

AHSS 模具钢解决方案

聚焦 VANADIS 4 EXTRA SUPERCLEAN,
VANADIS 8 SUPERCLEAN, VANCRON SUPERCLEAN



Anders Sahlén – 产品经理, Uddeholm

摘要

在现代制造业中，尤其是汽车行业，先进高强度钢（AHSS）的应用日益广泛，这对模具材料提出了极为严苛的要求。成型力大、磨损性强以及崩角和粘着的风险，都促使行业寻求先进的解决方案。本文将探讨适合先进高强度钢冷成型的四款高性能模具钢：Vanadis 4 Extra SuperClean、Vanadis 8 SuperClean、Vancron SuperClean 和 Caldie。

通过采用粉末冶金（PM）、先进合金技术、电渣重熔（ESR），赋予了这些钢材卓越的抗磨粒磨损、抗粘着磨损（冷焊）和抗疲劳开裂的性能，同时保持了足够的延展性和尺寸稳定性。Vanadis 4 Extra SuperClean 兼顾了韧性和耐磨性，Vanadis 8 SuperClean 在极端磨损条件下表现卓越，Vancron SuperClean 具备抗冷焊的特性，Caldie 则在加工中到高强度 AHSS 时表现出优异的抗崩角性能。所有这些钢材都可通过做表面涂层来进一步延长模具寿命。

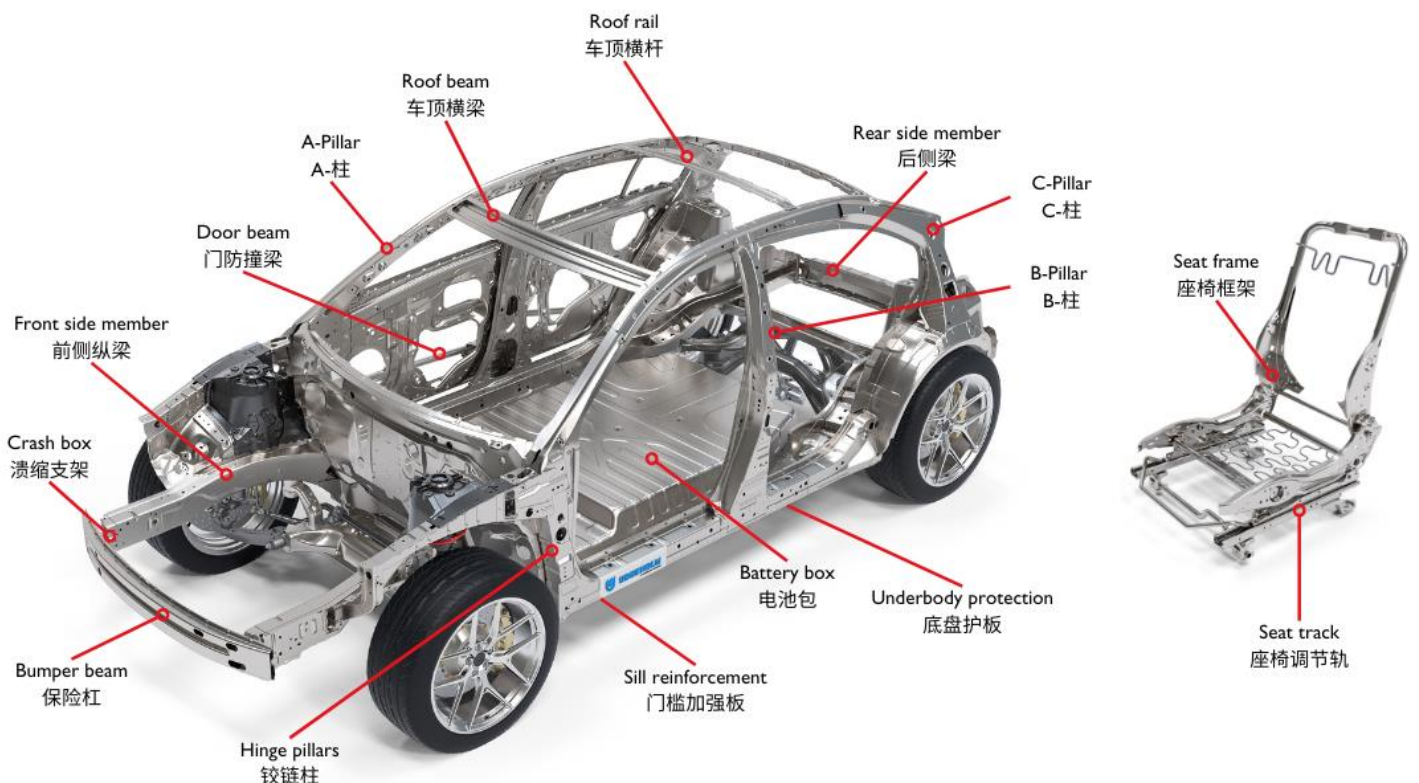
通过详细的分析，包括机械性能、失效机制和实际案例，本文阐述了条件苛刻的 AHSS 冲压及成型中，选择适合的模具钢可以延长模具寿命，减少停机时间，并优化生产效率。

先进高强度钢

确保生产的可持续性、高效与安全是当今全球制造业的核心目标，尤其是在汽车行业。先进高强度钢（AHSS）在实现这些目标中发挥着关键作用，在保持高强度和碰撞安全性的同时，实现了无与伦比的减重效果。AHSS 使汽车制造商能够生产出更轻、更安全、更节能的汽车，从而减少尾气排放，降低整体环境影响。



AHSS 的应用正迅速扩展，这一趋势受到日益严格的排放法规和对成本效益型轻量化设计需求的推动。AHSS 已成为生产汽车结构件的关键材料，例如 B 柱、防撞梁以及电动汽车（EV）和混合动力车型的电池壳体。在全球范围内，可持续发展目标和政府政策正在改变着汽车行业部局，从而加速推动 AHSS 的应用。



然而，AHSS 的应用并非没有挑战。其高强度和复杂的显微组织使其在加工过程中更具挑战性，尤其是在成型、冲压和冲孔等冷作应用中。这些挑战主要体现在以下几个方面：

磨粒磨损： AHSS 的高硬度会显著加剧模具的磨损。在成型过程中，被加工材如同砂纸一般，快速刮磨模具表面，导致模具很快就磨损、变钝，进而失效。

粘着磨损（冷焊）： 在加工涂层或不锈钢 AHSS 时，模具与材料之间的剧烈摩擦可能使材料粘附在模具表面，进而导致模具和工件表面都产生粗糙、撕裂的区域而损坏。

崩角与开裂： 加工 AHSS 时所需的高机械载荷可能导致模具刃口出现崩角（小碎片脱落）和开裂（在反复应力作用下形成微裂纹并扩展）。这种情况通常发生在冲裁或冲压操作中，会降低模具寿命和精度。

塑性变形： 在 AHSS 成型和冲裁过程中，高接触压力可能导致普通模具钢发生永久性弯曲或凹陷。这会破坏模具的几何形状和精度，导致零件质量下降，增加维护成本。

AHSS 的强度决定了模具是否能够在加工过程中保持其形状，而其独特的显微组织则决定了材料与模具在生产过程中的相互作用方式。AHSS 中不同的相——铁素体、马氏体、贝氏体或奥氏体——具有不同的特性，导致模具不同的失效形式，如磨损、粘着或变形。

典型的 AHSS 板材及其组织		
AHSS 类型	显微组织	强度 (MPa)
双相钢 (DP)	铁素体 + 马氏体	500-1000
复相钢 (CP)	铁素体 + 贝氏体 + 马氏体	780-1000
马氏体钢 (MS)	马氏体	1100-1400
铁素体-贝氏体钢 (FB)	铁素体 + 贝氏体	600-800
TRIP 钢	铁素体 + 贝氏体 + 奥氏体	500-700
TWIP 钢	奥氏体 + 孪晶	900-1200

表 1. AHSS 板材类型及其显微组织

铁素体： 易产生粘附而导致冷焊，最终引发粘着磨损。

马氏体： 主要导致磨粒磨损和崩刃。

贝氏体：会导致磨粒磨损和粘着磨损的混合磨损，且表现出一定的粘性。

奥氏体（尤其是 TRIP 和 TWIP 钢中的奥氏体）：因其加工硬化率高，易引发塑性变形和局部应力破坏。

了解这些显微组织与失效之间的关系，有助于选择合适的解决方案。通常需要综合考虑模具材料的硬度、耐磨性、塑性以及尺寸稳定性等。

以下是 Vanadis 4 Extra 冲裁厚度为 1.5 毫米的 AHSS 板材的案例。

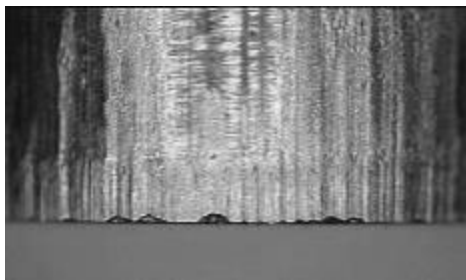


图 1. AISI D2, 50,000 个零件

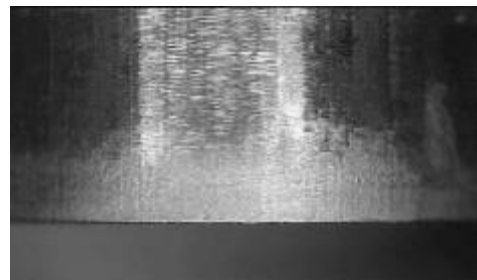


图 2. Vanadis 4 Extra SuperClean, 50,000 个零件

传统模具钢难以满足 AHSS 日益严苛的要求，常常导致模具失效、停机以及增加维护成本，代价高昂。

模具成本分析 €

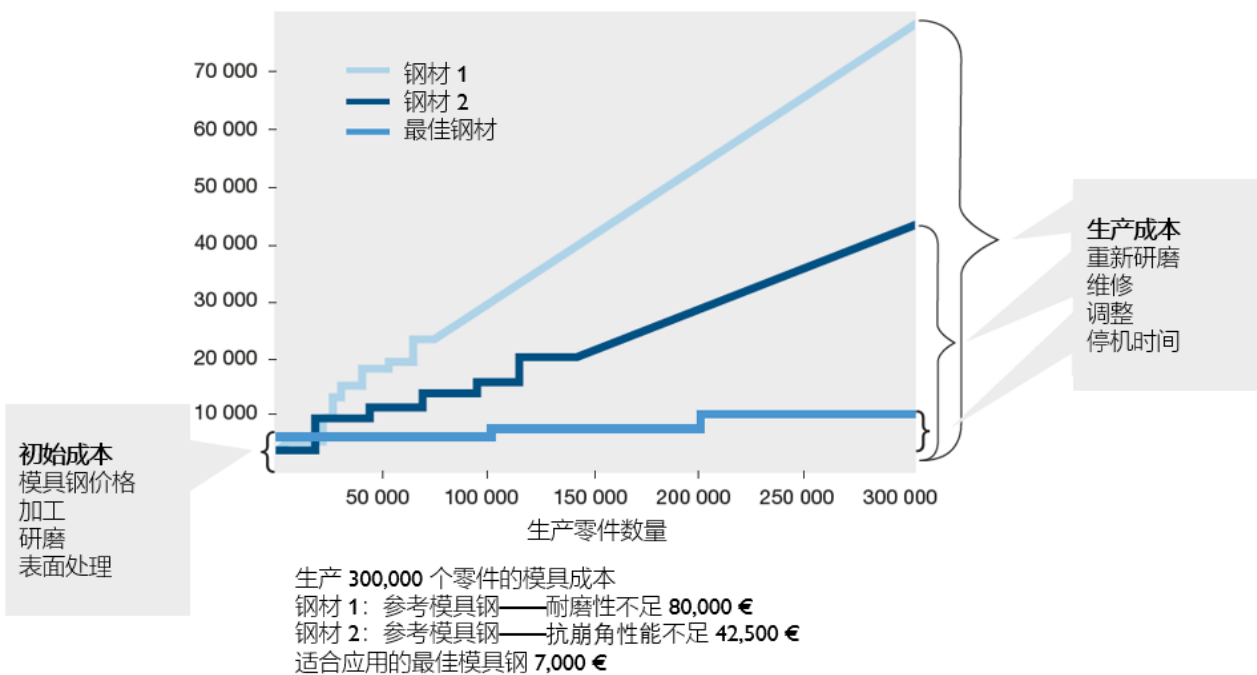


图 3：模具总成本（线条中的阶梯表示修模成本）

一胜百 AHSS 解决方案

为应对这些挑战，一胜百推出了专为 AHSS 设计的高性能解决方案。目前表现卓越的五种一胜百模具钢分别是 Caldie、Unimax、Vanadis 4 Extra、Vanadis 8 SuperClean 和 Vancron SuperClean。这些钢种在 AHSS 成型和冲切应用中展现了独特的性能及优势。

粉末冶金 (PM) 模具钢

粉末冶金 (PM) 工艺代表了模具钢制造的巅峰。与传统冶金工艺不同，PM 工艺生产的碳化物细小且分布均匀，从而赋予钢材卓越的耐磨性、高韧性以及组织均匀性。从而使 PM 钢成为要求极高的加工应用的理想选择，如 AHSS 的冲裁和成型。

Vanadis 4 Extra SuperClean

Vanadis 4 Extra 为成分优化的铬钼钒合金，具有碳化物均匀分布的显微组织。严格控制的粉末冶金 (PM) 工艺使得材料具有以下特性：

高的耐磨粒磨损与粘着磨损性能：均匀分布的碳化物使得模具钢能够应对主要发生在 AHSS 冲裁和成型中的磨损。

卓越的延展性和抗崩角性能：脆性断裂可能导致灾难性后果，而 Vanadis 4 Extra 具有较高的延展性，显著降低了崩角或开裂的风险，尤其是在高循环载荷条件下。



图 4. 四点弯曲试验与 PM 23 类钢 (60-62 HRC) 的对比

尺寸稳定性：热处理变形极小，使用过程中时效效应极低，确保了模具精度和一致性，这对于高精度应用至关重要。

可制造性与实操性

从模具制造角度来看，Vanadis 4 Extra 具有很好的加工性和磨削性，这是许多高合金模具钢所不具备的特性，有助于提高模具加工与研磨的效率，使制造商无需额外加工成本就能保证高精度。Vanadis 4 Extra SuperClean 特别适合 AHSS 对模具材料要求极为严苛的情况，例如：

- 承受循环载荷的模具：需要耐磨性和延展性综合性能，防止过早失效。
- 在成型过程中承受高机械应力的模具：必须同时具备抗塑性变形和抗疲劳开裂的能力。
- 在苛刻条件下保持性能：传统模具钢通常无法满足寿命要求，而 Vanadis 4 Extra SuperClean 能够在这种环境中保持稳定的性能，因此被视为理想的“全能型”材料。

Vanadis 8 SuperClean

Vanadis 8 SuperClean，其高的钒含量及优化的成分组合，使得碳化物细小并均匀分布。这种微观结构赋予其卓越的耐磨性，特别适合于大批量生产以及对耐磨性要求极高的应用。

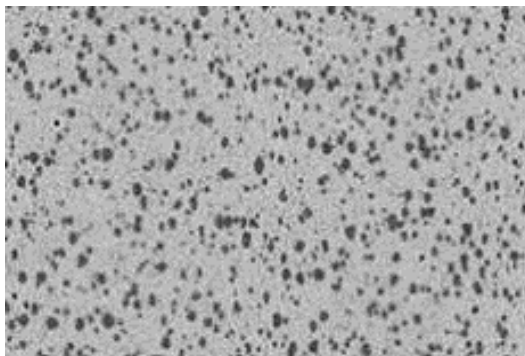


图 5. Vanadis 8 SuperClean，15% MC 碳化物

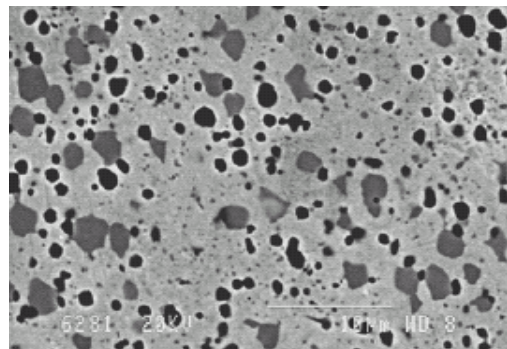


图 6. 含有 13% (9% MC + 3% M7C) 混合尺寸碳化物的 PM 钢种

碳化物组织如何延长模具寿命

Vanadis 8 SuperClean 中大量的细小碳化钒提供了极高的抗磨粒磨损性能，这对于加工 AHSS 等硬质、磨粒材料至关重要。这些细小碳化物如同保护屏障，能够抵抗硬质颗粒在模具表面滑动时产生的微切削现象。

Vanadis 8 SuperClean 制成的模具能够在更长时间内保持切刃口的锋利和尺寸精度。高速钢中粗大且不均的碳化物会形成应力集中而引发崩角和开裂，Vanadis 8 SuperClean 中均匀分布的细小碳化物显著降低了这种风险。

同时，其均匀且超纯净的组织显著提升了钢材的延展性，使其能够承受高载荷，避免崩角或开裂。细小碳化物的高硬度进一步增强了刃口抗磨损性能，从而延长模具在高载荷条件下的使用寿命。

以上综合性能使 Vanadis 8 SuperClean 成为大批量生产、高载荷、高磨损应用的理想模具钢，例如 AHSS 的冲裁和冲孔。

碳化钒的高硬度和稳定性使得 Vanadis 8 SuperClean 不仅延长了模具寿命，还提高了整体生产效率，降低了模具维护和更换的频率。

Vancron SuperClean

Vancron SuperClean 是一种含氮粉末冶金 (PM) 模具钢。凭借其独特的氮合金成分以及粉末冶金 (PM) 技术，Vancron SuperClean 在高性能模具钢中脱颖而出。独特的显微组织使其兼具耐磨性和抗冷焊性能，因此 Vancron SuperClean 特别适用于主要失效为粘着磨损 (冷焊) 的成型和冲裁应用。



图 7. 冲压冲头发生严重的冷焊

富氮碳氮化物——自有的抗冷焊性能

氮合金化工艺形成了富氮碳氮化物，从而在钢基体内提供了天然的低摩擦表面。与容易磨损或剥落的外部涂层不同，这种特性是材料本身固有的。这种光滑、低摩擦的表面能够显著减

少金属间的粘附，降低了在高接触压力且相对滑动情况下的冷焊风险，尤其适用于加工涂层 AHSS（例如镀锌或镀铝钢）。

除了抗冷焊性能外，细小且均匀分布的碳氮化钒还具有出色的抗磨粒磨损性能，使得模具在大批量生产中能够保持刃口完整和性能，即使在高磨损环境中也是如此。

Vancron SuperClean 特别适合对长期稳定性能有严格要求的应用，包括：

- 带涂层的 AHSS 成型模具，例如镀锌 (GI/GA) 或镀铝板。
- 要求低摩擦和高刃口耐磨性的冲裁和冲孔模具。
- 高接触压力且相对滑动的复杂的冲压与成型。

Vancron SuperClean 可以避免涂层，简化了模具维护，并具有稳定的性能。其自润滑特性有效防止工件材料粘附在模具上，显著降低了模具早期失效和更换的风险。

结论

先进的高强度钢 (AHSS) 在现代制造业中的广泛应用，对模具钢材的耐磨损、抗冷焊和崩角的性能形成严峻挑战。一胜百 的高性能模具钢——Vanadis 4 Extra SuperClean、Vanadis 8 SuperClean 和 Vancron SuperClean——专为解决这些问题而开发，能够显著延长模具在严苛的冷作加工中的使用寿命。

Vanadis 4 Extra SuperClean 在耐磨性和韧性之间实现了卓越的平衡，兼具耐用性和抗崩角性能，是多种应用的理想选择。

Vanadis 8 SuperClean 在抗磨粒磨损方面表现出色，能够保持模具刃口的完整性，延长使用寿命，特别适用于大批量生产。

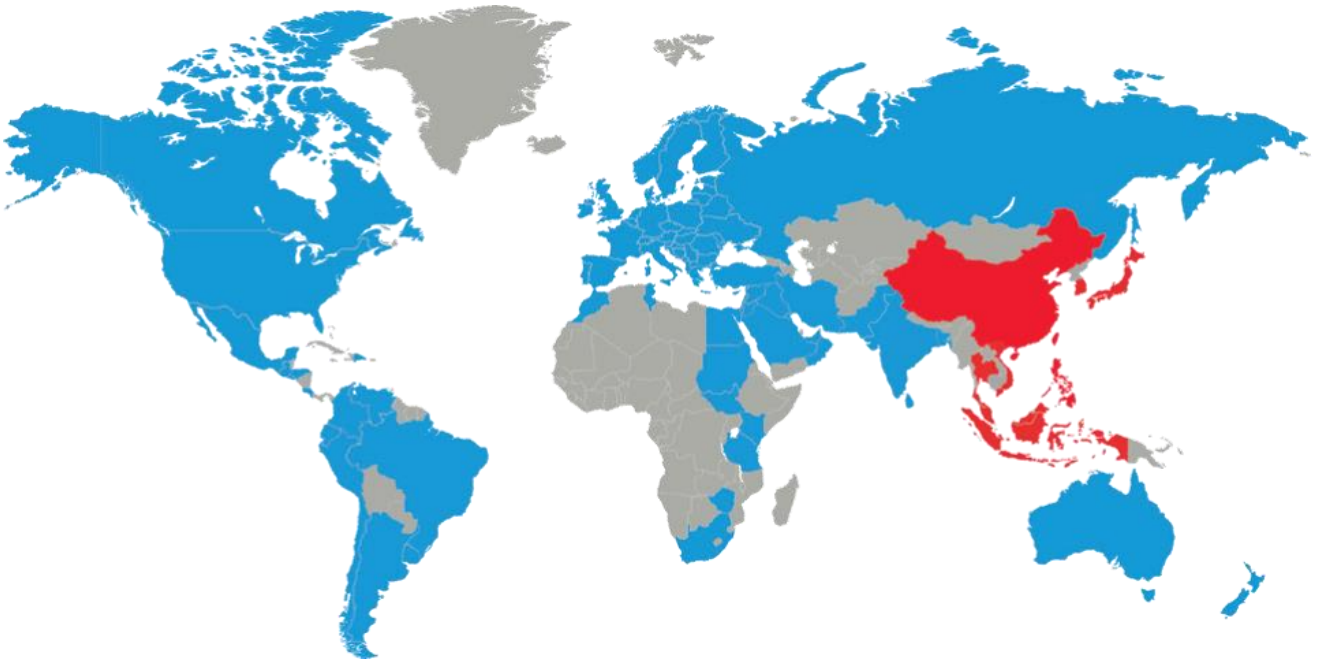
Vancron SuperClean 富含氮的碳氮化物使其具备自有的抗冷焊性能，减少了对涂层的需求，特别适用于带涂层的 AHSS 成型应用。

针对加工 AHSS 应用中不同的失效形式，如冷焊、磨粒磨损或崩角，选择合适的模具钢可以提高生产效率，减少停机，并保证产品的一致性与高品质。

如何选择 Vanadis 4 Extra SuperClean, Vanadis 8 SuperClean, Vancron SuperClean			
模具钢	主要优势	应用	适用
Vanadis 4 Extra SuperClean	兼具韧性与耐磨性	AHSS 的冲裁、成型与冲压	需要兼顾韧性和耐磨性，防止模具早期失效的应用
Vanadis 8 SuperClean	出色的抗磨粒磨损性能	大批量的 AHSS 冲裁与冲孔	严重磨粒磨损环境，需要保持模具刃口完整性的应用
Vancron SuperClean	出色的抗冷焊性能，自润滑	带涂层 AHSS（如镀锌）的成型	粘着磨损（冷焊）为主要失效形式的应用，且不适合做涂层

表 2. 适合不同应用的一胜百解决方案

生产商可以利用这些先进模具钢的独特性能，优化模具表现，应对各种挑战。



选择合适的钢材至关重要。一胜百的工程师和冶金专家随时准备协助您选择最适合的钢种和处理工艺。一胜百仅提供高品质的钢材，还提供先进的机加工、热处理、表面处理以及增材制造（3D 打印）服务，全方位提升您的模具性能，并在最短的交货期内满足您的需求。作为一站式解决方案的供应商，我们以整体化的服务理念，为您带来超越传统模具钢供应商的附加价值。

一胜百是亚太地区负责 Uddeholm 钢材的分销网络，Uddeholm 是一家拥有超过 350 年历史的瑞典模具钢生产商。两者均为 voestalpine AG 的家族成员，这是一家总部位于奥地利的知名企业，于 1995 年在维也纳证券交易所上市。我们携手成为钢铁和技术领域的关键参与者，提供多样化的产品和服务。

如需了解更多信息，请访问我们的官网：

www.assab.com

