

型技術、Vol.40、No.10 (2025)、p.32-35

特集 自動車部品づくりが変わる！ーギガキャストと関連技術の最前線ー

## 大型ダイカスト金型に適した高靱性鋼

大同特殊鋼(株) 河野 正道\*

自動車の CO<sub>2</sub> 排出量削減を強力に推進する欧州で、2023 年に販売された新車の 48%はモータを搭載していた (BEV14.6%+ハイブリッド車 33.5%)<sup>1)</sup>。電動車の比率は 17 年に約 4%であり、以降 6 年間での急速な EV シフトが鮮明である。一方、23 年でも、新車の 82.4%がエンジンを搭載している<sup>1)</sup>。BEV には踊り場を越えての続伸が期待され<sup>2)</sup>、今後は BEV 化という意味での EV シフトが進むと考えられる。

BEV 専業の Tesla は、超大型ダイカストマシン<sup>3),4)</sup>による車体部品の一体成形でも注目を集めた<sup>5)</sup>。この革新的な製法によって、部品数や溶接工程が劇的に削減される。現在では、さまざまな自動車メーカーが超大型ダイカストを採用あるいは検討している<sup>5)</sup>。BEV の差別化や低コスト化の手段として、大型車体部品の一体鋳造は重要な役割を担っていくと考えられる。

超大型ダイカストにおいても、停止時間の削減やハイサイクル化、不良率の低減は必達の課題である。型締め力増大と湯量増加に対して、射出制御やゲート方案、内外冷などの適正化が求められる。金型においては、従来のダイカストより過酷な環境下での損傷を軽減するため、素材やサイズ、焼入れの組合せ適正化が重要性をさらに増す。

超大型ダイカストの巨大な金型は多分割式であり、個々の極端な大型化を避けている。今後は分割数の増加と削減のいずれにも可能性がある。細分化の利点は、応力分散や靱性確保、過熱部への積層造形品や高熱伝導率材の配置である。逆に、分割数削減による大型化の利点は、組み上げ難度の低下や分割線の鋳造品への転写を減らせることである。

本稿では、分割数削減による大型化を想定した。対応の基本方針は靱性確保であり、素材やサイズ、焼入れの組合せを適正化する。被削性と耐ヒートチェック性も考慮し、さまざまなニーズに対応できる金型用鋼のラインナップを紹介する。

## 金型用鋼の特性バランス

ダイカスト金型への要求特性は、耐ヒートチェック性や靱性、疲労強度、軟化抵抗、熱膨張係数など多岐にわたる。鋼材や金型の製造・製作では、焼なまし性や被削性、熱処理変寸、表面処理性も重要である。

図 1 では被削性と耐ヒートチェック性、靱性に影響する要因を示した。被削性は Si 減量で劣化する。Si 量の 1.0%から 0.1%への低減によって、切削工具の寿命は 1/20 に激減<sup>6)</sup>する。逆に、Si 減量で向上する特性は耐ヒートチェック性である。理由は、熱伝導率の向上による熱応力の低下<sup>7)</sup>である。

靱性を支配する異物と変態組織には、鋼塊サイズや溶解方法、焼入れの冷却といった製法の影響も大きい。金型が大きくなると靱性に及ぼす製法の影響も大きくなる。大型化への対応では、これまで以上に製法の考慮が重要となる。

同図の相関を当社の 7 鋼種で示せば、図 2 のとおりである。右下に位置する DHA\*11 は、被削性が非常に良い反面、耐ヒートチェック性に難がある。また大きな金型の中心部の靱性が低い。左上に位置する RDH450 は、DHA1 と逆の特性バランスを示す。

\* Masamichi Kawano : 技術開発研究所 特殊鋼材料技術研究室 副主席研究員  
〒457-8545 名古屋市南区大同町 2-30 TEL(052)611-9420

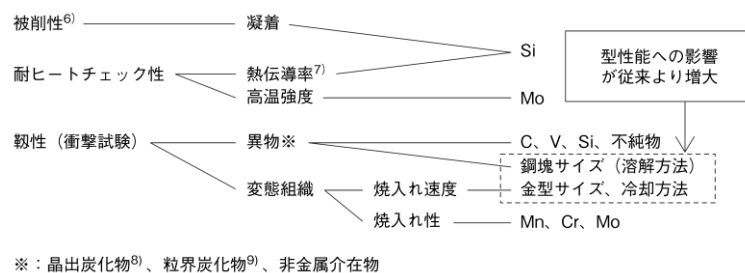


図1 金型用鋼の特性に影響する要因

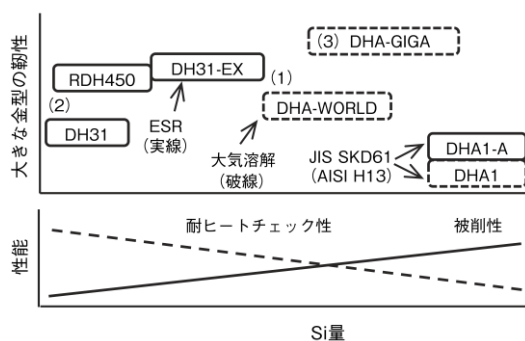


図2 特性の概念 (同じ硬さ)

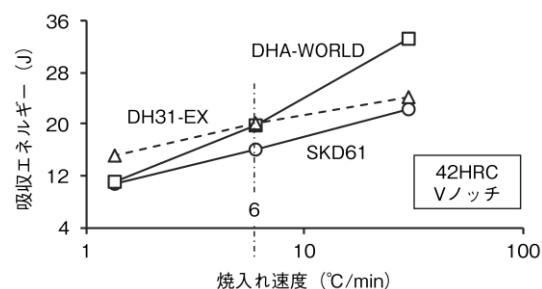


図3 靱性に及ぼす焼入れ速度の影響

## 規格鋼の利点と課題

分割数が多く個々の金型が小さい場合、図 2 の規格鋼 (DHA1 や DHA1-A) を適用できる。小さい金型は焼入れの質量効果も小さいため、中心部まで高靱性を得やすい。また、分割構造は応力分散に有効である。冶金的要因 (高靱性) と力学的要因 (応力分散) によって、大割れ回避とヒートチェック抑制を図る。

規格鋼の利点が多い。高価ではなく、サイズや納期などの入手性に優れ、熱処理や加工、表面処理、補修の知見が豊富である。また、高 Si のため被削性が良い。SKD6 (H11) 系も同様である。

一方、規格鋼の課題は焼入れ性の低さである。分割数削減が進んだ場合、個々の金型は大型化する。質量効果によって焼入れ速度が低下し、高靱性を得にくい。大型化で応力分散の効果も小さくなる。靱性と応力の問題から、金型損傷の顕在化が懸念される。

以下では、大型化への対応として同図の(1)(2)(3)について述べる。特に断らない限り、紹介するデータはラボの小鋼塊（50～150 kg）材である。焼入れ速度は韌性に影響の大きい低温域<sup>10)</sup>の値を指す。

## 大型化への対応

## 1. 諸特性のバランス重視

同図(1)は DHA-WORLD と DH31-EX\*<sup>2</sup>である。  
図の中央付近に位置しており、被削性と耐ヒート  
チェック性のバランス型と言える。これら 2 鋼種  
は、金型が極端には大きくない場合に好適である。

図 3 は焼入れ速度と靱性の相関を示す。高靱性な領域は、DHA-WORLD が  $6^{\circ}\text{C}/\text{min}$  <、DH31-EX は  $< 6^{\circ}\text{C}/\text{min}$  である。 $3\sim 5^{\circ}\text{C}/\text{min}$  では、DHA-WORLD が推奨される場合もある。理由は、SKD61 より高靱性 (図 3) かつ被削性が DH31-EX より良いこと (図 2) である。

図 4 に示すとおり、DH31-EX は鍛造を模擬した加熱後の冷却によらず  $50 \text{ J/cm}^2$  の高靱性である。DHA-WORLD の靱性が緩冷の場合にやや低下する原因は粒界炭化物の析出である(図 1 の「異物」)。粒界析出の顕著な SKD61 緩冷材<sup>8)</sup>は  $20 \text{ J/cm}^2$  未満<sup>9)</sup>である。

DHA-WORLD と DH31-EX は、鍛造後が緩冷となる大きな金型用素材に適することが図 4 からわかる。また、SKD61 も鍛造模擬後と焼入れが急冷の場合は、DH31-EX と同等の高靱性である。この

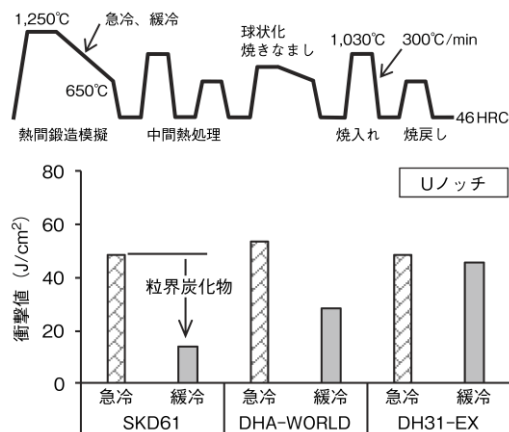


図4 鍛造後の冷却に対する感受性

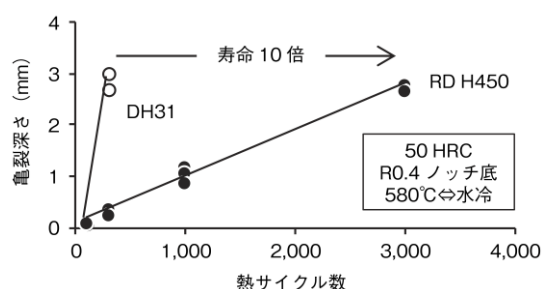


図6 ヒートチェックの進展

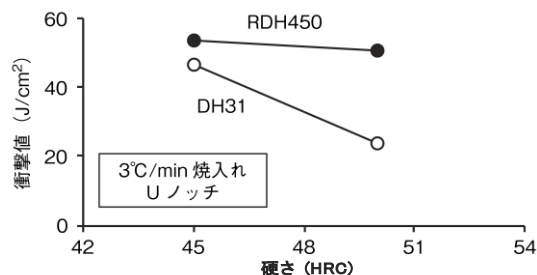


図5 靱性に及ぼす硬さの影響

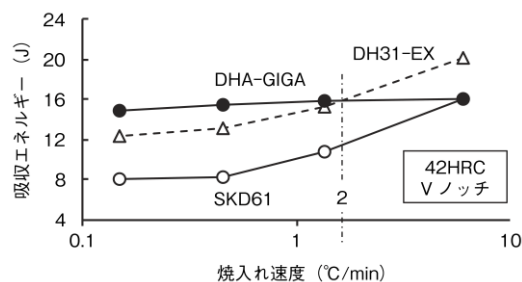


図7 靱性に及ぼす焼入れ速度の影響

表 等速冷却における相変態

| 鋼種       | Ms 点   | Bs 点<br>(3°C/min) | 臨界冷却速度<br>(完全焼入れ) |
|----------|--------|-------------------|-------------------|
| SKD61    | 301 °C | 371 °C            | 12 °C/min         |
| DH31-EX  | 300 °C | 322 °C            | 4 °C/min          |
| DHA-GIGA | 314 °C | 316 °C            | 3 °C/min          |

事実は、小さな金型には規格鋼、という先述の提案を裏づける。

## 2. ヒートチェック抑制に特化

図2の(2)はDH31<sup>\*3</sup>とRDH450である。DH31は大きな金型の高硬度での靱性に課題がある。一方、耐ヒートチェック性に優れ、ダイス鋼としては高熱伝導率である。小さな入れ子で部分的にDH31を用いれば、低温度化やヒートチェック抑制が期待できる。

RDH450の位置づけは「大きな金型に高硬度で使えるDH31」である。DH31の優れた耐ヒートチェック性とDH31-EXに近い高靱性を兼備する。熱伝導率はDH31に近い。RDH450は、ヒートチェック抑制と大割れ回避の両立を図る場合に好適である。被削性を犠牲にした、耐ヒートチェック性の特化型とも言える。

靱性に及ぼす硬さの影響を図5に示す。45 HRCから50 HRCへの高硬度化で、DH31は靱性が半減することに対し、RDH450の靱性は高位安定で

ある。

図6は高周波加熱式ヒートチェック試験の亀裂進展を示す。亀裂が深さ3 mmに達するサイクル数は、RDH450はDH31の約10倍である。なお、45 HRCではDH31とRDH450の亀裂深さが同等であり、これら2鋼種の図2における左右の位置関係に矛盾はない。

図6の素材は厚さ400 mm、幅800 mm（工業サイズの大鋼塊から鍛造）である。

## 大割れ回避に特化

図2の(3)はDHA-GIGAである。大割れ回避のための高靱性と多量切削に対応できる良好な被削性を兼備する。耐ヒートチェック性は、高靱性を活かした高硬度化で確保する。

DHA-GIGAの位置づけは「大きな金型でも高靱性なSKD61」である。DHA-GIGAは金型が極端に大きい場合に好適である。耐ヒートチェック性より被削性をやや優先した、靱性の特化型とも言える。

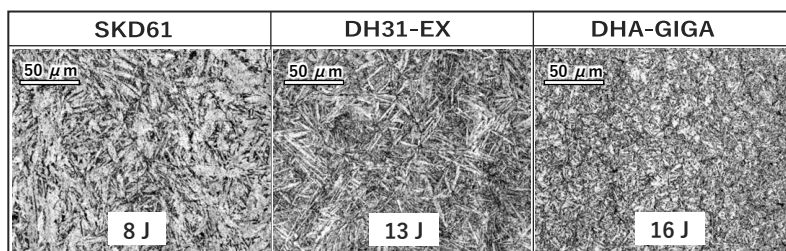


図8 42 HRC 焼戻し材の組織 (1.35 °C/min 焼入れ)

図7は焼入れ速度と靱性の相関を示す。< 2 °C/minにおいて、DHA-GIGAはDH31-EXより優位である。焼入れ速度の影響が小さいDHA-GIGAでは、大きな金型の表面から中心部まで靱性の高位安定が期待できる。

変態特性の一例を表に示す。3 °C/minにおけるBs点とMs点の差が小さいほど、完全焼入れの臨界冷却速度も小さい。DHA-GIGAは非常に高い焼入れ性を有し、3 °C/minがほぼ臨界冷却速度である。

1.35 °C/min 焼入れ材の組織を図8に示す。表の臨界冷却速度から、いずれの鋼種もベイナイトと判断される。ベイナイトブロックの厚さはDHA-GIGA < DH31-EX < SKD61であり、DHA-GIGAは組織が最も微細である。

図7の焼入れ速度< 2 °C/minは、2 t以上の金型に相当する。例えば、厚さ600 mmで2.4 tの直方体サンプルの12.5 Bar真空焼入れでは、中心部が1.7 °C/minであった<sup>11)</sup>。図3と図7から、金型サイズと焼入れ方案による鋼種の使い分けを検討できる。焼入れ性の高い鋼種は、焼割れのリスクを負って焼入れ速度を大きくしなくても高靱性を得られる。

### 実型を想定した特性評価

通常、鋼材特性は理想状態のマルテンサイトで評価される。一方、大きな金型の中心部は焼入れ速度が小さく、ベイナイトになることが多い。

実際の金型で得られる特性の把握には、焼入れ速度が小さい条件の評価も必要と考えられる。この結果、理想状態と実型のギャップが事前に予測

可能となる。実用を想定したこの手法は、鋼種や金型サイズ、焼入れ方法の組合せ適正化に有効である。

☆

BEV化のさらなる進行とともに、超大型ダイカストも適用範囲を広げていくと考えられる。型締め力増大や湯量増加など、負荷の過酷化に対する金型寿命の確保は大きな課題である。

本稿では、靱性・耐ヒートチェック性・被削性のバランスが異なる金型用鋼のラインナップを紹介した。金型の大型化を想定し、いずれの鋼種も高靱性を基本性能としている。一方、巨大な金型を構成する個々の分割型は、むしろ小さい方が利点は多い場合も考えられる。

目的に適した鋼種を適材適所で用いることが重要である。さまざまな大きさの金型に対し、規格鋼や1つの性能に特化した鋼種を提案することで、ダイカストの高度化に貢献したいと考えている。

\*1のDHA、\*2のDH31-EX、\*3のDH31は大同特殊鋼(株)の登録商標または商標。

### 参考文献

- 1) 日経BP：日経ものづくり、2024年3月号、p.27
- 2) 2024日本ダイカスト会議、特別講演1
- 3) 林文勇：型技術、Vol.38、No.7 (2023)、p.64
- 4) 陳國慶：金型、No.195 (2024)、p.40
- 5) 日経BP：日経ものづくり、2025年4月号、p.33
- 6) 藤井利光、ほか：電気製鋼、Vol.74、No.2 (2003)、p.83
- 7) 河野正道：2022日本ダイカスト会議論文集 (2022)、JD22-08、p.41
- 8) 河野正道：電気製鋼、Vol.89、No.2 (2018)、p.106
- 9) 井上幸一郎、ほか：電気製鋼、Vol.76、No.4 (2005)、p.287
- 10) 渡辺憲一、ほか：型技術、Vol.26、No.7 (2011)、p.112
- 11) 河野正道：素形材、Vol.66、No.4 (2025)、p.29