

NADCA認証ダイカスト用鋼シリーズ (QDX-HARMOTEX、QDN1-R)

Special Quality Die Steels for Die-casting

1. はじめに

近年、燃費向上・CO₂排出量低減を目的とした自動車の軽量化を背景に、アルミ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、成型加工ピッチの短縮化も進んでいる。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品位な金型用鋼が求められている。一方で、金型の突発的な割れや、金型寿命のパラツキは金型の製作計画を立てづらくすることから、金型用鋼には品質の安定化も求められている。このような背景のもと、海外では、ダイカスト金型の寿命安定化を目的として、ダイカスト金型用鋼の受け入れ標準が定められている。よく知られているのは北米ダイカスト協会（North American Die Casting Association）が定めている品質標準（以下、NADCA規格と呼ぶ）である¹⁾。

NADCA規格では、化学成分および二次溶解の有無によって、表1に示すようにGrade AからGrade Gまでの7鋼種が規定されている。成分以外に、下記の品質についてもそれぞれ許容値が規定されている。

- (1) 焼なまし状態での硬さ（HBW）
- (2) 介在物清浄度（ASTM E45, A法）
- (3) 超音波探傷試験（ASTM A681 S1.1）

- (4) 結晶粒度（ASTM E112）
- (5) 焼なまし組織状態
- (6) ミクロ偏析度合い
- (7) シャルピー衝撃試験（2mm-Vノッチ）

2. NADCA認証ダイカスト用鋼シリーズの特徴

当社のダイカスト用鋼の特性位置付けを図1に示す。当社では、QDX-HARMOTEX、QDN1-RがそれぞれNADCAよりGrade C、Eの認証を得ている。QDNは、Grade Fに認証予定の鋼である。また、QD61、QD61-Rは、NADCA

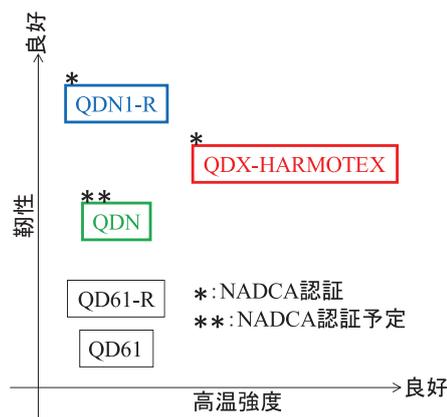


図1 当社のダイカスト用鋼の位置付け

表1 NADCA成分規格(mass%)¹⁾

Grade	Material Category	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	溶解方法
A	H13-Premium	0.37~ 0.42	0.80~ 1.20	0.20~ 0.50	Max 0.025	Max 0.005	5.00~ 5.50	1.20~ 1.75	0.80~ 1.20	大気溶解
B	H13-Superior	0.37~ 0.42	0.80~ 1.20	0.20~ 0.50	Max 0.015	Max 0.003	5.00~ 5.50	1.20~ 1.75	0.80~ 1.00	二次溶解 (ESR or VAR)
C	2367 & Modified	0.32~ 0.40	0.10~ 0.50	0.10~ 1.2	Max 0.020	Max 0.003	4.70~ 5.85	2.00~ 3.30	0.40~ 0.70	二次溶解 (ESR or VAR)
D	H11/2343	0.35~ 0.42	0.80~ 1.20	0.20~ 0.60	Max 0.025	Max 0.003	5.00~ 5.50	1.10~ 1.60	0.30~ 0.60	二次溶解 (ESR or VAR)
E	H11-Modified -Superior	0.32~ 0.43	0.10~ 0.55	0.10~ 0.70	Max 0.020	Max 0.003	4.70~ 5.70	1.10~ 2.10	0.30~ 0.80	二次溶解 (ESR or VAR)
F	H11-Modified -Premium	0.32~ 0.40	0.25~ 0.70	0.30~ 0.90	Max 0.020	Max 0.005	5.30~ 5.70	1.00~ 1.50	0.40~ 0.80	大気溶解
G	2367 Modified -Reduced Cr	0.32~ 0.40	0.10~ 0.50	0.10~ 0.60	Max 0.020	Max 0.003	3.50~ 4.00	2.00~ 3.30	0.40~ 0.70	二次溶解 (ESR or VAR)

からの認証を得ていないものの、それぞれGrade A、Bに相当する鋼である。各鋼種の使用用途を表2に示す。以下、各鋼種の特徴について紹介する。

表2 当社のダイカスト用鋼の使用用途

鋼種	NADCA grade	用途
QD61	Grade A 相当	汎用型
QD61-R	Grade B 相当	汎用型
QDX-HARMOTEX	Grade C 認証	高温強度と靱性が必要な金型
QDN1-R	Grade E 認証	靱性が必要な大物型
QDN	Grade F 認証予定	大物型

2.1 QD61 (NADCA Grade A相当)

QD61は、SKD61相当鋼であり、多くの顧客に使用して頂いている。QD61は、当社の製鋼技術により不純物を低減、更に、熱処理技術により靱性の低下を招く粗大炭化物を低減しており、高い品質を達成している。

2.2 QD61-R (NADCA Grade B相当)

QD61-Rは、QD61が大気溶解材であるのに対して、ESRを適用した鋼種である。更に不純物を低減し、偏析を低減しているため均質性が高く、QD61より高い靱性を有している。

2.3 QDX-HARMOTEX (NADCA Grade C認証)

QDX-HARMOTEXは、適切な合金設計により焼戻して析出する炭化物を制御することで、高い高温強度を有している。また、ESRの適用と当社の熱処理技術により偏析を低減、炭化物が微細均一分散した組織が得られるため、高い靱性を有している²⁻³⁾。

2.4 QDN1-R (NADCA Grade E認証)

QDN1-Rは、適切な合金設計とESRの適用により偏析や不純物を低減させている。これにより、QD61より均質性が高く、非常に優れた靱性を有している。

2.5 QDN (NADCA Grade F認証予定)

QDNは、適切な合金設計と当社の熱処理技術により偏析を低減し、二次溶解を適用していないにも関わらず、高い靱性を有している。また、焼入性に優れていることから、大型の金型でも安定した特性が得られる。

3. NADCA認証ダイカスト用鋼シリーズの特性

当社のダイカスト用鋼の特性について、以下に紹介する。

3.1 焼入焼戻し硬さ

図2に、各鋼種の焼入焼戻し硬さを示す。何れの鋼種も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。

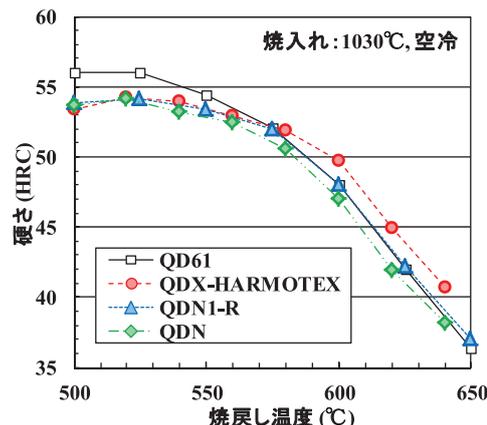


図2 焼入焼戻し硬さ

3.2 靱性

靱性は、NADCA規格に基づき、鋼材の中心部から鍛伸方向に対して垂直な方向 (T方向) に切出し、硬さ約45HRCが得られるように焼入焼戻した試験片を用いて評価した。試験片の形状は2mm-Vノッチとし、ノッチを鋼材L面に付与した。図3に、各鋼種のシャルピー衝撃値を示す。5鋼種とも、NADCA規格を満足する靱性を有している。また、QD61-R、QDX-HARMOTEX、QDN1-R、QDNはQD61よりも優れた靱性を有している。QDN1-Rは特に高い靱性を有している。

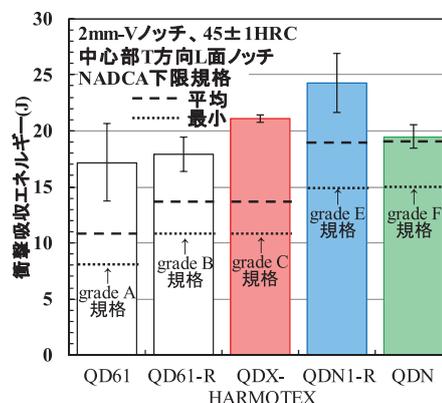


図3 シャルピー衝撃特性

3.3 高温強度 (軟化抵抗性)

軟化抵抗性は、600°Cで100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48HRCが得られるように、焼入焼戻しにより調質した。調質後硬さと加熱・空冷後の硬さの差を軟化量とした。軟化量が小さいほど軟化抵抗性に優れている。図4に、各鋼種の軟化抵抗性の評価結果を示す。QDX-HARMOTEX、QDN1-R、QDNはQD61同等以上の軟化抵抗性を有している。特に、QDX-HARMOTEXは、焼戻して析出する炭化物の種類を制御することで、高い軟化抵抗

性を有している。

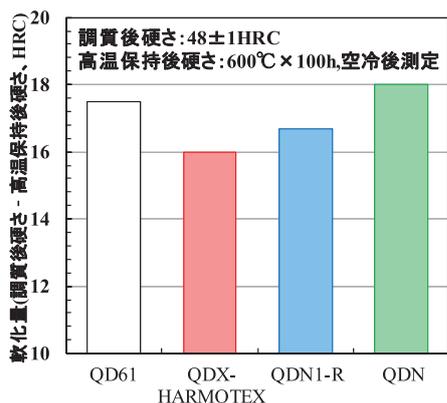


図4 軟化抵抗性

3.4 熱伝導率

図5に、各鋼種の熱伝導率を示す。QDX-HARMOTEXはQD61よりも優れた熱伝導率を有している。熱伝導率は、金型にかかる熱応力に影響する特性であり、高熱伝導率であるほど金型にかかる熱応力は低減されると考えられている⁴⁾。

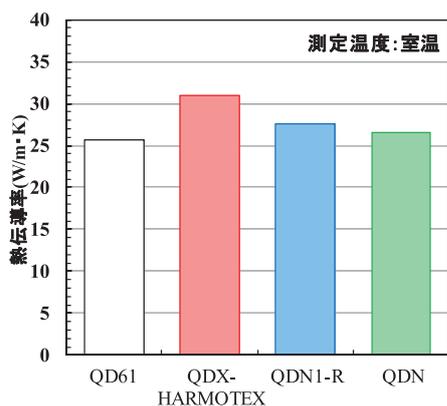


図5 熱伝導率

3.5 耐ヒートチェック性

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。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⁵⁾。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。また、高熱伝導率化による熱応力の低減もヒートチェックの抑制には効果的であると考えられている⁴⁾。各鋼種の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。試験片の表面に発生したヒートチェックを断面観察し、発生したヒートチェック深さを評価した。図7に、ヒートチェック試験結果を示す。QDX-HARMOTEX、QDN1-R、QDNは何れもQD61よりもヒートチェック深さが浅くなっており、優れた耐ヒートチェック性を有している。特に、QDX-HARMOTEXの耐ヒートチェック性は優れており、ヒートチェックが激しい金型の長寿命化が期待できる。

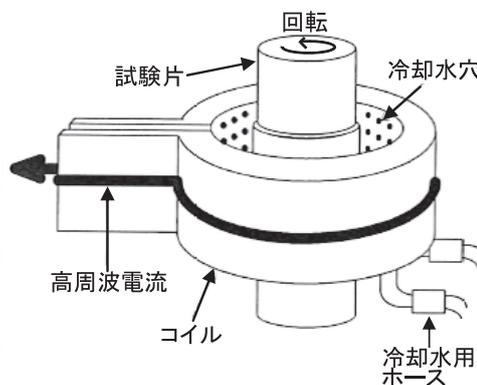


図6 ヒートチェック試験機概略図

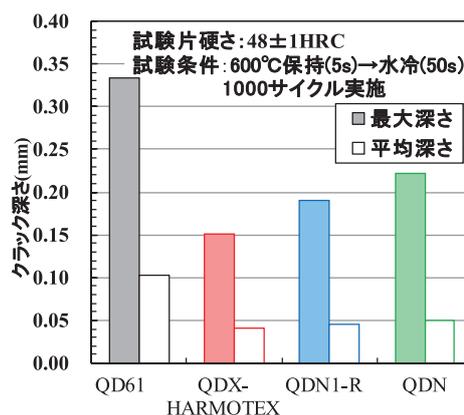


図7 ヒートチェック試験結果

4. まとめ

当社のNADCA認証ダイカスト用鋼シリーズ (QDX-HARMOTEX、QDN1-R) は、適切な合金設計や工程の設計により、靱性、高温強度、耐ヒートチェック性などにおいて安定した高品質を実現している。NADCA認証ダイカスト用鋼シリーズは、ダイカスト金型の使用環境の過酷化による金型の短寿命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やヒートチェックの抑制に貢献する。そのため、生産阻害要因の低減と金型寿命の向上により、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。

参考文献

- 1) Special Quality Die Steel & Heat Treatment
Acceptance Criteria for Die Casting Dies, NADCA
#207-2016.
- 2) 島村祐太, 館幸生, 中間一夫:山陽特殊製鋼技報, 23
(2016) 1, 68-73.
- 3) 武藤康政, 館幸生, 島村祐太:まてりあ, 57
(2018) 1, 11-13.
- 4) 横井直樹, 河野正道, 井上幸一郎:電気製鋼, 81
(2010) 1, 25-31.
- 5) 辻井信博, 阿部源隆:山陽特殊製鋼技報, 2
(1995) 1, 35-40.