

SKOLVAR

专为热冲压成形工艺中的软区模具设计

Marcus Pettersson

应用经理，热作模具钢

热成形工艺简介

热成形冲压是一种热力-机械工艺，用于利用先进高强度钢（AHSS）制造超高强度结构件。该工艺能够实现复杂形状的精确成形，同时将回弹效应降至最低，最终使材料的抗拉强度高达 2000 兆帕^[1]。如今，这项技术已成为汽车与交通行业不可或缺的关键技术，因为减轻重量和提升碰撞安全性正是这些领域亟待解决的首要课题。

在传统热成形冲压工艺中，首先将钢片坯料加热至奥氏体化温度，通常约为 880°C，随后迅速转移至模具中，在这里实现材料的同时成形与淬火。由于冷却速率极高，超过每秒 27°C，钢的微观组织会从奥氏体快速转变为以马氏体为主，从而显著提升其硬度和屈服强度^[1]。这一过程确保了成品部件在整个截面上拥有均匀一致的机械性能。



图 1 B 柱热成形冲压模具的示意图

从冶金学角度来看，热成形工艺的成功取决于对加热、成形和冷却过程的精确控制，以实现所需的形状和微观组织，同时防止成品中发生不必要的相变。该工艺常用的板材材料是 22MnB5，这种材料经过淬火处理后可获得理想的机械性能。此外，板材既可涂覆，也可不涂覆。

在热成形冲压过程中，我们常会遇到磨损、塑性变形、开裂和回火软化等失效机制，这对模具材料提出了极高要求。因此，选用成分经过优化设计的模具钢，并结合精密的生产工艺，以延长模具使用寿命，显得尤为重要。作为全球模具钢研发领域的领军企业之一，Uddeholm 和一胜百始终致力于开发高性能解决方案，满足这些严苛需求，从而有效延长模具寿命。

柔软区域模具

在先进的热冲压应用中，定制回火工艺已被开发出来，以提升车辆的碰撞性能并减轻重量。通过采用定制回火技术，既能保持单一零部件的制造流程，又能充分利用设计自由度，从而增强安全性并实现轻量化目标。

通过在热压硬化过程中采用置于高温下的模具（称为“软区”），可通过对特定区域的冷却速率进行精准控制，从而制造出具备定制化机械性能的零部件。这一效果得益于模具组件中的局部热管理技术，通常可通过集成主动加热区域来实现。主动加热区是一种模具镶件，其表面下方安装有电加热元件。这将确保模具以受控的方式保持在较高温度。为减少模具组之间的交叉热传递，可在软区与冷区之间使用隔热板。这些隔热板通常由导热性较低的材料制成，如陶瓷或钢材，从而确保成品零件在力学性能上的更平稳过渡。

这些加热区域降低了淬火过程中的冷却速率，从而促进较软的贝氏体或铁素体-马氏体组织的形成，而非硬度更高的完全马氏体组织。较慢的淬火速度会使局部硬度下降，同时提高材料的延伸率，进而增强其延展性。这样一来，部件的关键区域将保持高强度，而其他部分则具备更好的延展性，例如在碰撞时有效吸收冲击能量，或在后续成型工序中便于连接与加工。

然而，加热模具的引入增加了对模具钢的热学和机械性能要求。软区模具的工作温度通常介于 550°C 至 630°C 之间，这对模具材料提出了较高挑战。最常见的失效机制是磨损和塑性变形，这通常是回火效应的结果。当模具钢长时间暴露于高温环境时，表面硬度会下降。而模具表面硬度降低后，将显著增加失效风险，进而导致更多维护工作，甚至可能造成模具报废。

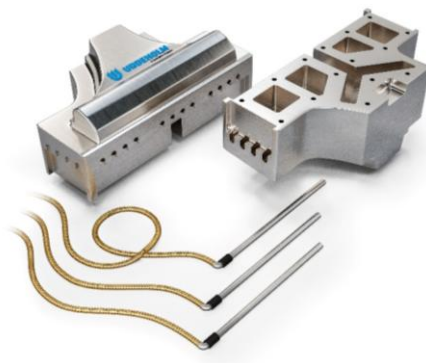


图 2 软区模具镶件，带加热元件

软区模具的模具钢选择

历史上，QRO 90 Supreme 因其卓越的回火抗力，一直是软区模具应用的行业标杆。这种特性使模具即使在长时间暴露于高温环境下，仍能保持其硬度和理想的机械性能。然而，我们最新研发的材料 **Skolvar**，正是专为热成形应用而设计，并已在软区模具的压淬工艺中展现出非凡的性能。

近期的工业试验证实，Skolvar 作为新一代替代品，其使用寿命是 QRO90Supreme 的三倍以上，能够有效抵御软区成型过程中所面临的极端热力与机械应力。



Skolvar 具备与 QRO 90 Supreme 相同的卓越回火抗力，同时实现了两项关键改进：可达到更高的硬度（最高达 61 HRC），以及更强的耐磨性能。这些特性不仅赋予材料更高的初始硬度和出色的软化抗性，还能在软化后依然保持优异的耐磨能力。得益于其专利配方，Skolvar 是一种经过 ESR 再熔处理的模具钢，富含钒碳化物，兼具冷作模具钢级别的耐磨性能，同时还具备良好的可加工性和焊接性。因此，它非常适合用于局部出现损伤或磨损时的维护。这些特性的结合确保了模具寿命的可预测性和延长，同时降低了成品零件的总成本。

图 3 显示了高温下的回火抗力，其中 Skolvar 和 QRO 90 Supreme 与作为参考钢种的 AISI H13/W-Nr. 1.2344 进行了对比。

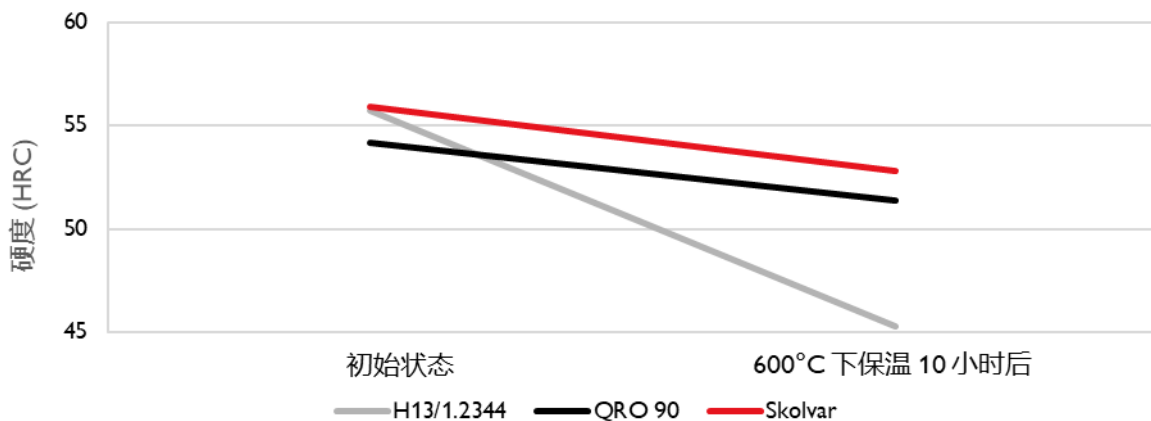


图 3 600°C 下 10 小时后材料的软化情况，显示出回火抗性。

因此，我们推荐使用 Skolvar 作为大批量生产中软区模具的首选材料。当模具性能、设备正常运行时间及维护效率对整体工艺稳定性至关重要，同时提高生产成本效益也尤为关键时，Skolvar 无疑是一个绝佳选择。

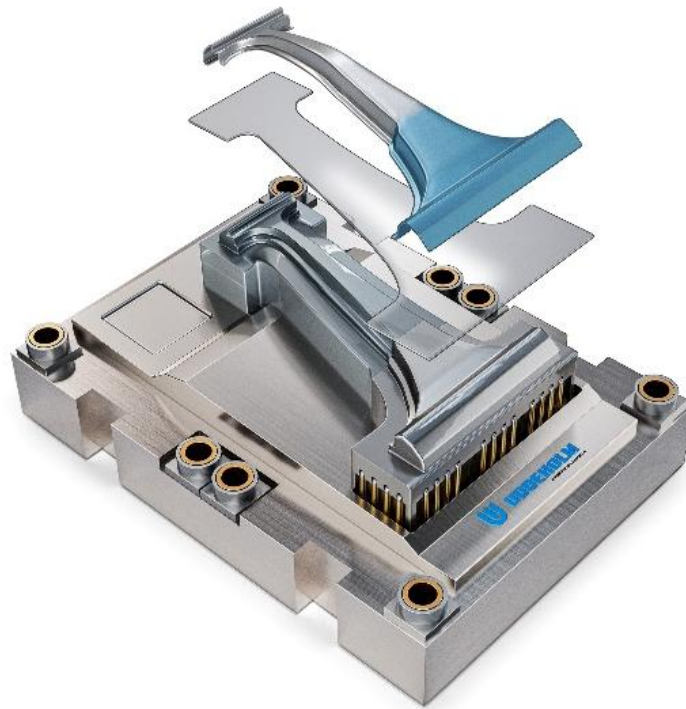
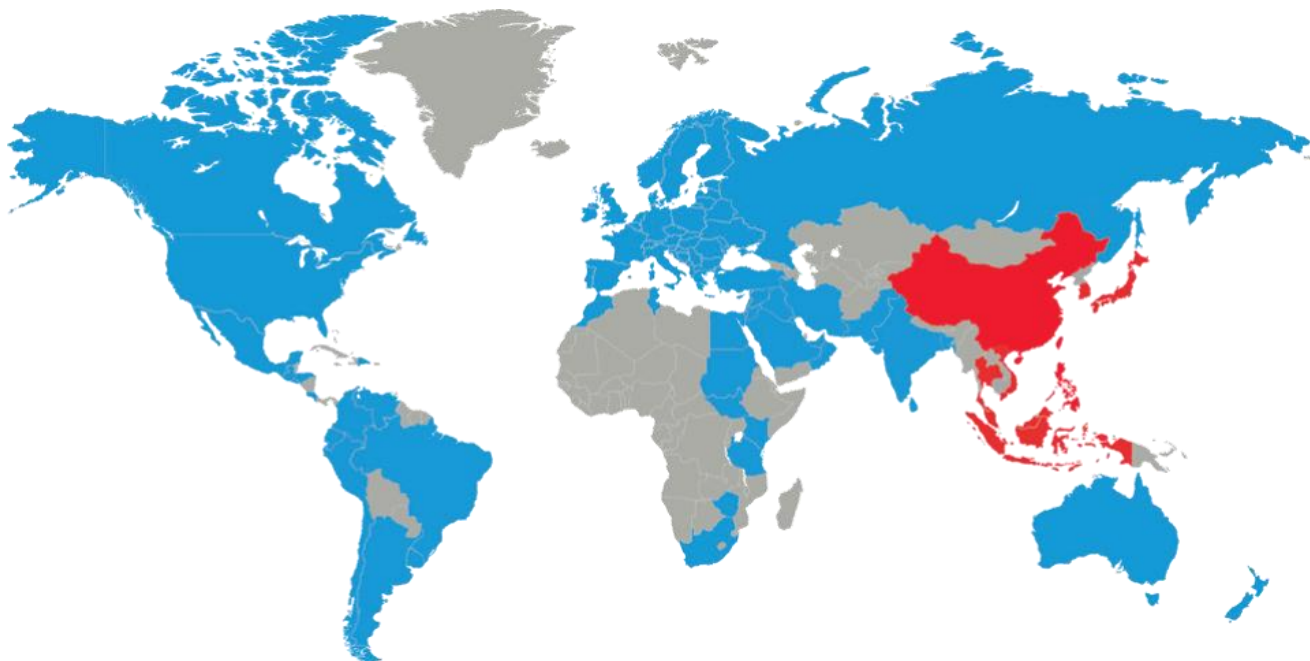


图 4 带有软区镶件的模具组示意图。

参考文献

[1] E. Billur, *Hot Stamping of Ultra High-Strength Steels*, 1st ed. Cham: Springer, 2018. ISBN: 978-3-319-98870-2.



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加工工艺。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

