

SKOLVAR

ホットスタンピング工程におけるソフトゾーン用金型に 最適化された金型用高性能鋼材

Marcus Pettersson

アプリケーションマネージャー、熱間工具鋼

ホットスタンピングの概要

ホットスタンピングは、先進高強度鋼（AHSS）から超高強度構造部品を製造するための熱機械的プロセスです。複雑形状部品においても最小限のスプリングバックで生産可能であり、最大 2000MPa の引張強さを実現します。[1] この技術は、軽量化と衝突安全性の向上が最優先課題である自動車・輸送産業において不可欠なものとなっています。

従来のホットスタンピングでは、鋼板から切り出したブランク材をオーステナイト化温度（通常約 880°C）まで加熱後、金型へ移送し、成形と焼入れを同時に行います。27° C/s を超える急冷により、鋼のマイクロ組織はオーステナイトから主にマルテンサイトへと変化し、硬さと降伏強さが劇的に向上します。([1]) その結果、部品全体の機械的特性が向上します。



図 1

B ピラー用ホットスタンピング金型図解。

冶金学的観点では、ホットスタンピングを遂行するためには、所望の形状とミクロ組織を達成しつつ、完成品における望ましくない相変態を防ぐために、加熱、成形、冷却を精密に制御することが重要となります。このプロセスで一般的に使用される鋼板は 22MnB5 であり、焼入れ後に機械的特性を得るように設計されています。鋼板はコーティング材と未コーティング材の両方が使用されます。

ホットスタンピングでは、摩耗、塑性変形、割れ、軟化などの不具合現象が発生するため、金型材料に高い性能が求められます。そのため金型寿命を延長するには、特別に設計された化学成分と精密に制御された生産工程を組み合わせた高品質な工具鋼が不可欠です。工具鋼開発の世界的リーダーであるウッデホルムとアッサブは、これらの厳しい要求を満たし金型寿命を延長する高性能ソリューションを提供しています。

ソフトゾーン金型

高度なホットスタンピング用途では、衝突性能向上と軽量化を目的にテラードテンパリングが導入されています。これにより、単一部品での製造を維持しながら設計自由度を活かして安全性と軽量化を両立できます。ホットスタンピング工程において金型内に電気加熱素子を内蔵したアクティブ加熱帯を設けることで、特定領域の冷却速度を制御し、機械的特性を調整した部品の製造が可能となります。

金型セット間の熱伝達を低減するため、ソフトゾーンとコールドゾーンの間に断熱板を使用できます。断熱板は通常、セラミックや鋼など熱伝導率の低い材料で構成され、完成部品の機械的特性移行を改善します。これらの加熱領域は焼入れ時の冷却速度を低下させ、硬さが高い完全なマルテンサイト組織ではなく、より軟らかいベイナイト組織またはフェライト-マルテンサイト組織の形成を促進します。焼入れ速度の低下は局所的に硬さを低下させ、伸びを改善し、ひいては延性を向上させます。これにより、重要な領域では高強度を維持しつつ、衝突時の衝撃エネルギー吸収または接合・成形などの後加工工程で要求される延性が向上した領域を有する部品が得られます。

しかしながら、加熱金型の導入は工具鋼に対する熱的・機械的負荷を増大させます。ソフトゾーン金型は通常 550～630℃で使用されるため、金型材料に高い要求が課されます。最も一般的な破損機構は、軟化による摩耗と塑性変形です。これは工具鋼が高温に長時間晒されることで表面硬さが低下する現象です。金型表面の硬さ低下は破損リスクを高め、補修頻度の増加や金型廃棄に至る可能性があります。

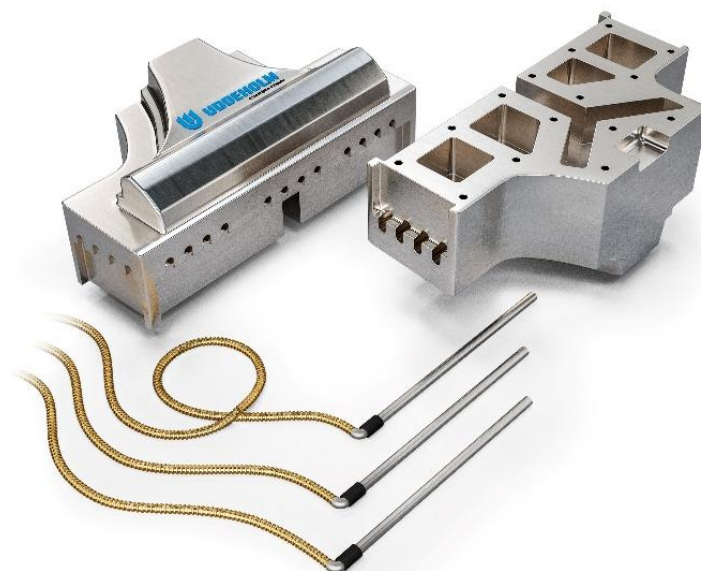


図 2 ソフトゾーン用金型インサート（発熱体付き）

ソフトゾーン用金型の工具鋼選定

従来、ソフトゾーン金型用途における業界標準は、軟化抵抗に優れた QRO 90 Supreme でした。この特性により、長時間高温環境下に晒された場合でも要求される金型の硬さと機械的特性を維持することができます。しかし、当社が新たに開発した材料 Skolvar は、熱間成形用途に特化した開発鋼種であり、ホットスタンピング処理におけるソフトゾーン金型への適用において卓越した性能を発揮しています。

近年の産業的な試験により、Skolvar は次世代代替材として認識され、ソフトゾーン成形での過酷な熱的・機械的ストレスに耐えることで、QRO90 Supreme の 3 倍以上の金型寿命を達成しています。



Skolvar は QRO90 Supreme と同等の優れた軟化抵抗を保持していることに加えて、最大 61HRC の硬さと耐摩耗性の向上の二つの重要な改良点を実現しています。これらの特性により、優れた軟化抵抗を伴う高い初期硬度を実現し、軟化した状態でも耐摩耗性を維持します。特許取得の化学組成により、Skolvar はバナジウム炭化物で強化された ESR 再溶解工具鋼であり、良好な被削性と溶接性を維持しながら冷間加工工具鋼に匹敵する耐摩耗性を有します。これにより、局所的な損傷や摩耗が発生した場合でも補修し再利用することができます。これらの特性の組み合わせにより、安定的に金型寿命を延長することができ、生産全体の総コスト削減に繋がります。

図 3 に高温下における軟化抵抗を示します。Skolvar と QRO 90 Supreme を、基準鋼種である AISI H13/W-Nr. 1.2344 と比較した結果です。

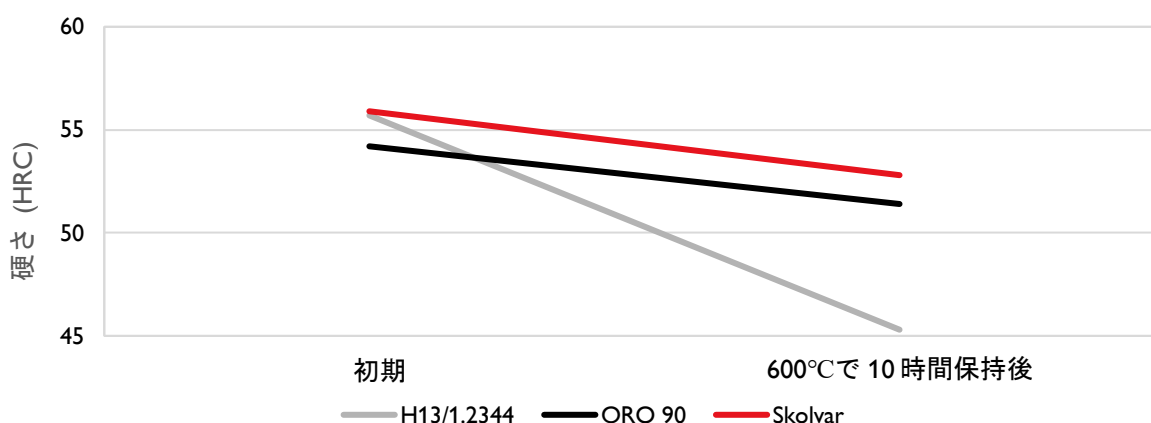


図 3 600°Cで 10 時間保持後の材料軟化状態（軟化抵抗を示す）

これらの理由から、大量生産におけるソフトゾーン金型には Skolvar を推奨します。金型の性能、稼働時間、メンテナンス効率が工程全体の安定性に重要であり、生産のコスト効率を高める必要がある場合に最適な選択肢です。

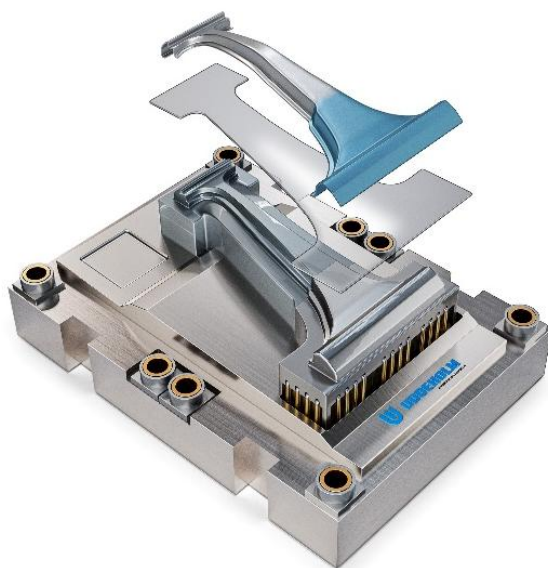
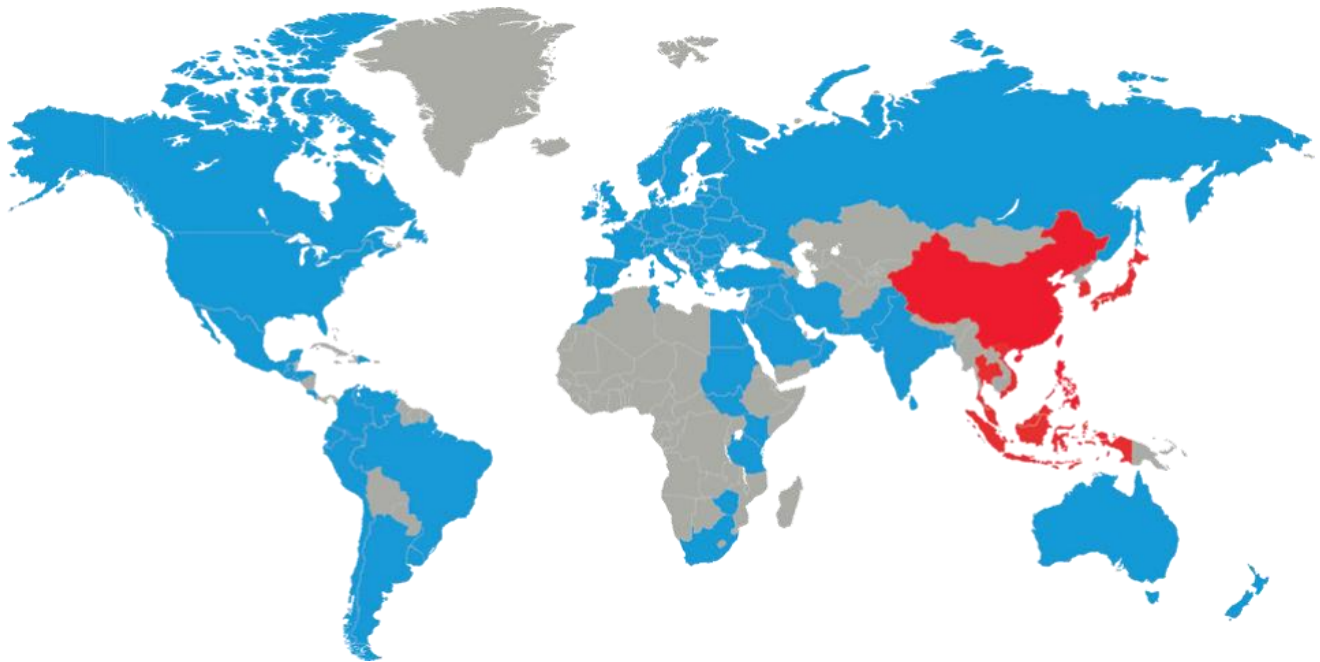


図 4 ソフトゾーンインサート付き金型セットの図示。

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.



鋼材選びは非常に重要です。ASSAB の販売・技術スタッフは、お客さまが用途に応じた最適な鋼材を選択し、適切な処理を行うサポートができるように努めております。ASSAB は高品質の鋼材を販売するだけでなく、最先端の機械加工、熱処理および表面処理サービスを短納期で提供することで、鋼材の特性を、お客様の要求に見合うように高めることに努めています。ワンストップ・ソリューションという包括的アプローチを用いることにより、他の工具鋼販売会社とは一線を画しています。

ASSAB は、工具鋼業界で 350 年以上の経験を持つスウェーデンの製鋼メーカー Uddeholm の東アジアにおける販売ネットワークを形成しています。どちらも、1995 年からウィーン証券取引所に上場している、オーストリアを拠点とする有力企業である voestalpine AG の重要な一部です。私たちは共に、鉄鋼および技術分野における主要なプレーヤーとして、多様な製品とサービスを提供しています。

詳しくは下記のサイトを参照して下さい。

www.assab.com

