

高強度高靱性ダイカスト金型用鋼 QDX-HARMOTEX の開発

武藤 康政¹⁾ 館 幸生²⁾ 島村 祐太³⁾

1. はじめに

近年、自動車の燃費向上を目的とした車体軽量化を背景に、アルミダイカスト部品の高強度化及び薄肉化が進んでいる。また、部品の生産性向上を目的に、成形加工ピッチの短縮化も進んでいる。これら背景より、部品製造の為に使われるダイカスト金型への機械的負荷や熱的負荷は増大している。このような過酷化する使用環境から、金型には大割れやヒートチェックといった寿命を低下させる問題が生じやすくなっており、長寿命化に向けて一層高性能な金型材料が求められている。

ヒートチェックとは金型表面に発生する亀甲状あるいは直線状の細かいひび割れである。その発生は製品の寸法精度や意匠性などの品質に悪影響をもたらす。アルミダイカスト金型の寿命要因の中でヒートチェックは最も割合が高く、特に対策が必要となっている。ヒートチェックは、被加工材からの熱影響による金型表面の軟化に伴い発生したき裂が、加熱・冷却の熱サイクルの繰り返しに伴う局所的な膨張・収縮によって進展することにより形成する⁽¹⁾。ヒートチェックの発生を抑制するには、き裂の発生及び進展の抑制という観点から高温強度(軟化抵抗性)と靱性の向上が効果的である。高温強度と靱性は相反する特性であるため、両立することが難しい。当社では、炭化物に着目し、その為の適切な合金成分と工程を設計することで、JIS-SKD61 に比べて優れた高温強度と靱性を兼備したダイカスト金型用鋼 QDX-HARMOTEX(キューディーエックスハーモテックス)の開発に至った。以下では、開発のポイントと代表特性について紹介する。

2. 開発のポイント

優れた高温強度と靱性を兼備する為の適切な合金成分を設計するにあたり、焼戻しにより析出する炭化物の種類と量に着目した。

図1に、Thermo-Calc で平衡計算した焼戻しにより析出する全炭化物量と軟化量(焼入焼戻し材の高温保持による硬さの変化量)の関係を示す。硬さ 42~46 HRC に焼入焼戻しにより調質した試験片を 600°C で 100 h 加熱保持、空冷後、硬さ測定を実施し、調質まま硬さとの差を軟化量と定義した。図1より、全炭化物量が同じである場合、M₂C 炭化物の割合が大きくなるほど、材料の軟化が抑制されることが分かる。これは、M₂C の方が他の析出炭化物である M₆C や M₂₃C₆ に比べて高温保持中に軟化の原因となる炭化物の粗大化が進行しにくいことによると考える⁽²⁾。

焼戻しにより析出する全炭化物に対する M₂C 炭化物の割合を大きくするには、M₂C 炭化物の形成元素である C, Mo, V を増量することが有効である。一方、これら元素の増量は成分偏析や粗大な晶出炭化物の形成を促進し、靱性の低下を招く。そこで、QDX-HARMOTEX の成分設計として

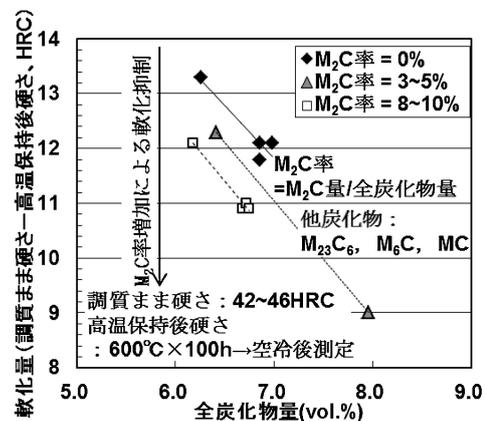


図1 Thermo-Calc で平衡計算した焼戻しにより析出する全炭化物量と軟化量の関係。

* 山陽特殊製鋼株式会社

1) 研究・開発センター 新商品・技術開発室商品開発グループ
2) 技術企画管理部 高合金鋼グループ; マネージャー
3) 研究・開発センター 基盤研究室プロセス研究グループ
Development of High Strength and Toughness Die Steel for Die Casting 'QDX-HARMOTEX'; Yasumasa Muto, Yukio Tachi, Yuta Shimamura (SANYO SPECIAL STEEL CO., LTD.)
2017年10月24日受理[doi:10.2320/materia.57.11]

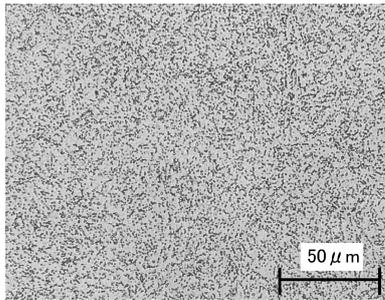


図2 QDX-HARMOTEXの焼なまし状態の組織。

は、高温強度と靱性を両立できるように、 M_2C 炭化物の割合に寄与するC, Mo, Vの添加量を最適化した。同時に、更なる靱性の向上を目指して工程設計を実施し、二次溶解・熱処理等の最適条件を見出した。

図2に、QDX-HARMOTEXの焼なまし状態の組織を示す。QDX-HARMOTEXは、適切な合金成分と工程の設計により、偏析が抑制され、炭化物が微細均一分散した組織となっている。

3. QDX-HARMOTEXの特性

(1) 焼入焼戻し硬さ

図3に、焼入焼戻し硬さを示す。QDX-HARMOTEXはJIS-SKD61と同様の熱処理で最高54HRCの硬さを得ることができ、ダイカスト金型の一般的な使用硬さである43~48HRCを焼戻し条件の調整により得ることができる。

(2) 靱性

図4に、シャルピー衝撃特性を示す。鍛伸方向(L方向)とその垂直方向(T方向)をそれぞれ試験片方向とし、焼入焼戻しにより $45 \pm 1\text{HRC}$ に調質し、2mm-Uノッチ形状に仕上げた試験片を評価に用いた。QDX-HARMOTEXはSKD61に比べて高い衝撃値が得られるとともに、試験片方向による衝撃値の差が小さい。これはQDX-HARMOTEXがSKD61に比べて偏析が抑制、炭化物が微細均一分散していることを裏付ける。よって、QDX-HARMOTEXは、金型使用中の割れの進展、大割れを抑制し、金型の長寿命化が期待できる。

(3) 高温強度(軟化抵抗性)

軟化抵抗性は、 600°C で一定時間加熱保持後、空冷した試験片を硬さ測定することにより評価した。この試験片には事前に硬さ約45HRCが得られるように、焼入焼戻しにより調質した。調質まま硬さと加熱・空冷後の硬さの差が軟化量であり、小さいほど軟化抵抗性に優れている。図5に、軟化抵抗性の評価結果を示す。QDX-HARMOTEXはSKD61に比べ軟化量が抑えられており、優れた高温軟化抵抗性を有している。そのため、金型使用中の摩耗およびヒートチェックの発生が抑制されることにより、金型の長寿命化が期待できる。

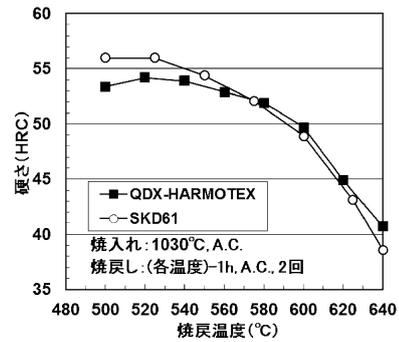


図3 焼入焼戻し硬さ。

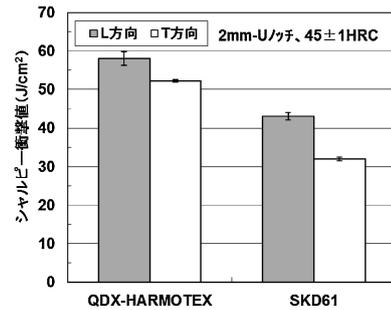


図4 シャルピー衝撃特性。

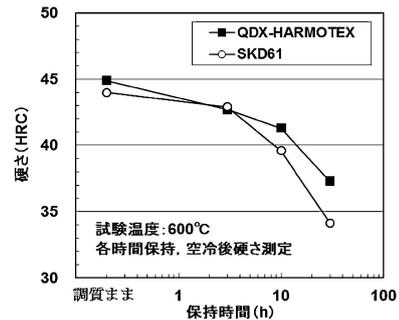


図5 軟化抵抗性。

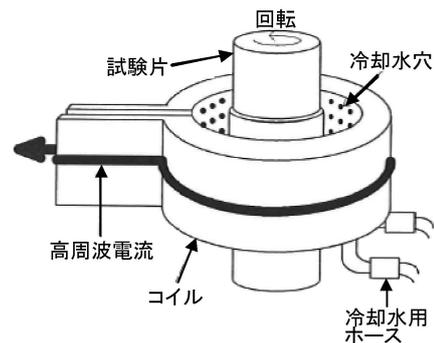


図6 ヒートチェック試験機概略図。

(4) 耐ヒートチェック性

耐ヒートチェック性は、図6に示すヒートチェック試験機を使って評価した。試験では、高周波誘導加熱による急速加熱と冷却水噴霧による急速冷却を繰り返して試験片表面に熱的負荷を与えた。図7に、試験後の試験片の断面を示す。QDX-HARMOTEX、SKD61ともに試験片断面にヒートチ

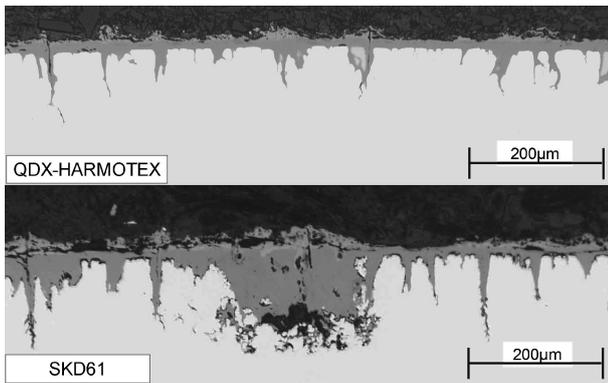


図7 ヒートチェック試験後の試験片断面
600°C保持(5s)→水冷(50s)を1000サイクル実施.

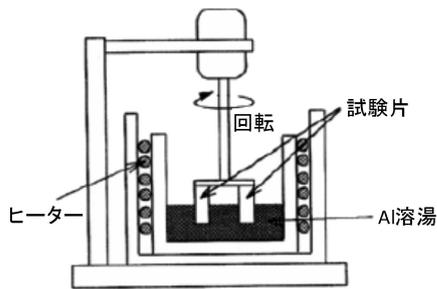


図8 アルミ溶損試験機概略図.

チェックが確認された。QDX-HARMOTEXはSKD61に比べ、比較的浅い割れが主体であり、最大の割れ深さも小さい。QDX-HARMOTEXは高温強度と靱性が両立しているため、SKD61に比べ優れた耐ヒートチェック特性を有していると考えられる。

(5) 耐アルミ溶損性

耐アルミ溶損性は、図8に示すアルミ溶損試験機を使って評価した。硬さ約45HRCに焼入焼戻しにより調質した試験片を高温保持したアルミ溶湯に浸漬、回転させ、溶損量を測定した。図9に、耐アルミ溶損性の評価結果を示す。QDX-HARMOTEXはSKD61よりもアルミ溶損量が抑制された。そのため、高温での金型使用時の焼付きや溶損を抑え、金型の長寿命化が期待できる。

(6) 被削性

被削性は、焼きなまし状態の試験片を用いて、穴あけ加工におけるドリル寿命により評価した。図10に、被削性の評価結果を示す。QDX-HARMOTEXはSKD61よりもドリル寿命が長い。切削抵抗となる炭化物の微細分散化と炭化物量の低減によりQDX-HARMOTEXは優れた被削性を有していると考えられる⁽³⁾。そのため、QDX-HARMOTEXは金型製作コストの低減に貢献する。

4. 現在までの実績・特許

QDX-HARMOTEXは、国内外の複数ユーザーにてダイ

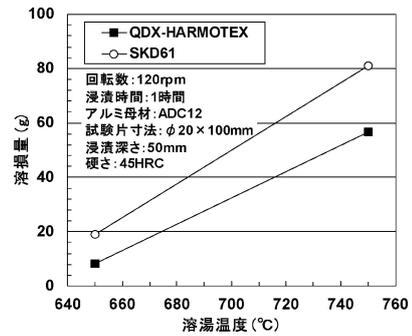


図9 耐アルミ溶損性.

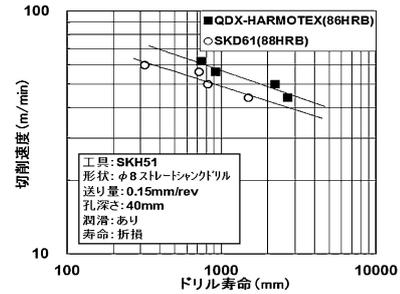


図10 被削性.

キャスト金型用材料として既に適用されている。耐ヒートチェック特性に優れることから、ヒートクラックを抑制、金型の長寿命化・メンテフリーを達成し、高評価を得ている。今後の適用拡大も期待される。

QDX-HARMOTEXは北米ダイカスト協会NADCAより、高強度タイプ・二次溶解材限定に分類されるGrade Cに該当する鋼種として認定され、NADCAの鋼種リストに登録された⁽⁴⁾。

QDX-HARMOTEXについて、国内特許第6032881号を取得し、他2件を特許出願中である。

5. まとめ

QDX-HARMOTEXは、適切な合金成分と工程の設計によりSKD61の靱性および高温強度の両方を改善した鋼種であり、優れた耐ヒートチェック特性を有している。ダイカスト金型の使用環境の過酷化に伴い改善ニーズとして顕在化している金型の大割れ、欠けおよびヒートチェックの抑制にQDX-HARMOTEXは好適である。QDX-HARMOTEXは生産阻害要因の低減と金型寿命の向上を実現し、ユーザーのトータルコスト低減に貢献することが期待される。

文 献

- (1) 辻井信博ら：山陽特殊製鋼技報，2(1995)，35-40.
- (2) 神谷久夫ら：電気製鋼，50(1979)，173-180.
- (3) 清水崇行ら：電気製鋼，76(2005)，229-240.
- (4) NADCA：Product #207 (2016).