 スローアウェイ	ハイス
切削速度 (v_c) m/min	110 - 140	100 - 140	18 - 23 ¹⁾
送り (f_z) mm/tooth	0.01 - 0.20 ²⁾	0.06 - 0.20 ²⁾	0.01 - 0.30 ²⁾
超硬の種類 ISO	-	P20, P30	-

¹⁾ コーティングハイスのエンドミルの場合 $V_c = 32 - 38$ m/min

²⁾ 半径方向の切込深さやカッターの径によって異なります。

ドリル加工

ハイスツイストドリル加工

ドリル径 mm	切削速度 (v_c) m/min	送り (f) mm/r
≤ 5	15 - 20 *	0.05 - 0.10
5 - 10	15 - 20 *	0.10 - 0.20
10 - 15	15 - 20 *	0.20 - 0.30
15 - 20	15 - 20 *	0.30 - 0.35

* コーティングハイスドリルの場合は $V_c = 35 - 40$ m/min

超硬ドリル加工

切削条件	ドリルの種類		
	スローア ウェイ	ソリッド	ろう付け チップ ¹⁾
切削速度 (v_c), m/min	160 - 200	110 - 140	60 - 90
送り (f_z) mm/tooth	0.05 - 0.15 ²⁾	0.08 - 0.20 ³⁾	0.15 - 0.25 ⁴⁾

¹⁾ ろう付けチップを有するドリル

²⁾ $\phi 20 - 40$ mm のドリル

³⁾ $\phi 5 - 20$ mm のドリル

⁴⁾ $\phi 10 - 20$ mm のドリル

研削加工

次のような研削砥石が推奨されます。詳しくは別紙・工具鋼の研削をご参照ください。

研削の種類	焼鈍材	焼入れ材
正面研削（平形砥石）	A 46 HV	A 46 HV
正面研削（セグメント）	A 24 GV	A 36 GV
円筒研削	A 60 KV	A 60 KV
内面研削	A 46 JV	A 60 IV
輪郭研削	A 100 KV	A 120 JV

溶接

接合部の前処理、溶接棒の選択、予熱温度、冷却速度の管理、溶接後の熱処理を適切に行えば、良好な溶接結果が得られます。以下には溶接工程で重要となるパラメータの概略を示します。

溶接方法	TIG	被覆アーク
予熱温度	200 - 250 °C	200 - 250 °C
溶接棒	Caldie TIG-溶接棒	Caldie 溶接棒
最大パス間温度	400 °C	400 °C
溶接後の冷却	最初の2時間を毎時20-40 °Cで冷却し、その後は大気放冷	
溶接後硬さ	54 - 62 HRC	55 - 62 HRC
後熱処理		
焼入れ材	510°Cで2時間の焼戻し	
軟化焼鈍材	軟化焼鈍の推奨条件と同じ	

放電加工 — EDM

焼入れ—焼戻し状態の材料を放電加工した場合には、例えば低電流、高周波電圧のような精密放電加工条件で仕上げてください。

適正な工具性能を得るためには、研削や磨き等で放電加工層を取り除き、直近の焼戻し温度よりも約25°C低い温度で、焼戻しを行なう必要があります。

火炎焼入れ

酸素—アセチレン混合型装置（能力800-1250l/h）を使用します。酸素分圧を2.5bar、アセチレン分圧を1.5barとし、中性炎が得られるように調整します。

加熱温度980-1020°Cから大気放冷することで、硬さは、表面で約58-62HRC、深さ3-3.5mmの位置で約41HRC(400HB)になります。

その他の情報

ASSABの材料選択、用途および在庫等の情報については、最寄りの営業所にお問合せください。

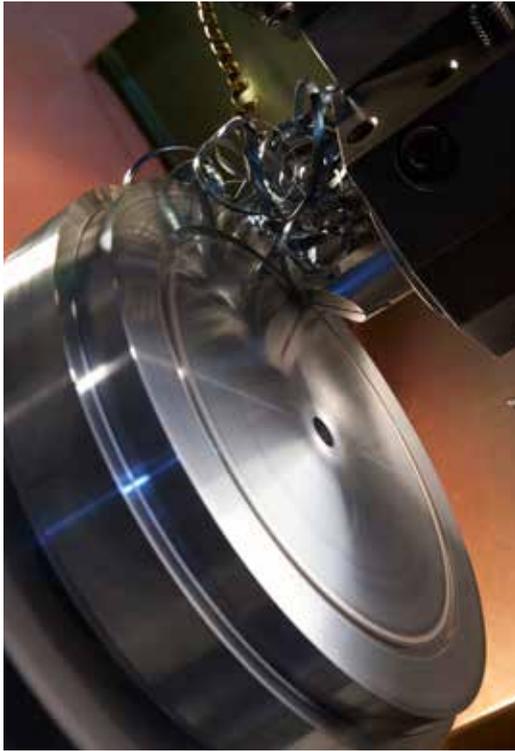
材料特性と各種損傷様式への耐久性の相対比較

ASSAB の鋼種	硬さ/ 耐塑性変形	機械加工性	研削性	寸法安定性	耐摩耗性		耐欠け・割れ性	
					引掻摩耗	凝着摩耗/ 焼付き	延性/ 耐チップング	靱性/ 耐大割れ
溶製冷間工具鋼								
ASSAB DF-3	■	■	■	■	■	■	■	■
ASSAB XW-10	■	■	■	■	■	■	■	■
ASSAB XW-42	■	■	■	■	■	■	■	■
Calmax	■	■	■	■	■	■	■	■
Caldie (ESR)	■	■	■	■	■	■	■	■
ASSAB 88	■	■	■	■	■	■	■	■
粉末工具鋼								
Vanadis 4 Extra*	■	■	■	■	■	■	■	■
Vanadis 8*	■	■	■	■	■	■	■	■
Vancron*	■	■	■	■	■	■	■	■
粉末ハイス								
ASSAB PM 23*	■	■	■	■	■	■	■	■
ASSAB PM 30*	■	■	■	■	■	■	■	■
ASSAB PM 60*	■	■	■	■	■	■	■	■
溶製ハイス								
ASSAB M2	■	■	■	■	■	■	■	■

* ASSAB SuperClean 粉末工具鋼

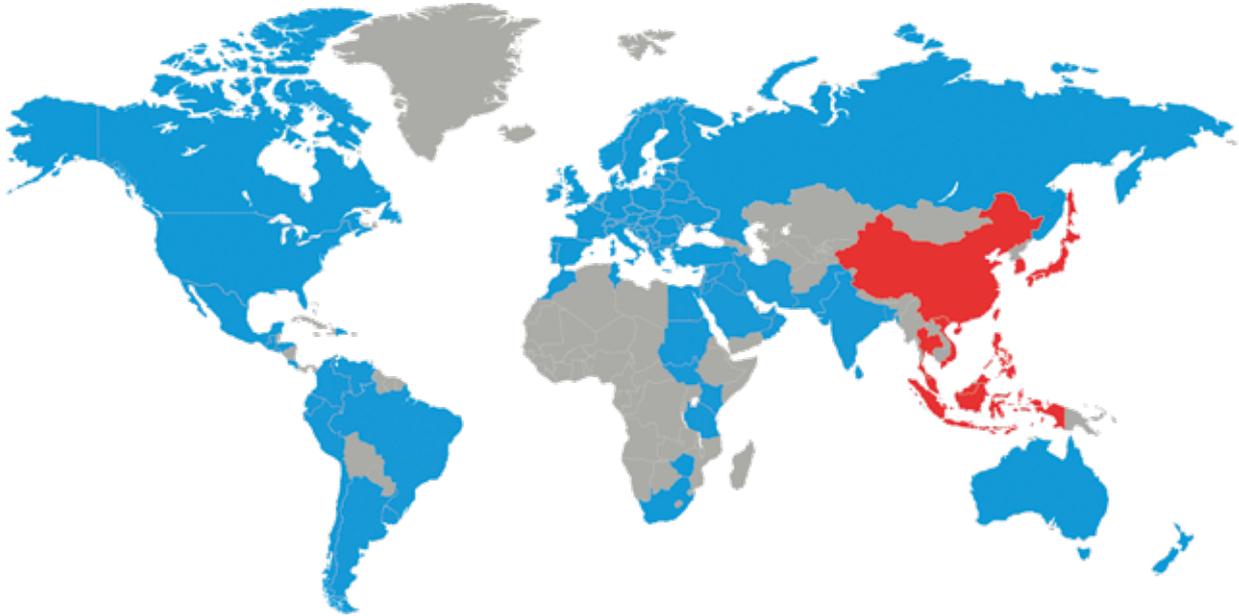
ASSAB ツールングソリューション

ワンストップショップサービス



ASSABグループは、ツールングソリューションの一つとしてワンストップショップサービスを展開しています。工具鋼を中心に各種の特殊鋼を提供するとともに、機械加工、熱処理、表面処理等の付加価値サービスを行っています。地域によって提供できるサービスは異なりますので、最寄りの営業所にお問い合わせ下さい。ワンストップショップサービスを通じて、サプライチェーン全体の利便性向上を図るとともに、お客様が鋼材をベストの状態を活用できるように努めてまいります。ASSABグループの使命は、常に市場の動きに目を向け、お客様の生産活動のコストパフォーマンス向上に貢献できるソリューションを提供することです。





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

