

ASSAB

PVD 코팅

다방면에서 최선의 선택



금형 부품의 다음 단계

다방면에서 최선의 선택

금형 공구를 코팅하는 주된 이유는 내마모성을 강화하고 접착의 위험을 최소화하고 금형과 피작업재간의 접착을 줄이는 것입니다. 이를 통해 생산성은 높이고 가공된 부품의 품질은 높일 수 있습니다.

공구강의 표면 코팅은 일반적인 작업이 되었으며, 물리적 증착(physical vapour deposition, PVD)을 주로 그러한 기술로 사용합니다. 코팅은 일반적으로 매우 높은 경도와 낮은 마찰력을 가진 얇은 세라믹 층 (<math>< 4 \mu\text{m}</math>)입니다.

PVD 코팅 공구의 효과는 강재의 물리적, 기계적 특성에 크게 의존합니다. 약한 기질 위에서 취성층 균열이 발생하는 “glass-on-snow” 효과를 방지하려면 높은 경도와 압축 강도가 필요합니다. 코팅 공정 후 치수 안정성을 확보하기 위해서는 고온 뜨임이 권장됩니다. 또한 PVD 를 플라즈마 질화 처리 (Duplex) 와 결합하여 코팅의 하중저항 용량을 높일 수 있습니다.

접착과 마찰을 효과적으로 감소시키려면 코팅은 결합이 없고 표면이 매끄러워야 합니다. 청정도가 높고 경면성이 개선된 금형 소재는 코팅의 균일성과 생산부품에 더 나은 표면 마감을 보장합니다.

금형 산업에서는 “단 하나의 만능 솔루션”이란 존재하지 않습니다. 따라서 소재와 코팅의 선택을 밀접히 연관시켜 진행하는 것이 매우 중요합니다.



코팅에 가장 적합합니다

ASSAB 고품질 냉간 작업용 강재는 PVD 코팅에 특히 적합합니다. 이러한 강재의 균일한 미세구조와 고 청정도는 코팅접착을 강하게하고 열처리 동안 발생하는 치수변화를 줄여줍니다. 이는 소재의 고강도와 코팅의 결합은 생산공정에서 최선의 방식입니다.



올바른 조합의 선택

냉간 가공을 위한 금형강 PVD 코팅의 조합을 선택할 때 네 가지 중요한 요소를 고려해야 합니다.

- 파손 유형** 주된 마모 메커니즘을 파악합니다
- 금형 생산 품질** 작동부 표면과 고하중에 노출된 다른 영역의 표면 마감
- 금형 공구강 및 코팅 선택** 주요 마모 메커니즘에 대한 강재 및 코팅을 선택합니다.
- 열 처리** 열 처리 및 코팅 공정이 서로 적합한지 확인합니다.

1. 파손 유형

	기질에 의한 해결	코팅에 의한 해결	
치핑 내성이 충분한 강재를 선택합니다	 치핑	 연마 마모	경도와 내마모성 높은 코팅을 선택합니다
압축 강도(경도)가 충분한 강재를 선택합니다	 소성 변형	 접착 마모 / 골링	고경면 표면과 마찰 특성이 낮은 코팅을 선택합니다

2. 금형 생산 품질

금형을 코팅하기 전에 표면 품질은 사용 용도에 맞게 특히 금형의 작동부에서 조정되어야 합니다.

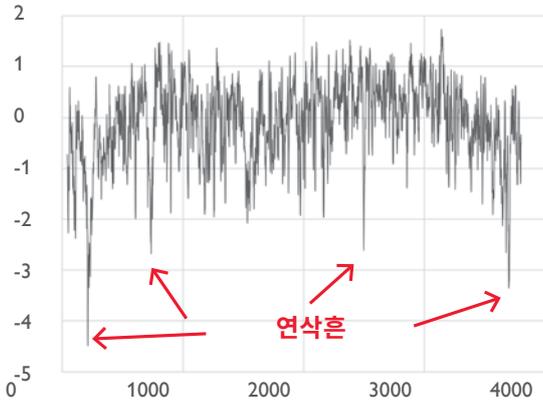


최선의 성능을 위해서 금형의 작동부는 매끄럽고 부식과 백층이 없어야 합니다. 연삭후 표면 마감은 Ra~0.5 μm 정도로 냉간 작업용 고성능 금형으로는 표면이 충분히 매끄럽지 않습니다. 황삭표면(예: 연삭흔)은 비균질 표면 및 PVD 코팅에서 크랙을 발생시킬 수 있습니다. 따라서 PVD 코팅을 적용하기

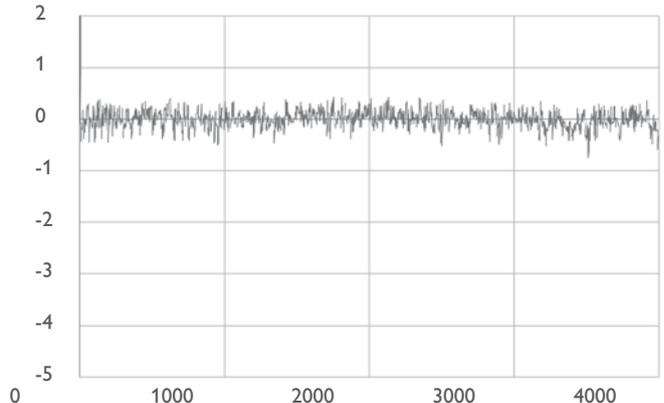
전에 깊은 연삭 작동부에서 Rz<1 μm 로 경면사상하는 것을 권장합니다.

또한 용도에 따라 코팅 금형의 후처리를 권고할 수 있으며 ASSAB 담당자와 논의하셔야 합니다.

표면

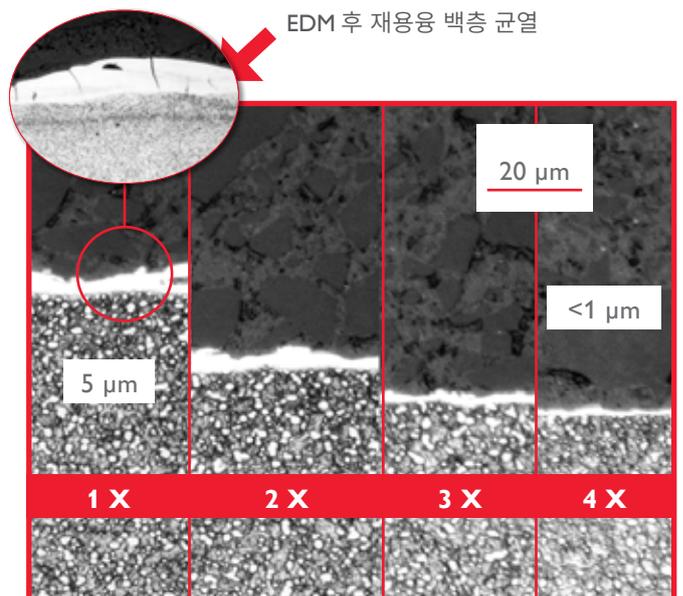
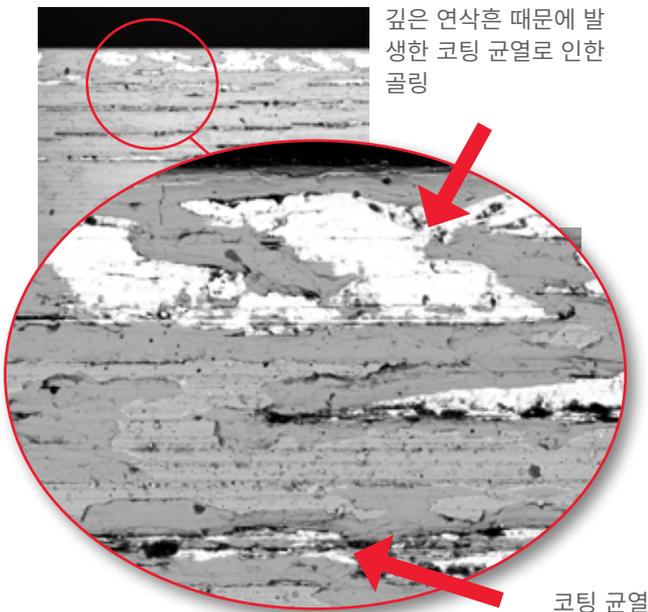


깊은 연삭흔을 가진 표면, Ra=0.5 μm, Rz=4.0 μm



#600 grit, Ra=0.1 μm, Rz=1.0 μm 경면 사상후 후 동일한 표면에서의 깊이 분석도

균열



WEDM에서 열의 영향을 받은 표면은 제거해야 하며, 미세균열이 발생하고 고응력층을 갖는 열영향층을 줄이기 위해 3-4 패스로 작업해야 합니다.

3. 금형강 및 코팅 선택

PVD 코팅에 적합한 냉간 작업용 금형강 예시

PVD 코팅용 금형강

ASSAB 강재	내치핑성	압축 강도	일반 경도 범위
기준 강재 AISI D2 / W.-Nr. 1.2379	■	■	58-61 HRC
Caldie	■■■■■	■■	58-61 HRC
ASSAB 88	■■■	■■■	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

기준 강재 ■ 적합 ■■ 양호 ■■■ 우수 ■■■■ 최상 ■■■■■

1) 강재의 연마 마모 저항력이 중요한 경우 우선 선택

2) 강재의 점착 마모 저항력이 중요한 경우 우선 선택

적합한 PVD 코팅 예시

코팅	색상	용도
Duplex-VARIANTIC-700	Old rose	코팅되지 않은 700 N/mm ² 미만 고장력 강판의 성형 및 트리밍
Duplex-VARIANTIC-1000	Dark golden red	코팅되지 않은 1000 N/mm ² 미만 고장력 강판 성형
Duplex-VARIANTIC-1400	Golden	코팅되지 않은 1400 N/mm ² 미만 고장력 강판의 성형 및 트리밍
Duplex-TIGRAL	Dark grey	< 1200 N/mm ² 미만 전기아연도금 고장력 강판 성형
DUMATIC	Reddish grey	스테인리스강 성형을 위한 광대역 코팅
CARBON-X	Black	알루미늄 성형
CROSAL-plus	Slate grey	파인 블랭킹

4. 열 처리

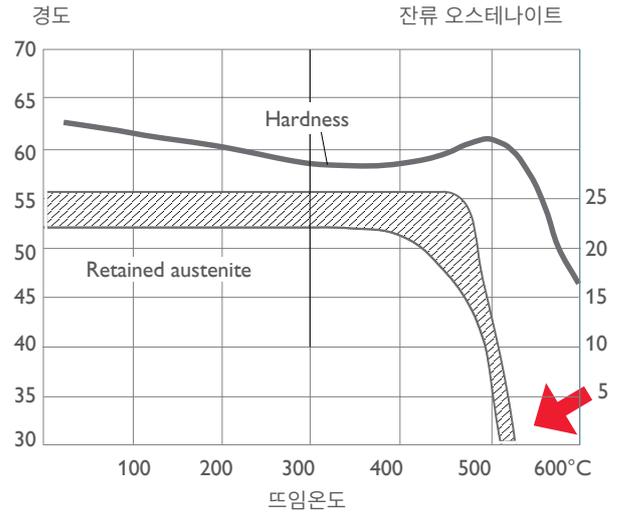
열처리에서 가장 중요한 부분은 코팅 공정(일반적으로 450°C) 및 잔류 오스테나이트 영역(오른쪽 도표 참조) 보다 고온에서 강재를 뜨임하는 것입니다.

표준 AISI D2 / W.-Nr. 1.2379 금형강의 주된 문제는 높은 경도를 유지하기 위한 낮은 뜨임 온도 (~500-510°C) 에 따른 치수의 증가입니다. 잔류 오스테나이트는 미세 구조에 남아서 코팅 공정이나 금형이 사용될 때 마텐자이트로 변형됩니다.

그 결과 공구의 부피가 커져 적절한 치수 허용 한도를 초과할 수 있습니다.

AISI D2 / W.-Nr. 1.2379는 화학성분 범위가 넓어서 잔류 오스테나이트를 방지하기 위한 최소 뜨임 온도가 확실하게 정해지진 않았습니다. 따라서 안전한 여유를 두는 것이 필요합니다.

자세한 내용은 강재 브로슈어를 참조하십시오.



화살표는 AISI D2 / W.-Nr. 1.2379 강재에서 잔류 오스테나이트를 피하기 위한 최소 뜨임 온도를 나타내고 있습니다.

적용 예시, AHSS의 성형 및 트리밍

자동차 차체골격 (BIW)에서 AHSS(고장력 강판) 사용이 크게 증가했습니다. 그로인해 금형사용에서 더 고품질의 금형강에 대한 요구가 급증하고 있습니다.

대부분의 전형적인 금형강과 고속도강은 높은 내마모성을 갖지만 낮은 내치핑성과 같이 한 가지만을 충족시킬 수 있습니다. 이로 인해 강도가 높은 강판 작업 시 금형의 높은 반복 하중으로 인해 파손될 위험이 높아집니다. 높은 생산성과 갑작스런 생산중단이 없는 예측가능한 금형 수명을 확보하기 위해서는 훨씬 넓은 여러 속성들이 필요합니다. AHSS 적용을 위한 더 나은 솔루션은 주로 PVD 코팅과 고성능 금형강의 조합입니다.



더 나은 내치핑 및 내마모

Caldie는 PVD 코팅과 조합하여 AHSS 강판 성형 및 트리밍 작업에 종종 사용됩니다. 오른쪽을 보시면 CR1000Y1370T-CH, $t=1.5$ mm 부품 100,000개를 트리밍 한 일반 금형강과 Duplex PVD 코팅된 Caldie와 비교한 것을 확인할 수 있습니다.

금형강이 내치핑성을 크게 상실하지 않고 고압축 강도 및 더 나은 내마모성이 필요하다면 Vanadis 4 Extra SuperClean 및 Vanadis 8 SuperClean이 좋은 선택이 됩니다.

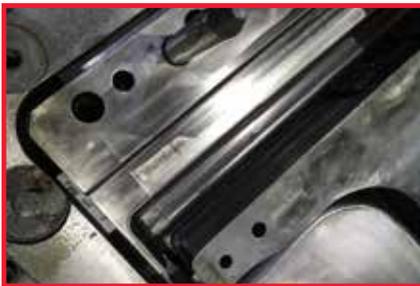


AISI D2 / W.-Nr.-1.2379, 코팅하지 않음



Caldie + Duplex-VARIANTIC 1000

아래는 CR850Y1180T-DH 강판으로 만들어진 1400 B-Pillars 성형한 금형입니다. 기존 금형 사용과 비교하였습니다.



선명한 마모 흔적이 있는 코팅되지 않은 AISI D2 W.-Nr. 1.2379.



육안으로 마모가 확인되지 않는 Caldie + Duplex-VARIANTIC 1000 ¹⁾



¹⁾ voestalpine Steel Division의 강판 재료. 금형제작 및 성형작업은 voestalpine Metal Forming Division에서 실시했습니다.



코팅에 가장 적합합니다

플라스틱 사출금형은 까다로운 공정이므로 금형을 위해 올바른 강재를 선택하는 것이 중요합니다.

ASSAB은 플라스틱 사출금형을 위해 여러 유형의 금형강을 제공할 수 있습니다

- 프리하든 금형강 및 홀더용 강재
- 열처리 금형강
- 내식성 금형강

플라스틱용 금형의 PVD 코팅은 사출금형, 압출, 진공 성형 및 블로우 몰딩에 사용되는 금형의 수명을 개선합니다. 알맞는 경도, 균질한 미세조직과 청정도가 양호한 소재를 사용하는 것이 성공적인 PVD 코팅을 위해 중요합니다. ASSAB 플라스틱 금형강은 이러한 요구를 충족하여 PVD 코팅에 탁월한 선택이 됩니다.

강재가 해결방안이 되는 파손

- 높은 정적 하중이나 동적 하중으로 인한 균열 및 파단. 이러한 경우 좀더 인성이 높은 강재로 등급을 높여주는 것이 해결방안이 됩니다.
- 재료의 항복 강도보다 높은 하중으로 인한 소성 변형은 고경도 강재를 사용하면 해결할 수 있습니다.

PVD 코팅이 해결방안이 되는 파손

- 플라스틱 수지에서 유리 섬유와 같은 단단한 입자로 인한 연마 마모
- 플라스틱 접착성에 의한 이형 문제
- 연마 마모, 슬라이딩 부품간 골링
- 디젤 효과, PVC, 할로겐 또는 무할로겐 난연재 같은 플라스틱 재료에서 야기된 부식성 가스 배출.
- 난연재와 같은 첨가제가 적층물이 되어 금형 캐비티 표면에 들러붙는 데, 이러한 것을 청소하는 문제



PVD코팅을 위한 적합한 플라스틱용 금형강 예시

ASSAB 강종	내식성	인성	압축 강도	일반 경도 범위
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

* 프리하드 조건으로 인도되어 추가 열처리가 필요하지 않습니다.
 ** 연화 소둔 상태로 납품되며 필요한 경도를 얻기 위해 금형 황삭 가공 후 열처리를 해야 합니다.

플라스틱 금형을 위한 적합한 PVD 코팅 예시

코팅	마모 내성	접착 내성	색상	적용 예시의 일반적 특성	일반적인 열가소성 수지
CrN	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	Silver grey	<ul style="list-style-type: none"> ● 매우 우수한 내화학성 ● 대기 중 고온 내성(최고 600°C) ● 금형 이형성 개선 ● 후막처리 가능 	PA, PC, PBT, PET, PEEK, PPS, PSU, PES, PPE, PPO, TPU
TiN	■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	Gold	<ul style="list-style-type: none"> ● 고경도 ● 우수한 내화학성 ● 우수한 대기 중 고온 내성(최고500°C) ● 연마 내마모성, 예: 유기재료 충전된 광물 	PS, SB, SAN, ABS, ASA, PA, PC, PBT, PET, PMMA, CA, CP, CAP
CARBON-X (DLC) * 이러한 유형의 코팅을 위한 증착기기가 필요합니다	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■	Dark grey	<ul style="list-style-type: none"> ● 우수한 내화학성 ● 매끄러운 표면 ● 저온 코팅 공정 (~200°C) ● 매우 낮은 마찰 계수 ● 슬라이딩 부품에 권장 	PE, PP, PA

적합 ■ ■ 양호 ■ ■ ■ ■ 우수 ■ ■ ■ ■ ■ ■ 최상 ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■



코팅에 가장 적합합니다

고온 작업에 적합한 열간 작업용 강재를 선택할 때 강재의 특성이 매우 중요합니다. 열간 공정에는 HPDC (고압 다이캐스팅), 단조, 압출, 핫스탬핑 등 여러 가지가 있습니다. 이러한 여러 부문마다 금형강에 대한 요구는 다양합니다. 따라서 특정 금형강은 다른 금형강보다 이러한 문제를 잘 해결할 수 있으므로 올바른 금형강을 선택해야 합니다.

열간 작업에 필요한 바람직한 특성

- 우수한 연성
- 높은 고온 강도
- 우수한 내뜨임성
- 높은 고온 경도

강재가 해결방안이 되는 파손

- 파단, 히트체크, 눌림은 강재나 경도 수준을 변경하여 해결하거나 줄일 수 있는 파손입니다.

PVD 코팅이 해결방안이 되는 파손

- 마멸, 부식 또는 코어나 이젝터 핀 및 캐비티(형상이 단순한)에 소착 문제
- 핫스탬핑의 연마 마모



열간 작업 강재의 코팅 예시

코팅	코팅 유형	색상	주요 특성	열 한도
Duplex-TIGRAL	AlCrTiN	Grey	<ul style="list-style-type: none"> ● 우수한 내 산화성 ● 높은 고온 경도 ● 뛰어난 소착 저항 ● 높은 마멸 저항성 	900°C
Duplex-CROSAL-plus	AlCrN	Slate grey	<ul style="list-style-type: none"> ● 우수한 고온 경도 ● 높은 내 산화성 ● 뛰어난 마멸 저항성 ● 높은 소착 저항 	1100°C

각 금형은 그 필요한 장점에 따라 모든 적용 분야가 코팅에 적합한 것은 아닙니다. 하지만 특정 코팅의 용도는 금형 수명을 늘리는데 도움을 줄 수 있습니다. 그 예시로 워터 자켓 삽입부와 코어 핀을 갖춘 HPDC를 들 수 있습니다. 코팅이나 표면 처리를 선택할 때, 최선의 표면 마감을 달성하기 위해 경도는 48 HRC를 초과해야 합니다.



파손 예시	금형 부품	금형강 예시	일반 경도 범위	코팅 예시
HPDC의 소착	코어 핀	QRO 90 Supreme	44 - 50 HRC	Duplex-TIGRAL
HPDC의 마멸	게이트 인서트	Unimax	50 - 54 HRC	Duplex-CROSAL-plus

부품으로 사용하는 ASSAB 금형 공구강

코팅에 가장 적합합니다

고품질 ASSAB 금형 공구강을 부품에 이용함으로써 생산성을 높이고 유지보수 간격을 늘릴 수 있습니다. 적절한 PVD 코팅을 추가함으로써 부품 수명을 상당히 늘릴 수 있습니다.

ASSAB 강재	내치핑성	압축 강도	일반 경도 범위	코팅	색상
Vanadis 4 Extra SuperClean	■■■■■	■■■■■	60-64 HRC	VARIANTIC	Old rose
Caldie	■■■■■	■■■■■	58-61 HRC	VARIANTIC	Old rose
Unimax	■■■■■	■■■	54-57 HRC	TiN	Gold

양호 ■■■■ 우수 ■■■■■ 최상 ■■■■■■

정육가공

Vanadis 4 Extra SuperClean 의 홀 플레이트 + VARIANTIC 코팅은 육류를 가는 작업에 아주 좋은 선택입니다.

- 고경도와 낮은 마찰을 조합하여 공구수명을 늘릴 수 있습니다
- 낮은 유지보수 및 높은 생산성



고경도 금속 및 고경도 강철의 가공

높은 온도, 가혹한 가공 조건 및 매우 경도가 높은 피가공 재료 - 경도가 높은 재료의 가공 요건은 도전과 기회를 동시에 만들어냅니다.

도전

피가공물이 열처리된 상태에서 만들어진 경우(최대 66 HRC), 공구는 그 한계에 빠르게 도달합니다. 이러한 극단적인 조건은 우주항공 분야와 플라스틱 업계의 금형제작, 플랜트 엔지니어링 분야에서 흔한 일이 되었습니다. 그 결과 절삭 공구는 극한의 온도와 기계적 응력에 노출되어 건식 가공 시 특히 빠르게 마모되어 버립니다. PVD 코팅은 현재 시장에서 이러한 혹독한 요건 속에서 약간의 이득을 제공합니다. 이러한 도전은 우리에게 매우 경도가 높은 금속 기질인 **SISTRAL-plus**의 가공 요건을 충족하기 위해 한 가지 코팅을 최적화할 기회를 주었습니다.

솔루션

솔루션을 찾기 위해 우리 팀은 큰 성공을 거둔 **SISTRAL** 코팅의 개선 버전을 만들어냈습니다.

새로운 **SISTRAL-plus**는 전작과 마찬가지로 나노조직 아키텍처를 이용합니다. 새로운 **SISTRAL-plus**의 고유 아키텍처는 텅스텐 카바이드 절삭 공구에 우수한 접착력을 제공하고 마찰을 줄인 탑 레이어를 활용합니다. 이러한 나노조직 코팅 시스템은 고온에서 최적의 내마모성이 결합되어 고압 하중에 대해 둔감함이 유지됩니다. 혁신적인 청록색 탑 코트는 마찰을 줄이고 피가공물에서 칩을 제거하도록 도와줍니다. **SISTRAL-plus** 코팅은 일반적으로 평균 약 30% 높은 수명을 보여줍니다.



260 m

SISTRAL-plus

208 m

SISTRAL

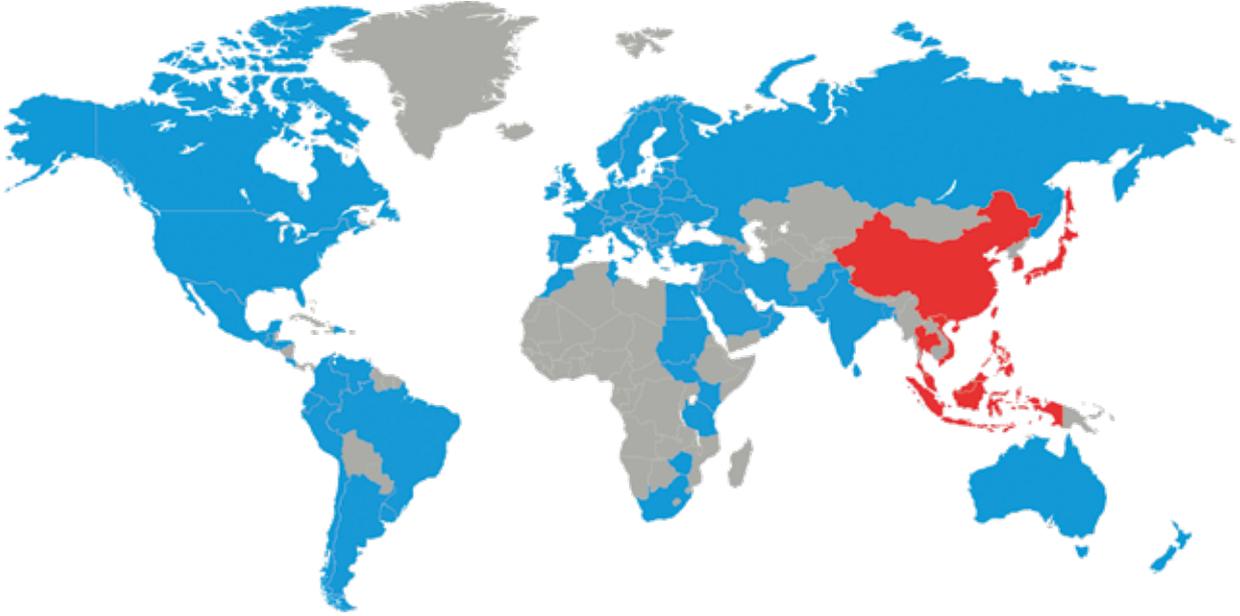
206 m

비교 코팅 1

120 m

비교 코팅 2

코팅	색상	레이어 두께
SISTRAL-plus	Teal	2 - 4 µm
SISTRAL	Anthracite	2 - 4 µm



알맞는 강재를 선택하는 것은 매우 중요합니다. ASSAB기술자와 설비는 항상 최적의 강종 및 각 적용 분야에 있어 최선의 처리가 되도록 고객을 도울 준비가 되어 있습니다.

ASSAB 은 뛰어난 품질의 철강 제품을 공급뿐만 아니라 철강 특성을 향상시키는 최첨단 가공, 열처리 및 표면 처리 서비스를 제공하여 짧은 리드 타임으로 고객의 요구 사항을 충족시킵니다. 원스톱 솔루션 공급자로서 전반적인 접근 방식을 사용하여, 다른 금형 공구강 공급 업체보다 더 경쟁력이 있습니다.

ASSAB 및 Uddeholm 세계적인 기업입니다. 이것은 고객이 어디에 있던 고품질 금형 공구강 및 현지 지원을 사용할수 있음을 보장합니다. 또한, 우리는 금형 재료의 세계의 선도적인 공급 업체로서의 위치를 가지고 있습니다.

자세한 내용은 www.assab.com를 방문하시기 바랍니다.

