

# AHSS 를 위한 최적의 공구강 솔루션

VANADIS 4 EXTRA SUPERCLEAN, VANADIS 8 SUPERCLEAN, 및  
VANCRON SUPERCLEAN 을 위한 포괄적인 초점



Anders Sahlén – Product Manager, Uddeholm

## 요약

현대 제조, 특히 자동차 업계의 초고장력강(Advanced High-Strength Steels, AHSS)의 사용 증가는 공구 제작 재료에 상당한 부담을 주고 있습니다. 높은 성형력, 고속 마모 메커니즘, 치핑과 깎임 위험성으로 인해 발전된 솔루션이 필요합니다. 본문에서는 AHSS 를 포함한 네 가지 냉간가공 맞춤 고성능 공구강인 Vanadis 4 Extra SuperClean, Vanadis 8 SuperClean, Vancron SuperClean, 및 Caldie 의 성능을 알아봅니다.

이런 강재는 분말 야금(PM) 및 일렉트로 슬래그 재용해 (ESR) 등 고급 합금 기술을 활용하여 충분한 연성과 치수 안정성을 유지하는 한편 연마 마모, 응착 마모(깎임), 피로 균열에 뛰어난 저항력을 제공합니다. Vanadis 4 Extra SuperClean 은 인성과 내마모성의 균형을 이루었으며 Vanadis 8 SuperClean 은 극한의 마모 조건에 뛰어납니다. Vancron SuperClean 은 깎임 저항력을 통합하였으며 Caldie 는 중간 수준에서 높은 수준에 이르는 AHSS 용도를 위해 뛰어난 치핑 저항력을 제공합니다. 모두 최상위에 코팅을 추가함으로써 공구 수명을 확장하는 능력을 갖고 있습니다.

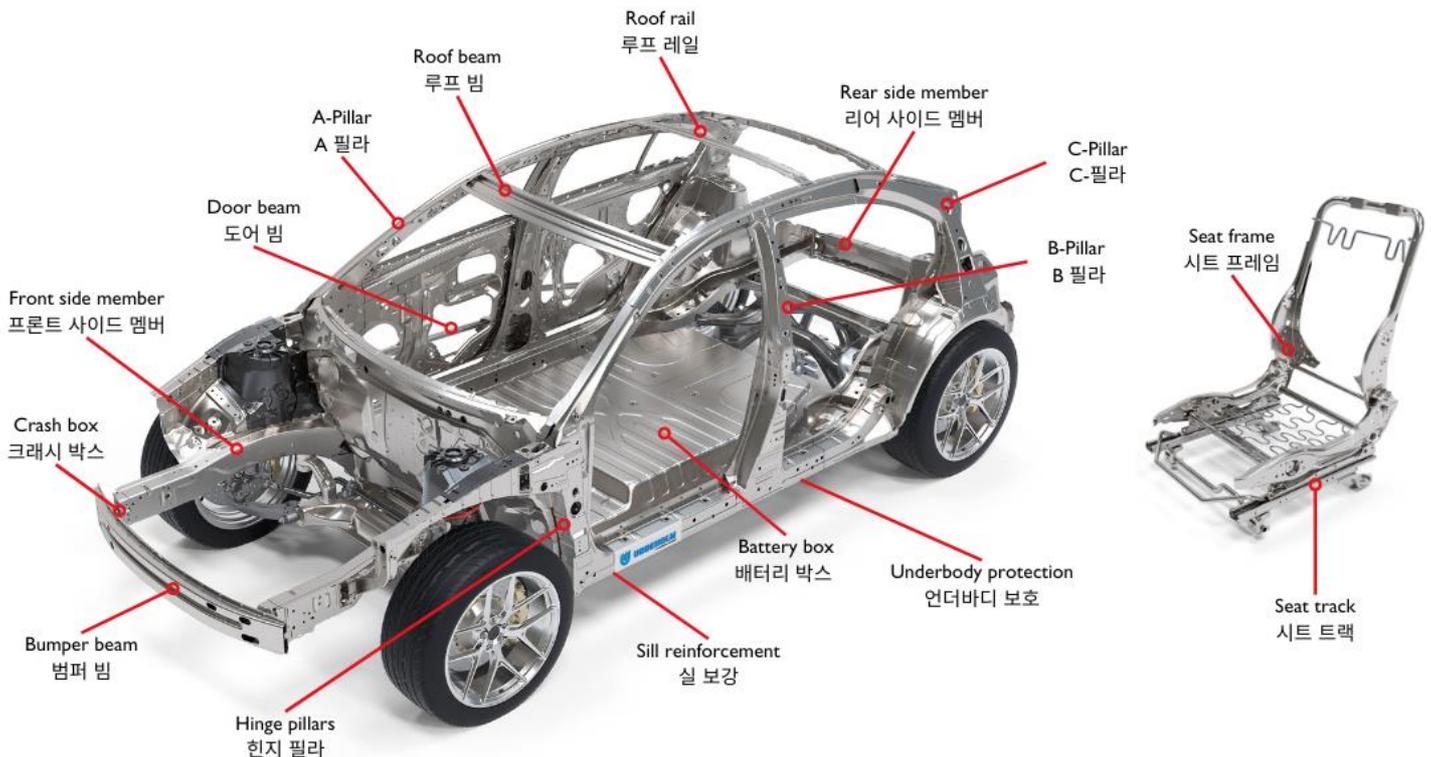
본문은 기계적 특성, 고장 메커니즘, 실제 사례 예시를 포함한 상세 분석을 통해 적절한 공구강의 선택이 어려운 AHSS 성형 및 블랭킹 작업에서 어떻게 공구의 수명을 늘리고 비가동 시간을 줄이며 생산성을 최적화하는지 조명하고자 합니다.

## 초고장력강

오늘날 글로벌 제조, 특히 자동차 산업의 핵심은 지속가능성과 효율성, 안전성입니다. 초고장력강(Advanced High-Strength Steels, AHSS)은 높은 장력과 충돌 성능을 유지하면서 월등한 중량 감소를 제공함으로써 이러한 목표를 달성하는데 중요한 역할을 합니다. AHSS는 자동차 제조사가 더 가볍고 안전하며 보다 연료 효율적인 차량을 제조할 수 있도록 함으로써 배기가스를 줄이고 전체 환경 풋프린트를 줄이도록 합니다.



AHSS의 이용은 엄격한 배기 규제와 비용효율적인 경량 설계의 필요성에 따라 빠르게 확대되고 있습니다. AHSS는 B 필라, 크래쉬 빔, 전기차 (EV) 및 하이브리드 모델의 배터리 인클로저 등 자동차의 구조 구성품 제조를 위한 기초 재료가 되었습니다. 전세계적으로 지속가능성 목표와 정부 지침이 자동차 업계의 구도를 재편함에 따라 이러한 트렌드의 속도가 빨라지고 있습니다.



하지만 AHSS에는 과제가 존재합니다. 높은 장력과 초미세 구조로 인해 특히 성형, 블랭킹, 펀칭 등 냉간 가공 시 가공이 더 어렵습니다. 이러한 과제는 여러 가지 중대한 형태로 나타납니다:

**연마 마모** AHSS의 높은 경도로 인해 공구 마모도가 증가하여 인성이 높은 강철이 샌드페이퍼처럼 공구 표면을 빠르게 긁고 갈아냅니다. 이로 인해 공구가 빠르게 마모되고 성형 작업 시 효력을 잃게 됩니다.

**응착 마모(꺠링)**: 코팅 또는 스테인리스 AHSS 성형 시 공구와 재료 사이에 심한 마모가 발생하여 재료가 공구 표면에 들러붙을 수 있습니다. 이로 인해 공구와 작업물 모두에 거칠고 마모된 부분, 손상이 발생합니다.

**치핑 및 크래킹**: AHSS를 가공하는데 필요한 강한 기계적 부하는 공구 모서리에서 작은 조각들이 떨어져 나오는 치핑, 작은 균열이 생긴 뒤 반복된 응력으로 인해 번져나가는 크래킹이 발생할 수 있습니다. 이는 블랭킹이나 스탬핑 작업에서 주로 발생하여 공구의 수명과 정밀도를 떨어뜨립니다.

**소성 변형**: AHSS 성형 및 블랭킹 작업 시 높은 접촉 압력 하에서 표준 공구강은 영구적으로 구부러지거나 파일 수 있습니다. 이로 인해 공구의 기하 구조와 정밀도가 저하되어 부품의 품질이 떨어지고 유지보수 필요성은 높아집니다.

AHSS의 장력은 공구가 그 형상을 유지할지, 소성 변형에 굴복할 것인지를 결정합니다. 하지만 생산 시 소재와 공구의 상호작용을 결정하는 것은 AHSS의 고유 미세구조입니다. 페라이트, 마르텐자이트, 베이나이트나 오스테나이트 등 각각의 단계는 고유한 문제를 제기하여 마모나 응착, 변형으로 인한 공구 성능에 영향을 미칩니다.

### 일반적인 AHSS 시트와 그 구조

AHSS 유형	구조	일반적 장력 (MPa)
이상 조직(DP)	페라이트 + 마르텐자이트	500-1000
복합 조직(CP)	페라이트 + 베이나이트 + 마르텐자이트	780-1000
마르텐자이트계(MS)	마르텐자이트	1100-1400
페라이트계-베이나이트계 (FB)	페라이트 + 베이나이트	600-800
TRIP	페라이트 + 베이나이트 + 오스테나이트	500-700
TWIP	오스테나이트 + 트위닝	900-1200

표 1. AHSS 시트 유형 및 그 미세구조

**페라이트**: 응착을 일으켜 꺠링을 유발하고 응착 마모로 이어집니다

**마르텐자이트**: 연마 마모 및 모서리 치핑을 일으킵니다.

**베이나이트**: 연마 마모와 응착 마모의 혼합에 기여합니다. 또한 다소 달라붙습니다

오스테나이트는 특히 TRIP 와 TWIP 강철에서 높은 가공경화지수로 인해 소성 변형과 국지적 응력 손상을 유발합니다.

이러한 관계를 이해하는 것이 제조사의 적절한 솔루션 선택에 도움을 줍니다. 이에 따라 다른 경도, 내마모성, 연성, 치수 안정성의 조합이 필요한 경우가 많습니다.

다음은 두께 1.5 mm 의 일반적인 AHSS 시트의 블랭킹 후 Vanadis 4 Extra 의 예시입니다.

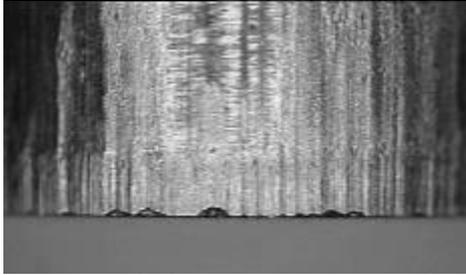


그림 1. AISI D2, 50000 파트

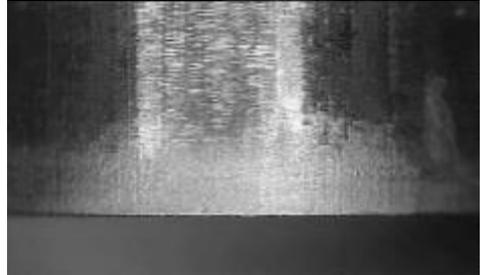


그림 2. Vanadis 4 Extra SuperClean, 50 000 파트

기존 강철은 AHSS 의 강화된 요구를 충족하기가 어려우며 높은 비용이 발생하는 공구의 고장, 비가동시간, 많은 유지보수 노력을 야기합니다.

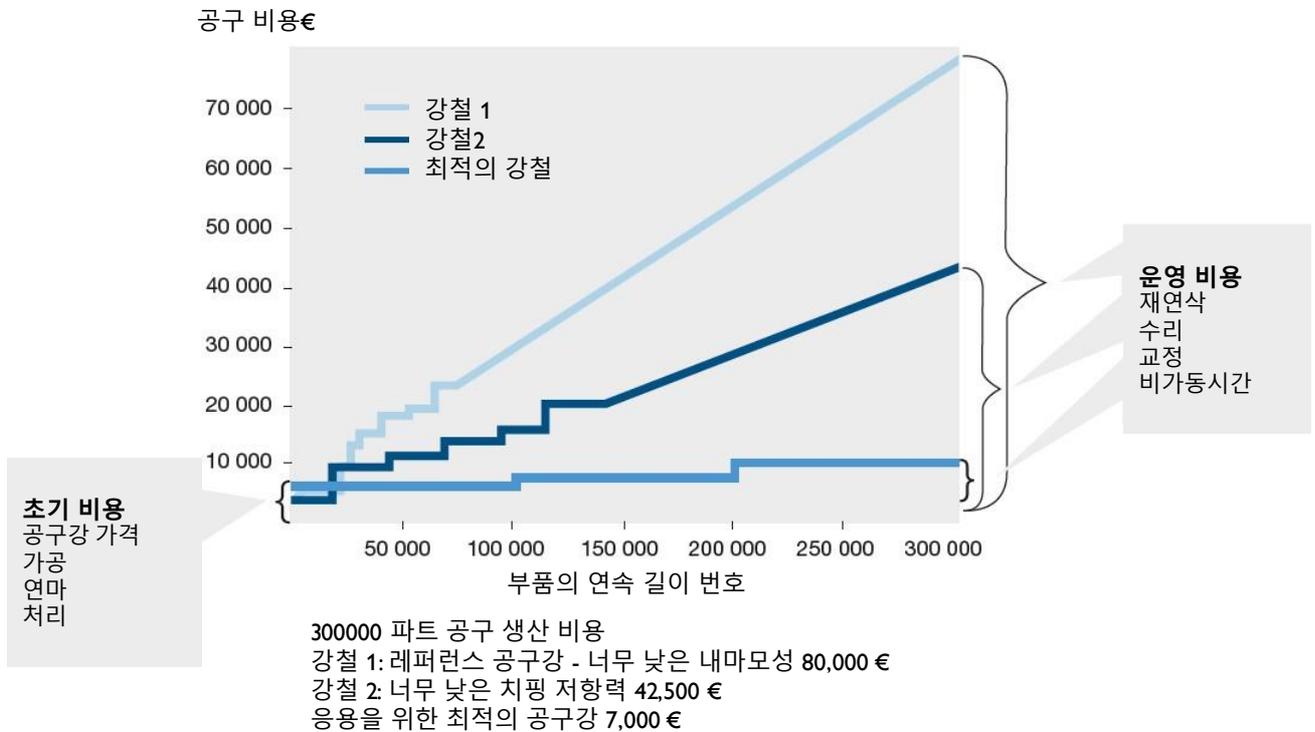


그림 3: 총 공구 비용 고려사항. 라인의 단계는 재가공 비용을 나타냅니다.

## ASSAB 의 AHSS 솔루션

ASSAB 는 이러한 문제에 AHSS 를 위해 가공된 고성능 솔루션으로 응답했습니다. 현재 앞서 나가는 다섯 가지 ASSAB 공구강은 Caldie, Unimax, Vanadis 4 Extra, Vanadis 8 SuperClean, 및 Vancron SuperClean 입니다. 이 등급들은 AHSS 성형 및 절단 작업에서의 고유 특성과 장점, 이상적인 용도를 강조합니다.

### 분말 야금(PM) 공구강

분말 야금(PM) 공정은 공구강 제조의 정점입니다. 전통적인 야금과 달리 PM 은 작고 고르게 분포된 카바이드를 만들어 우수한 내마모성, 인성, 균일한 강철 구조를 만들어냅니다. 이에 따라 PM 강철은 AHSS 블랭킹 및 성형 등 극한의 성능을 요구하는 용도에 이상적인 솔루션이 됩니다.

### Vanadis 4 Extra SuperClean

최적화된 크로뮴, 몰리브덴, 바나듐 합금인 Vanadis 4 Extra 는 고르게 분포된 카바이드로 미세구조를 만듭니다. 이러한 신중하게 통제된 PM 공정은 다음을 제공하는 재료를 만들어냅니다:

**높은 연마 마모 및 응착 마모 저항성:** 고르게 분산된 카바이드를 통해 AHSS 의 블랭킹 및 성형 작업을 지배하는 강력한 내마모성 메커니즘을 확보합니다.

**뛰어난 연성 및 치핑 저항성:** 취성 파괴가 큰 피해를 일으킬 수 있는 Vanadis 4 Extra 는 특히 고주기 부하 조건에서 연성의 강화, 치핑 또는 크래킹 위험의 큰 감소를 증명합니다.



그림 1. PM 23-type, 60-62 HRC 와 4 점 굽힘 테스트 비교

**치수 안정성:** 열처리 시 왜곡 최소화 및 작업 시 노화 효과의 최소화를 통해 고정밀 용도에서 중요한 요소인 공구 성능의 정밀성과 일관성을 확보합니다.

## 제조성 및 실용성

생산의 관점에서 Vanadis 4 Extra 는 고합금 공구강이 제공하지 못할 수도 있는 특성인 가공성과 연마성을 갖추고 있습니다. 이는 효율적인 공구 생산과 마감을 촉진하여 제조사가 과도한 가공 비용 없이 엄격한 허용오차를 유지할 수 있도록 합니다.

Vanadis 4 Extra SuperClean 은 AHSS 가 공구 재료에 다음과 같은 어려운 조건을 부과하는 경우에 특히 적합합니다:

- 조기 고장을 방지하기 위해 내마모성과 연성의 균형을 맞춰야 하는 주기적 부하가 가해지는 공구.
- 성형 중에 높은 기계적 응력을 받고 소성 변형과 피로 균열에 저항해야 하는 공구.
- 이러한 혹독한 환경에서 성능을 유지하는 능력을 통해 Vanadis 4 Extra SuperClean 은 기존 공구강들이 충분한 연성을 제공하지 못하는 분야에서 “다재다능한 성능을 발휘하는” 최적의 제품으로 자리잡았습니다.

## Vanadis 8 SuperClean

높은 바나듐 함량과 최적화된 구성을 갖춘 Vanadis 8 SuperClean 의 구성은 미세하고 균일한 카바이드 분포를 갖춘 공구강을 만들어냅니다. 이러한 초미세구조는 뛰어난 내마모성을 제공함으로써 생산 시간이 길고 마모 조건이 나타나는 혹독한 응용 분야에 특히 적합합니다.

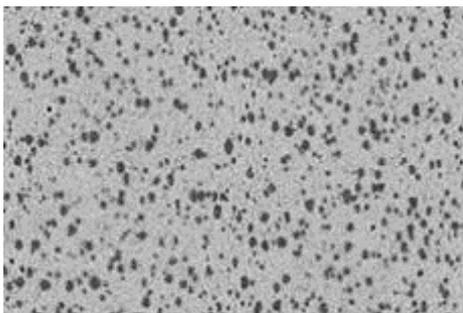


그림 2. Vanadis 8 SuperClean, 15% MC 카바이드

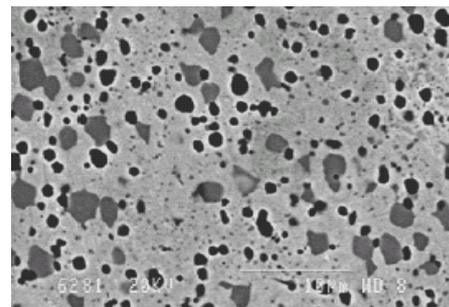


그림 6. 13%(9% MC+ 3% M7C) 혼합 크기 카바이드를 포함하고 있는 PM 등급

## 공구의 수명을 늘리는 카바이드 구조

Vanadis 8 SuperClean 의 높은 미세 바나듐 카바이드 함량은 AHSS 와 같이 단단하고 마모성이 높은 재료 작업 시 중요한 연마 마모에 대한 저항력을 극대화합니다. 미세 카바이드는 단단한 입자가 공구 표면 위를 긁을 때 발생하는 미세 절단에 저항하는 보호벽 역할을 합니다.

Vanadis 8 SuperClean 으로 만들어진 공구는 훨씬 오래 날카로운 절단 모서리와 치수 정확성을 유지합니다. 고속강의 굽고 거친 혼합 카바이드는 응력 집중을 유발하고 치핑과 균열을 일으키며, Vanadis 8 SuperClean 은 고르게 분포된 카바이드로 이러한 위험을 최소화합니다.

동시에 매우 깨끗한 동질의 구조는 강철의 연성을 강화하여 치핑이나 크래킹 없이 더 높은 부하를 흡수하도록 합니다. 작은 카바이드의 높은 경도는 모서리의 조기 마모에 대한 저항력을 개선함으로써 높은 하중에서 긴공구 수명을 확보합니다.

이러한 조합을 통해 Vanadis 8 SuperClean 은 AHSS 의 블랭킹과 편칭 등 극단적인 마모와 높은 응력이 가해지는 긴 공구 생산 시간을 견딜 수 있는 이상적인 공구강으로 완성됩니다.

Vanadis 8 SuperClean 은 바나듐 카바이드의 경도와 안정성을 활용하여 공구의 수명을 연장할 뿐만 아니라 전반적인 제조 효율성을 개선하여 공구 유지보수 및 교체 필요성을 줄여줍니다.

### Vancron SuperClean

Vancron SuperClean 은 질소 합금 PM 공구강으로써 특유의 질소 합금 구성과 분말야금(PM) 기술을 결합하여 고성능 공구강 중에서 차별화된 제품으로 자리매김했습니다. 이 제품의 초미세구조는 내마모성과 깰링 저항성의 균형을 이룸으로써 Vancron SuperClean 을 깰링과 같은 연마 마모가 문제가 되는 성형과 블랭킹 작업에 특히 효율적으로 만들어줍니다.



그림 7. 심각한 깰링이 발생한 스탬핑 펀치

### 고질소 카보나이트라이드 - 깰링 저항성

질소 합금 공정은 스틸 매트릭스 내에서 자연적인 저마찰 표면을 제공하는 고질소 카보나이트라이드를 형성합니다. 시간이 지나면 마모되거나 갈라질 수 있는 외부 코팅과 달리 이 특성은 재료 자체에 내재된 특성입니다. 매끄러운 저마찰 표면은 특히 코팅된 AHSS(예: 아연용융 또는 알루미늄 처리 강철)의 작업 시 금속 대 금속 응착을 최소화함으로써 높은 접촉 압력과 슬라이딩 상태에서 깰링 위험을 줄입니다.

미세 분포된 바나듐 카보나이트라이드는 깎링 저항성에 더하여 뛰어난 연마 마모 저항성을 제공합니다. 이를 통해 공구는 마모가 심한 환경에서도 오랜 생산 시간 동안 모서리의 완전성과 성능을 유지합니다.

Vancron SuperClean 은 특히 믿을 수 있는 장기적 공구 성능이 필수인 용도에 적합합니다:

- 아연용융(GI/GA) 또는 알루미늄 처리 강판 등 코팅된 AHSS 의 성형 공구.
- 낮은 마찰과 높은 모서리 내마모성을 요구하는 블랭킹 및 편창 공구.
- 높은 슬라이딩 압력과 표면 접촉이 발생하는 복합 스탬핑 및 성형 작업.

Vancron SuperClean 은 추가 코팅의 필요성을 제거함으로써 일관적인 성능을 제공하면서 공구 유지보수를 간소화합니다. 자체 윤활 특성은 작업 재료가 공구에 밀착되어 조기 공구 고장 위험과 교체 필요성을 없애주는 고유 특성을 제공합니다.

## 결론

현대 제조에서 초고장력강(AHSS)은 연마 마모, 깎임, 치핑에 노출된 공구강에 특히 상당히 어려운 문제를 제시합니다. ASSAB의 고성능 공구강 Vanadis 4 Extra SuperClean, Vanadis 8 SuperClean, 및 Vancron SuperClean은 이러한 문제를 해결하고 혹독한 냉간 작업에서 공구 수명을 늘릴 수 있도록 개발되었습니다.

**Vanadis 4 Extra SuperClean** 내마모성과 인성의 뛰어난 균형을 제공함으로써 내구성과 치핑 저항성을 요구하는 용도에 맞게 다재다능하게 활용할 수 있습니다.

**Vanadis 8 SuperClean** 연마 마모의 지배를 받는 환경에서 뛰어나며, 우수한 모서리 보존 능력 및 장기 생산 시 공구 수명 연장 능력을 제공합니다.

**Vancron SuperClean**, 고질소 카보나이트라이드를 이용하여 본질적인 깎임 저항성을 제공하고 코팅의 필요성을 줄임으로써 코팅된 AHSS 성형에 특히 효과적입니다.

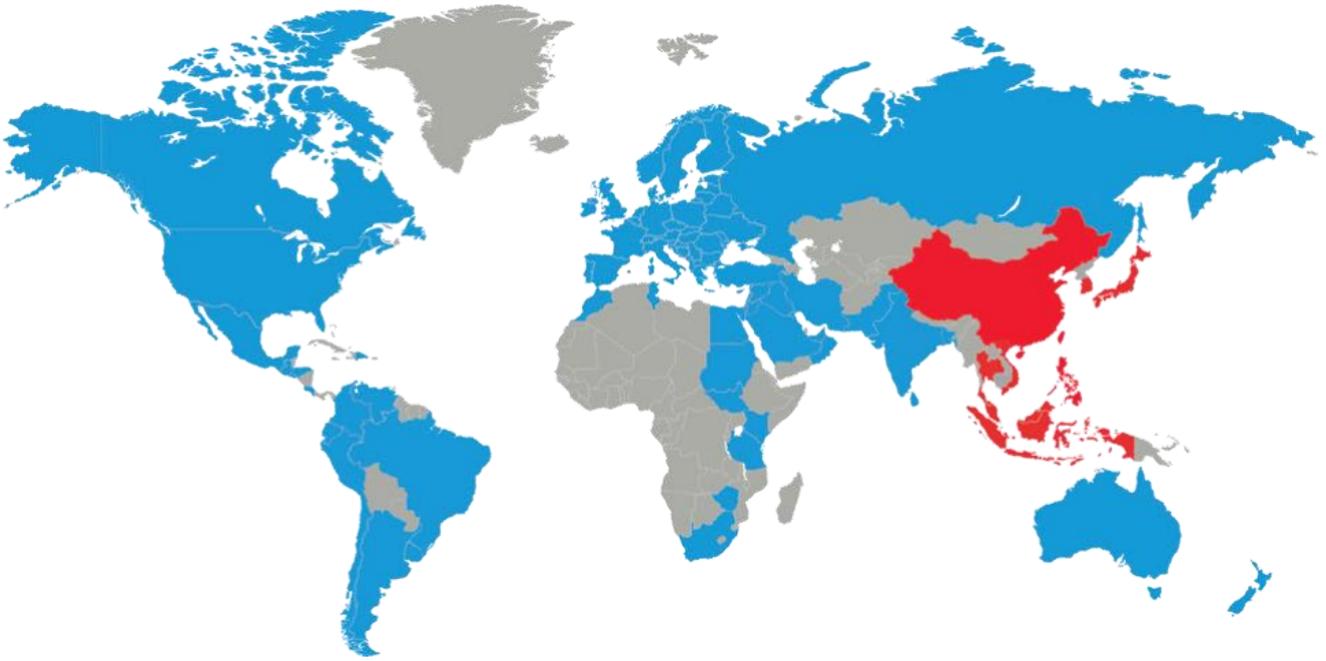
깎임, 연마 마모, 치핑 등 과제에 적합한 공구강을 선택함으로써 제조사는 AHSS 재료 작업 시 생산성을 높이고 비가동 시간을 줄일 수 있으며 일관적인 고품질 결과를 달성할 수 있습니다.

Vanadis 4 Extra SuperClean, Vanadis 8 SuperClean, and Vancron SuperClean의 사용 시기			
공구강	기본 강도	용도	다음에 이상적입니다.
<b>Vanadis 4 Extra SuperClean</b>	인성과 내마모성의 균형	AHSS를 위한 블랭킹, 성형 및 스탬핑 공구	조기 고장을 방지하기 위해 인성과 내마모성의 균형이 필요한 응용 분야
<b>Vanadis 8 SuperClean</b>	뛰어난 연마 마모 저항성	대량 AHSS 블랭킹 및 펀칭	모서리 유지 능력 극대화가 중요한 혹독한 연마 마모 환경.
<b>Vancron SuperClean</b>	우수한 깎임 저항성, 낮은 마찰	코팅된 AHSS (예: 아연용융) 성형 공구	연마 마모(깎임)가 지배적으로 나타나고 코팅이 실용적이지 않은 용도.

표 2. 여러 환경을 위한 ASSAB 솔루션

제조사들은 이러한 발전된 공구강의 고유 특성을 활용하여 공구 성능을 최적화하고 AHSS 재료가 제시하는 다양한 과제를 해결할 수 있습니다.





올바른 강재를 선택하는 것은 매우 중요합니다. ASSAB의 엔지니어와 야금 전문가들은 각 용도에 맞는 최적의 강종과 가장 적합한 처리를 선택할 수 있도록 항상 도움을 드릴 준비가 되어 있습니다. ASSAB은 우수한 품질의 철강 제품을 공급할 뿐만 아니라 최첨단 가공, 열처리, 표면 처리 서비스 및 적층 가공(3D 프린팅)을 제공하여 고객의 요구 사항을 최단 기간에 충족하면서 톨링 성능을 향상시킬 수 있도록 지원합니다. 원스톱 솔루션 제공업체로서 총체적인 접근 방식을 사용하는 당사는 단순한 공구강 공급업체 그 이상입니다.

아시아 태평양 지역에서 ASSAB은 공구강 산업에서 350년 이상의 경험을 가진 스웨덴의 공구강 제조업체인 우데홀름의 유통망을 확보하고 있습니다. 두 회사 모두 1995년부터 비엔나 증권거래소에 상장된 오스트리아에 본사를 둔 저명한 기업인 voestalpine AG의 필수적인 부분입니다. 양사는 함께 다양한 제품과 서비스를 제공하며 철강 및 기술 분야의 핵심 기업으로 자리매김하고 있습니다.

자세한 내용은 다음을 참조하세요.

[www.assab.com](http://www.assab.com)

