

SKOLVAR

專為熱衝壓成形工藝中的軟區模具設計

Marcus Pettersson

應用經理，熱作模具鋼

熱成形工藝簡介

熱成形衝壓是一種熱力-機械工藝，用於利用先進高強度鋼（AHSS）製造超高強度結構件。該工藝能夠實現複雜形狀的精確成形，同時將回彈效應降至最低，最終使材料的抗拉強度高達 2000 兆帕^[1]。如今，這項技術已成為汽車與交通行業不可或缺的關鍵技術，因為減輕重量和提升碰撞安全性正是這些領域亟待解決的首要課題。

在傳統熱成形衝壓工藝中，首先將鋼片坯料加熱至奧氏體化溫度，通常約為 880°C，隨後迅速轉移至模具中，在這裡實現材料的同時成形與淬火。由於冷卻速率極高，超過每秒 27°C，鋼的微觀組織會從奧氏體快速轉變為以馬氏體為主，從而顯著提升其硬度和屈服強度^[1]。這一過程確保了成品部件在整個截面上擁有均勻一致的機械性能。



圖 1 B 柱熱成形衝壓模具的示意圖

從冶金學角度來看，熱成形工藝的成功取決於對加熱、成形和冷卻過程的精確控制，以實現所需的形狀和微觀組織，同時防止成品中發生不必要的相變。該工藝常用的板材材料是 22MnB5，這種材料經過淬火處理后可獲得理想的機械性能。此外，板材既可塗覆，也可不塗覆。

在熱成形衝壓過程中，我們常會遇到磨損、塑性變形、開裂和回火軟化等失效機制，這對模具材料提出了極高要求。因此，選用成分經過優化設計的模具鋼，並結合精密的生產工藝，以延長模具使用壽命，顯得尤為重要。作為全球模具鋼研發領域的領軍企業之一，Uddeholm 和一勝百始終致力於開發高性能解決方案，滿足這些嚴苛需求，從而有效延長模具壽命。

柔軟區域模具

在先進的熱衝壓應用中，定製回火工藝已被開發出來，以提升車輛的碰撞性能並減輕重量。通過採用定製回火技術，既能保持單一零部件的製造流程，又能充分利用設計自由度，從而增強安全性並實現輕量化目標。

通過在熱壓硬化過程中採用置於高溫下的模具（稱為“軟區”），可通過對特定區域的冷卻速率進行精準控制，從而製造出具備定製化機械性能的零部件。這一效果得益於模組中的局部熱管理技術，通常可通過集成主動加熱區域來實現。主動加熱區是一種模具鑲件，其表面下方安裝有電加熱元件。這將確保模具以受控的方式保持在較高溫度。為減少模組之間的交叉熱傳遞，可在軟區與冷區之間使用隔熱板。這些隔熱板通常由導熱性較低的材料製成，如陶瓷或鋼材，從而確保成品零件在力學性能上的更平穩過渡。

這些加熱區域降低了淬火過程中的冷卻速率，從而促進較軟的貝氏體或鐵素體-馬氏體組織的形成，而非硬度更高的完全馬氏體組織。較慢的淬火速度會使局部硬度下降，同時提高材料的延伸率，進而增強其延展性。這樣一來，部件的關鍵區域將保持高強度，而其他部分則具備更好的延展性，例如在碰撞時有效吸收衝擊能量，或在後續成型工序中便於連接與加工。

然而，加熱模具的引入增加了對模具鋼的熱學和機械性能要求。軟區模具的工作溫度通常介於 550°C 至 630°C 之間，這對模具材料提出了較高挑戰。最常見的失效機制是磨損和塑性變形，這通常是回火效應的結果。當模具鋼長時間暴露於高溫環境時，表面硬度會下降。而模具表面硬度降低后，將顯著增加失效風險，進而導致更多維護工作，甚至可能造成模具報廢。

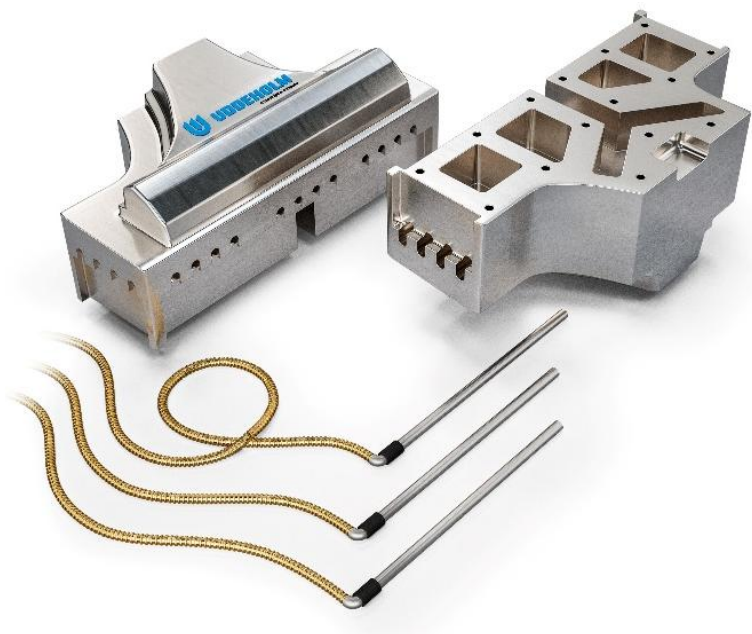
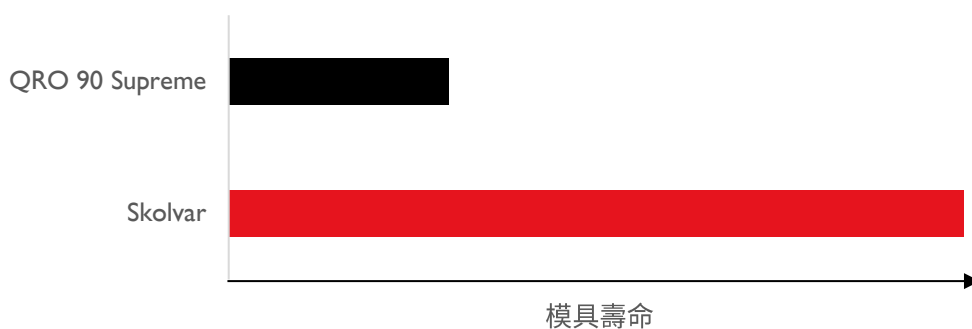


圖 2 軟區模具鑲件，帶加熱元件

軟區模具的模具鋼選擇

歷史上，QRO 90 Supreme 因其卓越的回火抗力，一直是軟區模具應用的行業標杆。這種特性使模具即使在長時間暴露於高溫環境下，仍能保持其硬度和理想的機械性能。然而，我們最新研發的材料 **Skolvar**，正是專為熱成形應用而設計，並已在軟區模具的壓淬工藝中展現出非凡的性能。

近期的工業試驗證實，Skolvar 作為新一代替代品，其使用壽命是 QRO90Supreme 的三倍以上，能夠有效抵禦軟區成型過程中所面臨的極端熱力與機械應力。



Skolvar 具備與 QRO 90 Supreme 相同的卓越回火抗力，同時實現了兩項關鍵改進：可達到更高的硬度（最高達 61 HRC），以及更強的耐磨性能。這些特性不僅賦予材料更高的初始硬度和出色的軟化抗性，還能在軟化后依然保持優異的耐磨能力。得益於其專利配方，Skolvar 是一種經過 ESR 再熔處理的模具鋼，富含釩碳化物，兼具冷作模具鋼級別的耐磨性能，同時還具備良好的可加工性和焊接性。因此，它非常適合用於局部出現損傷或磨損時的維護。這些特性的結合確保了模具壽命的可預測性和延長，同時降低了成品零件的總成本。

圖 3 顯示了高溫下的回火抗力，其中 Skolvar 和 QRO 90 Supreme 與作為參考鋼種的 AISI H13/W-Nr. 1.2344 進行了對比。

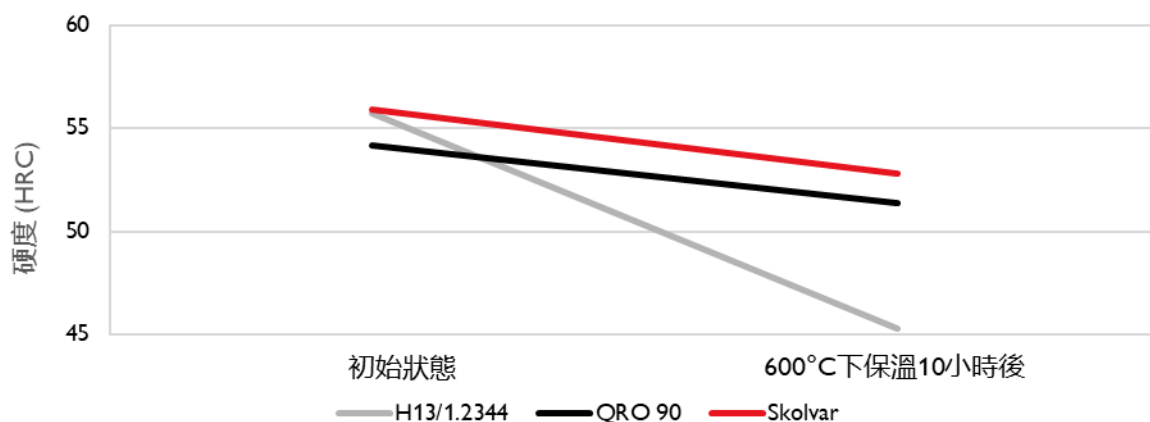


圖 3 600°C 下 10 小時后材料的軟化情況，顯示出回火抗性。

因此，我們推薦使用 Skolvar 作為大批量生產中軟區模具的首選材料。當模具性能、設備正常運行時間及維護效率對整體工藝穩定性至關重要，同時提高生產成本效益也尤為關鍵時，Skolvar 無疑是一個絕佳選擇。

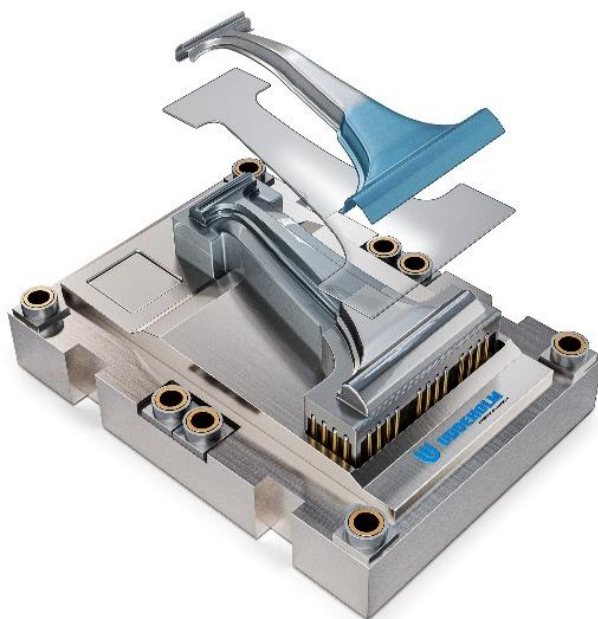
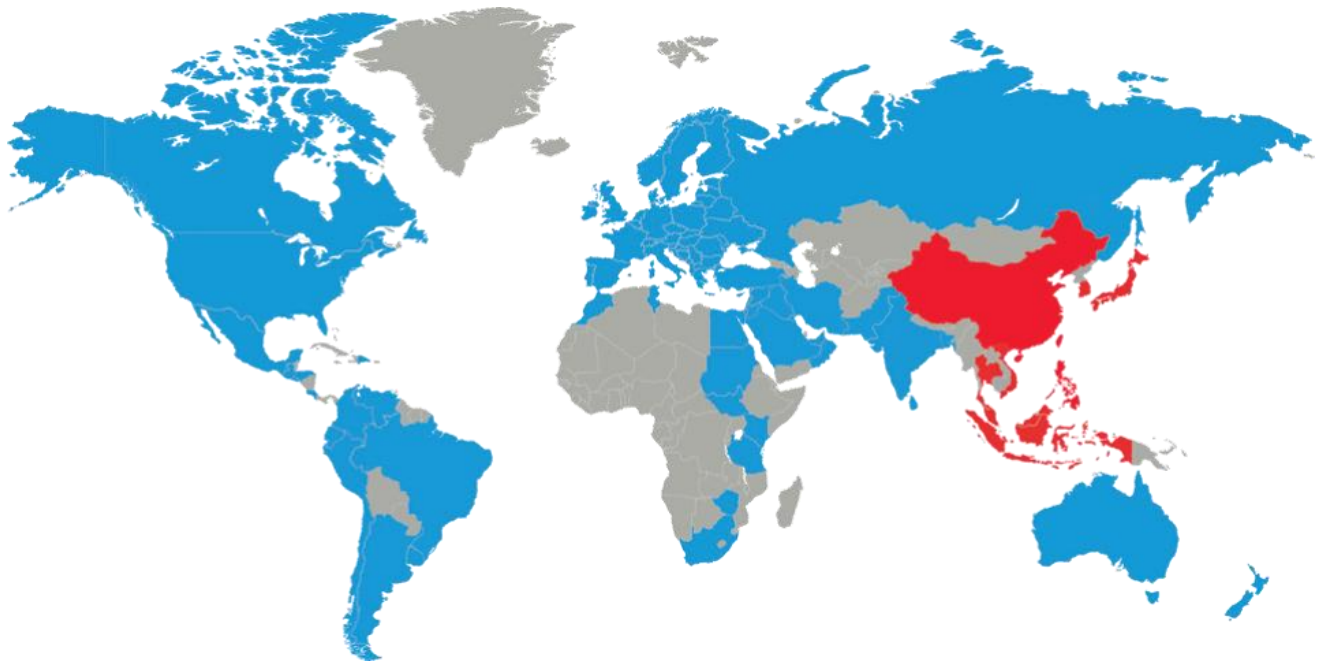


圖 4 帶有軟區鑲件的模組的模組示意圖。

參考文獻

[1] E. Billur, 超高強度鋼的熱沖壓，第一版。Cham：施普林格，2018 年。國際標準書號：978-3-319-98870-2。



選擇合適的鋼材至關重要。一勝百的工程師和冶金專家隨時準備協助您選擇最適合的鋼種和處理工藝。一勝百僅提供高品質的鋼材，還提供先進的機加工、熱處理、表面處理以及增材製造（3D 印表）服務，全方位提升您的模具性能，並在最短的交貨期內滿足您的需求。作為一站式解決方案的供應商，我們以整體化的服務理念，為您帶來超越傳統模具鋼供應商的附加價值。

一勝百是亞太地區負責 Uddeholm 鋼材的分銷網路，Uddeholm 是一家擁有超過 350 年歷史的瑞典模具鋼生產商。兩者均為 voestalpine AG 的家族成員，這是一家總部位於奧地利的知名企業，於 1995 年在維也納證券交易所上市。我們攜手成為鋼鐵和技術領域的關鍵參與者，提供多樣化的產品和服務。

如需瞭解更多資訊，請訪問我們的官網：

www.assab.com

