

ホットスタンピング向け金型用鋼「DHA™-HS1」

梅森 直樹

※DHA は大同特殊鋼株式会社の登録商標または商標です。

はじめに

近年、自動車では軽量化および衝突安全性の要求が高まっており、自動車部品においてホットスタンピングによる超高張力鋼板の製造需要が増加している。ホットスタンピングは、鋼板をオーステナイト変態域まで加熱し、金型で成形と同時に抜熱させることで焼入れを行い、従来の冷間成形の超高張力鋼板よりも高強度の部品を製造できる工法として注目されている。

ホットスタンピングの課題として生産性の低さがあり、その要因の一つとして、金型で鋼板を抜熱するため、プレス下死点での保持時間が必要であることが挙げられる。鋼板の熱を金型に伝わらせる速度を促進させ、下死点での保持時間の短縮を図るため、金型の高熱伝導化が求められる。

また、金型の損傷もホットスタンピングの課題になっている。金型損傷としては、摩耗やめっき凝着¹⁾がある。金型摩耗は成形時の変形抵抗や鋼板加熱時に生成される酸化物¹⁾などが複合的に影響していると考えられ、金型には耐摩耗性向上として高硬度も要求される。一方、めっき凝着は、鋼板の酸化抑制のために用いられるめっきを加熱したときに生成する合金層が、金型に凝着して堆積することで発生し、金型のメンテナンスが必要となるなど、生産性の低下や不良率の悪化を引き起こす。

また、ホットスタンピング部材の高機能化としてテーラードテンパリング²⁾がある。これは金型を部分的にヒータ加熱することなどで成形品の焼入れを防止し、部分的に低強度部位を作製する工法である。その際、金型が高温に長時間さらされることになり、金型の軟化による摩耗の促進が問題になるため、金型には高い軟化抵抗も要求される。

本稿では、ホットスタンピング金型への要求特性に対し、高熱伝導率、高硬度、高軟化抵抗を兼ね備えたホットスタンピング金型用鋼「DHA-HS1」の特性および適用事例について紹介する。

DHA-HS1 の特徴

図1に当社開発鋼 DHA-HS1 と熱間ダイス鋼、冷間ダイス鋼の位置づけを示す。DHA-HS1 は、各合金添加元素の熱伝導率への寄与率を考慮し、高熱伝導率と高硬度を両立した従来にない鋼種である³⁾。

図2に熱伝導率の温度推移を示す。常温～700℃において、DHA-HS1 は SKD61 および DH31-EX より熱伝導率が高く、金型表面温度の上昇を抑制できるため、ホットスタンピング工法の生産性向上や金型摩耗、めっき凝着の低減に貢献できる。

図3に600℃で各時間の保持を施した場合の硬さの軟化を示す。初期硬さは、600℃の焼戻しで得られる硬さ（DHA-HS1：54 HRC、SKD61：49 HRC、DH31-EX：50 HRC）とした。SKD61 は20時間で40 HRC 以下まで軟化が見られるが、DHA-HS1 は200時間でも40 HRC 以上であり、40 HRC まで軟化する時間は10倍以上長い。ホットスタンピング工法では、テーラードテンパリングや成形負荷が高い部分で金型が高温にさらされる場合があるため、軟化を伴う金型損傷の抑制に有効と考えられる。

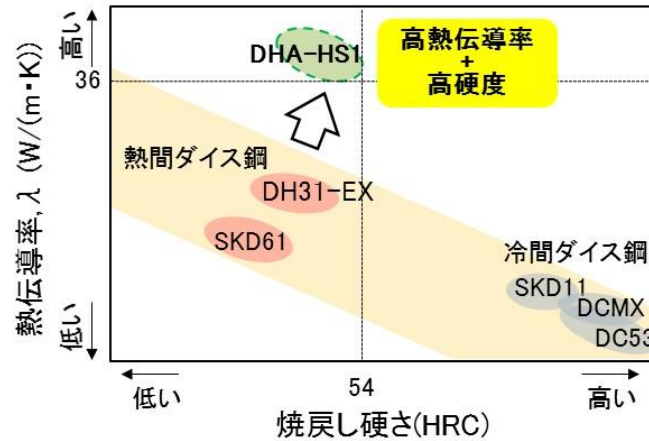


図1 DHA-HS1 の位置づけ

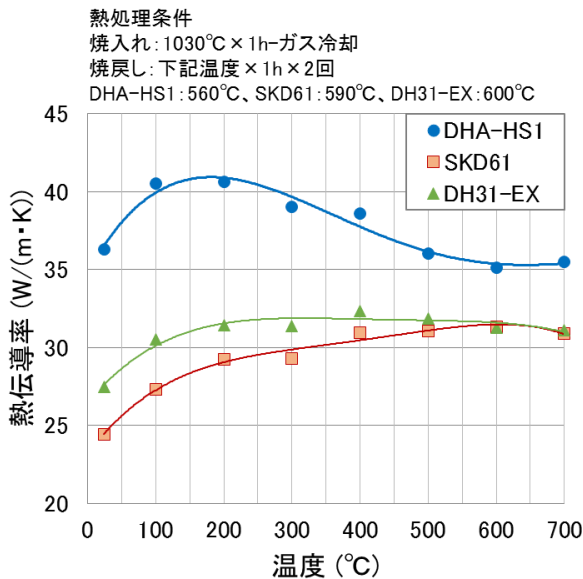


図2 DHA-HS1 の熱伝導率

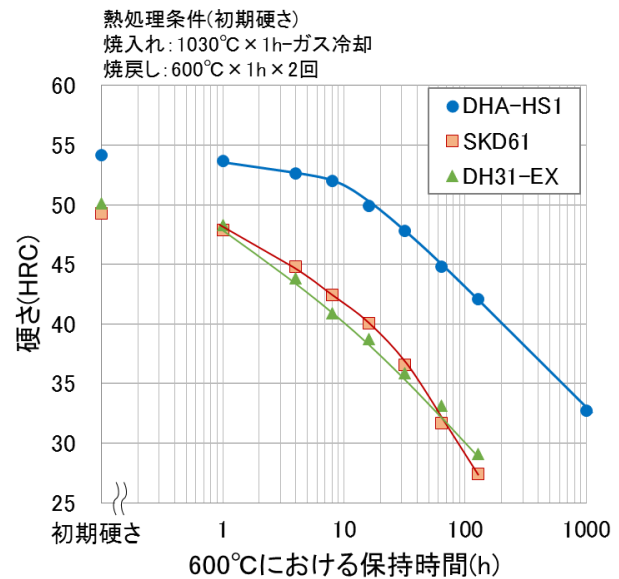


図3 DHA-HS1 の 600°C 保持後の室温硬さ

ホットスタンピング金型への適用事例と効果

1. ハイサイクル化

(1) 実機試験での金型と成形品の温度評価

板厚 2 mm のアルミめっき鋼板をホットスタンピング工法で連続成形を行い、金型温度変化を確認した⁴⁾。DHA-HS1 と SKD61 の 2 種類の金型材で製作したインサートを図 4 のように並べて配置し、両材料を同時に評価した。図 5 は金型表面から 5 mm の深さの位置における金型温度を示している。DHA-HS1 は、連続成形時の金型温度が約 30°C 低くなった。

また、図 6 に型開き直後の成形品の温度を示す。DHA-HS1 と接する成形品の温度は、SKD61 の場合より 25°C 低い。これらの結果より、高熱伝導率材 DHA-HS1 の適用が、金型温度および成形品の温度低下に有効であることを確認できた。

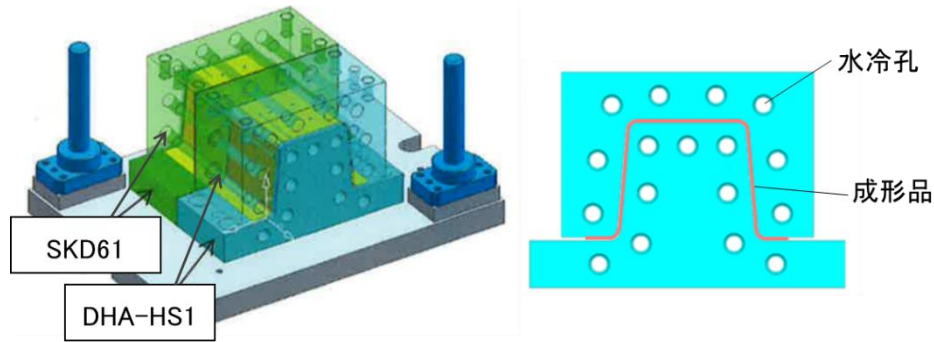


図4 実機評価試験の型構造

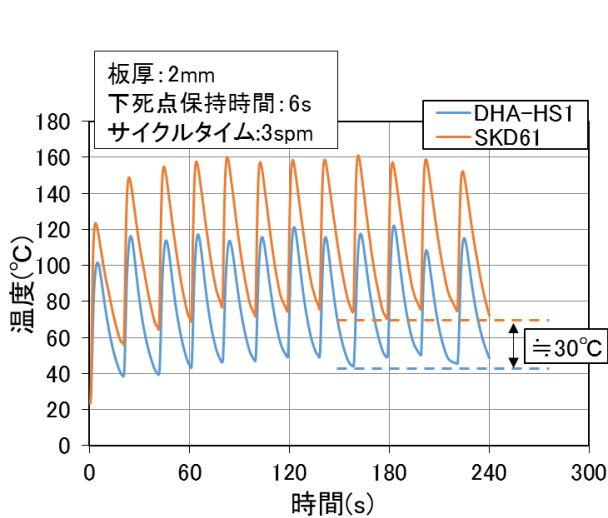


図5 連続成形時の型温度の推移

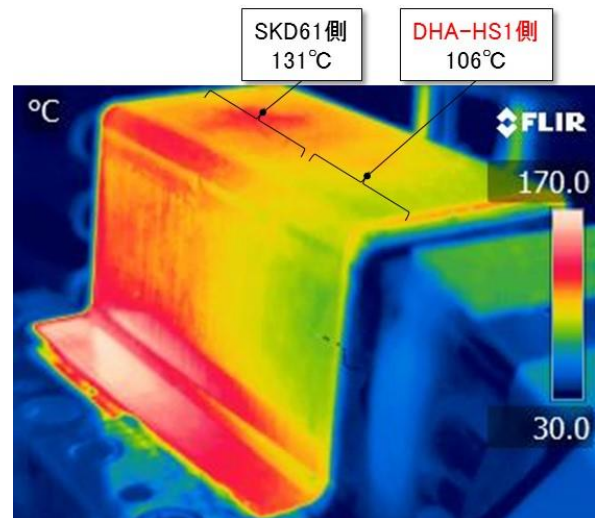


図6 型開き直後の成形品の温度

(2) 下死点保持時間の短縮試験

次にハイサイクル化の効果を検証するため、下死点保持時間を1~10秒と変化させた場合の成形品温度を評価した。試験機は、金型性能評価のために導入した実機設備⁵⁾を用いた。成形品はセンターピラーを模擬したハット曲げ形状を採用した。金型材料はDHA-HS1およびSKD61を用い、鋼板が接する金型部品をすべて同一の鋼種で作製し、鋼種ごとに評価した。

図7は、金型の温度上昇が飽和する20ショット後の型開き直後の各下死点保持時間における成形品の最大温度を示している。DHA-HS1を用いた場合、成形品の温度はSKD61を用いた場合よりも最大約60°C低く、下死点保持時間を約2s短縮してもSKD61と同等の冷却効果が得られた。これらの結果から、DHA-HS1の適用により下死点保持時間の短縮が可能であり、ハイサイクル化が期待できる。

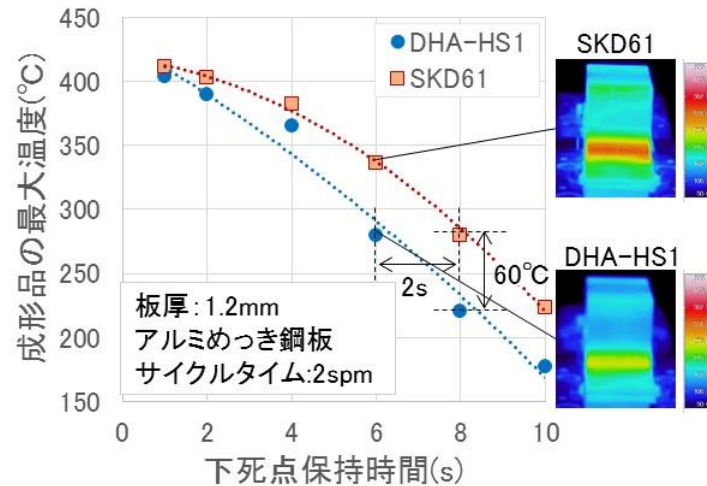


図7 下死点保持時間毎の型開き直後の成形品の最大温度

2. 耐摩耗性向上

前述の(2)下死点保持時間の短縮試験と同じ試験機（下死点保持時間は 8 秒を選定）で上型パンチにおける摩耗量の評価を行った。金型材料は、DHA-HS1(54 HRC)、SKD61(49 HRC)、DH31-EX (53 HRC)を選定した。1,000 ショットごとに上型パンチの摺動部表面の形状を非接触 3 次元形状測定機で測定し、凹となる部分の体積の合計を摩耗量とした⁵⁾。

図 8 は連続成形時での各ショット数における上型パンチの摩耗量の推移を示している。ショット数が増えるほど摩耗量が増加しているが、DHA-HS1 は SKD61 対比で摩耗量が約 66% 低減した。

DHA-HS1 の摩耗量が少ない要因としては、高硬度化による高温強度の向上⁶⁾が考えられる。加えて、高熱伝導率により成形中の金型温度の上昇が抑制され、金型表面の強度の低下を抑制できたためと考えられる。

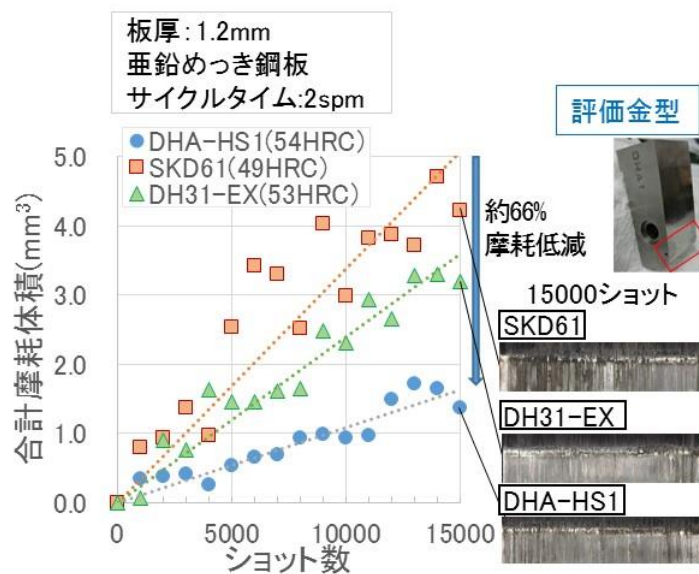


図8 ショット数毎の合計摩耗体積の推移

3. 耐めっき凝着性向上

上型パンチの水冷孔に流れる冷却水の水量を変化させ、めっき凝着量への金型温度の影響を評価した。金型材料は、DHA-HS1(54 HRC)、SKD61 (49 HRC) を選定し、2,000 ショット後の凝着量を評価した。凝着量の測定には非接触 3 次元形状測定機を用い、上型パンチの R 部近傍において凸となる部分の体積を凝着量とした⁷⁾。金型温度は上部パンチの表層から 2mm 位置で測定を行い、上昇した際の最高温度を用いた。

図 9 はその金型最高温度とめっき凝着量の関係を示している。金型温度が高くなるほどめっき凝着量が増加する傾向が見られた。また、水量が同じ場合、DHA-HS1 の金型温度が SKD61 より約 20 °C 低くなっており、DHA-HS1 のめっき凝着が抑制されている。

この結果から、金型温度とめっき凝着量に相関が確認され、高熱伝導率材 DHA-HS1 の適用がめっき凝着の抑制に有効であることがわかった。一方で、金型表面温度の低下には、金型の水冷孔の位置変更や増設による金型冷却強化も有効である。また、同図に示したように DHA-HS1 は SKD61 対比で、金型最高温度の上昇に対する凝着量の増加傾向が緩やかであることから、金型素材の特性によりめっき合金の凝着しやすさに影響を及ぼしている可能性があることがわかり、今後、DHA-HS1 の耐凝着性の要因解析を行っていく。

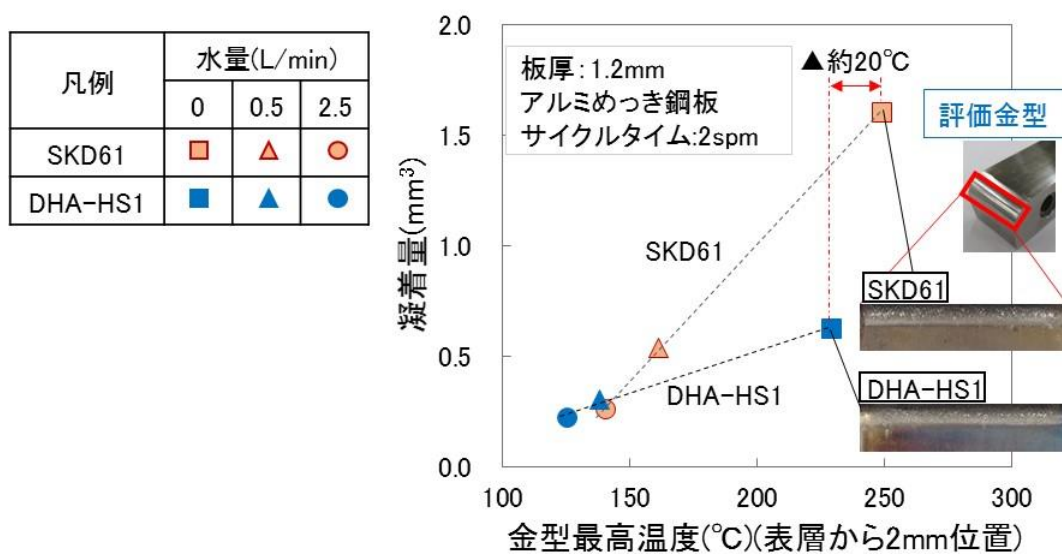


図 9 金型最高温度と 2,000 ショット後の上部パンチの凝着量

最後に

当社が開発したホットスタンピング向け金型用鋼 DHA-HS1 について、高熱伝導率かつ高硬度化による冷却能力、耐摩耗性、耐めっき凝着性の向上事例を紹介した。今後も実機評価技術を活用し、ホットスタンピング工法の金型損傷現象および金型素材特性による金型寿命改善効果の解明に取り組んでいくとともに、DHA-HS1 のような型寿命や生産性の向上に貢献できる金型材料の開発を進めていく。

参考文献

- 1) 森謙一郎：ホットスタンピング入門－自動車軽量化に向けた超高強度鋼部材成形法、第1版、日刊工業新聞社(2015)、pp.107
- 2) 森謙一郎：ホットスタンピング入門－自動車軽量化に向けた超高強度鋼部材成形法、第1版、日刊工業新聞社(2015)、pp.84-85
- 3) 樋口成起、ほか：高熱伝導率を有するホットスタンピング金型用鋼 RDH395、電気製鋼、Vol.89、No.1(2018)、pp.27-31
- 4) 稲垣直人、ほか：高熱伝導率と高軟化抵抗を有するホットスタンピング金型用鋼、型技術、Vol.33、No.13(2018)、pp.44-45
- 5) 梅森直樹、ほか：実機試験によるホットスタンピング金型評価技術の開発、型技術、Vol.34、No.12(2019)、pp.56-57
- 6) 河野正道：金型材質の適正化によるヒートチェックの抑制、素形材、Vol.59、No.3(2018)、pp.10-15
- 7) 梅森直樹、ほか：実機ホットスタンピング試験におけるめっきの金型凝着への試験条件の影響、型技術、Vol.35、No.7(2020)、pp.124-125