

アルミ押出金型用工具鋼シリーズ

Tool Steels for Aluminum Extrusion Dies

1. はじめに

アルミ押出によって成形されるアルミ押出材は、建材、輸送機、自動車関連など様々な用途で使用されている。最近のアルミ押出材では、軽量薄肉化、大型複雑化、高寸法精度化、高強度化、さらに少量多品種化などが進んでおり、それに伴い、製造に使用されるアルミ押出金型の短寿命化、生産効率の低下などコストアップに繋がるような問題が生じている。こうした背景に対し、当社では、アルミ押出金型に適用可能な熱間工具鋼として複数の鋼種を開発・製品化している。以下では、そのアルミ押出金型用工具鋼シリーズの特徴について紹介する。

2. アルミ押出金型用工具鋼シリーズの特徴

当社のアルミ押出金型用工具鋼の特性位置付けを図1に、各鋼種の使用用途を表1に示す。以下、各鋼種の特徴について紹介する。

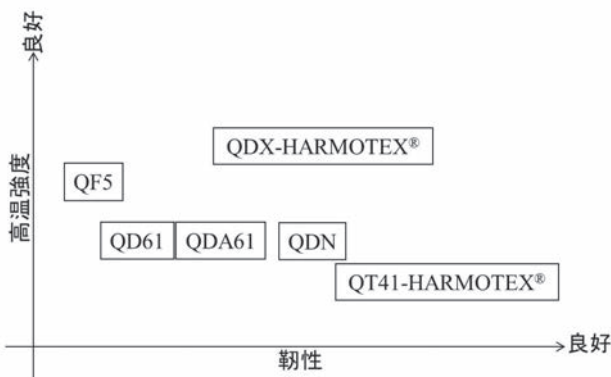


図1 当社のアルミ押出金型用工具鋼の位置付け

表1 当社のアルミ押出金型用工具鋼の用途例

| 鋼種 | 用途例 |
|----------------|-------------------------|
| QD61 | アルミ押出金型 (汎用) |
| QDA61 | アルミ押出金型 (汎用) |
| QDN | アルミ押出金型 (大型用) |
| QDX-HARMOTEX® | アルミ押出金型 (精密型用) |
| QF5 | アルミ押出金型 (試作・小ロット用)、補助工具 |
| QT41-HARMOTEX® | アルミ押出用補助工具 |

2.1. QD61

QD61は、JIS-SKD61に相当する鋼である。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および偏析を低減しており、高い品質を達成している。

2.2. QDA61

QDA61は、QD61に対してより偏析を低減するように合金設計と熱処理が施された鋼である。更にQDA61は、QD61より高い靱性を有しており、特に材料中心部の靱性が高いため、汎用金型の中でも、割れ抑制のため靱性が必要な対象に適している。

2.3. QDN

QDNは、適切な合金設計と当社の熱処理技術により粗大炭化物および偏析を低減し、QD61およびQDA61よりも更に高い靱性を確保した鋼である。またQDNは、窒化特性に優れているため、窒化された状態にて、金型の変形・摩耗の低減に貢献する。QDNは焼入性も優れていることから、大型金型に使用されており、安定した品質確保に貢献している。

2.4. QDX-HARMOTEX®

QDX-HARMOTEX®は、高い軟化抵抗性を得るために有効な二次炭化物（焼戻して析出する炭化物）の種類と量を精査し、合金設計を行った鋼である¹⁻²⁾。そのため、QDX-HARMOTEX®は、変形・摩耗が問題となる金型への適用により寿命向上が見込まれる。また、QDX-HARMOTEX®は、ESRの適用と当社の熱処理技術により粗大炭化物および偏析を低減、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。QDX-HARMOTEX®は、高い軟化抵抗性・靱性の両立により、耐ヒートチェック性に優れており、ヒートチェックが問題となる金型への適用においても寿命向上が見込まれる。

2.5. QF5

QF5は、QD61より優れた軟化抵抗性及び適度な靱性を有した省合金設計の熱間工具鋼であり、小ロット生産用金型や試作用金型に適している。

2.6. QT41-HARMOTEX®

QT41-HARMOTEX®は、合金設計や製造工程の最適化によりJIS-SKT4よりも高い軟化抵抗性、靱性及び焼入性

を有している³⁻⁴⁾。そのため、QT41-HARMOTEX[®]をJIS-SKT4が使用されているようなアルミ押出用補助工具へ適用することで、金型の割れや変形摩耗などが抑制され、長寿命化が期待される。

3. アルミ押出金型用工具鋼シリーズの特性

当社のアルミ押出金型用工具鋼の特性について、以下に紹介する。

3.1. SKD61系 (QD61, QDA61, QDN, QDX-HARMOTEX[®], QF5)

3.1.1. 焼入焼戻し硬さ

図2に、各鋼種の焼入焼戻し硬さを示す。何れの鋼種もアルミ押出金型の一般的な使用硬さである45～50 HRCを焼戻し条件の調整により得ることができる。

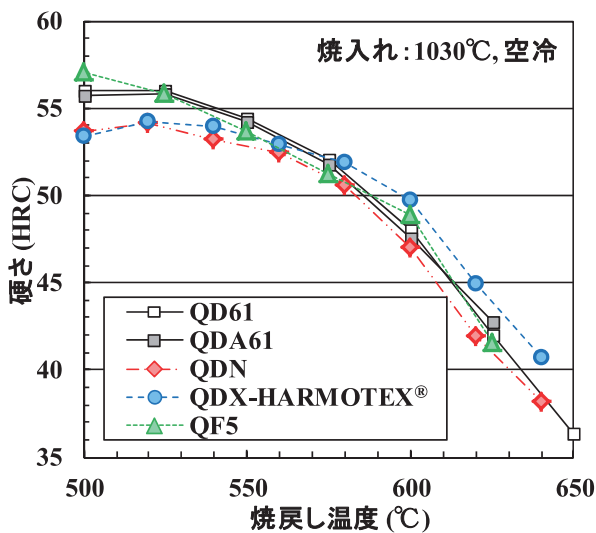


図2 QD61, QDA61, QDN, QDX-HARMOTEX[®], QF5の焼入焼戻し硬さ

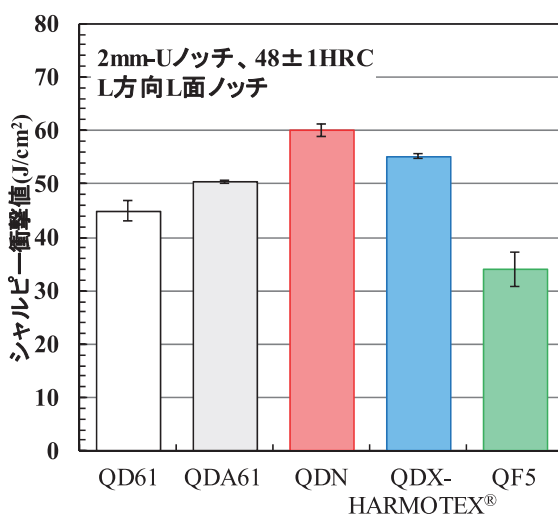


図3 QD61, QDA61, QDN, QDX-HARMOTEX[®], QF5のシャルピー衝撃特性

3.1.2. 韌性

韌性は、鋼材から鍛伸方向（L方向）に切出し、硬さ約48 HRCが得られるように焼入れ・焼戻しを実施した試験片を用いて評価した。試験片のノッチは、2mm-Uノッチとし、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。QDA61, QDN, QDX-HARMOTEX[®]はQD61よりも優れた韌性を有している。QDNは特に高い韌性を有している。QF5は、QD61よりも韌性は低いが、小ロット生産用の金型に必要な韌性は確保している。

3.1.3. 軟化抵抗性

軟化抵抗性は、600°Cで100時間加熱保持後に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、焼入れ・焼戻しによる調質を実施している。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[®], QF5はQD61より優れた軟化抵抗性を有している。特に、QF5は、高い軟化抵抗性を有している。QDA61, QDNは、QD61同等の軟化抵抗性を有している。

3.1.4. 窒化特性

アルミ押出金型は、押出実施時に高温・高圧力を受け、金型表面は変形・摩耗する。その抑制のために、アルミ押出金型は、窒化処理後に使用されることが多い。そのため、窒化特性も、アルミ押出金型用工具鋼にとって重要な特性の一つである。

各鋼種の窒化特性は、530°Cでイオン窒化した試験片の表面硬さ分布をピッカース硬さ試験機で測定することにより評価した。この試験片は、事前に硬さ約48 HRCが得ら

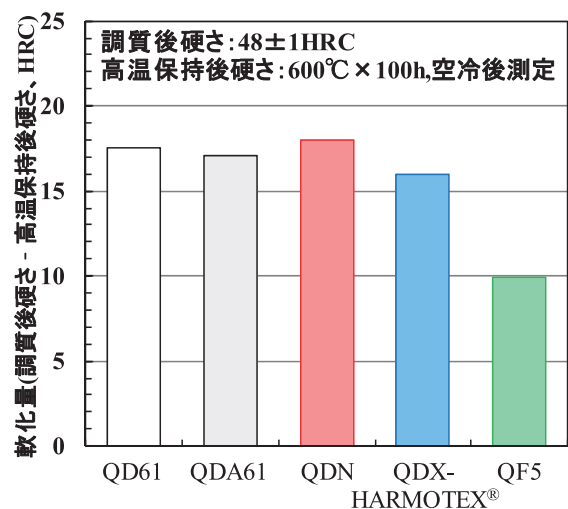


図4 QD61, QDA61, QDN, QDX-HARMOTEX[®], QF5の軟化抵抗性

れるように、焼入れ・焼戻しによる調質を実施している。図5に、窒化特性の評価結果を示す。QDA61、QDN、QDX-HARMOTEX®はQD61同等以上の優れた窒化特性を有している。QDNは、特に高い窒化特性を有している。QF5は、省合金設計により他鋼種よりも窒化層硬さは低くなる。

3.2. SKT4系 (QT41-HARMOTEX®)

3.2.1. 焼入焼戻し硬さ

図6に、QT41-HARMOTEX®の焼入焼戻し硬さを示す。QT41-HARMOTEX®は、SKT4と同様の焼入焼戻してSKT4より高硬度が得られる。

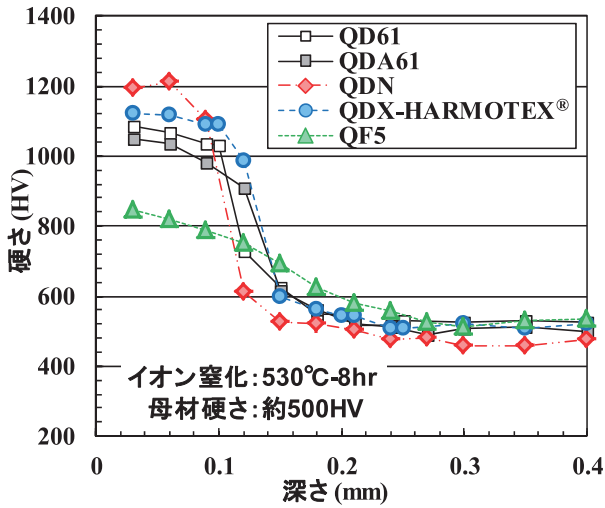


図5 QD61, QDA61, QDN, QDX-HARMOTEX®, QF5の窒化特性

3.2.2. 靱性

靱性は、鋼材から鍛伸方向 (L方向) に切出し、硬さ約36~44 HRC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。試験片のノッチは、2mm-Uノッチとし、鋼材L面に付与した。図7に、QT41-HARMOTEX®のシャルピー衝撃値を示す。QT41-HARMOTEX®は、合金成分および熱処理条件の最適化によりSKT4より高い衝撃値を有している。

3.2.3. 軟化抵抗性

軟化抵抗性は、600°Cで加熱保持後に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40 HRCが得られるように、焼入れ・焼戻しによる調質を実施している。図8に、QT41-HARMOTEX®の軟化

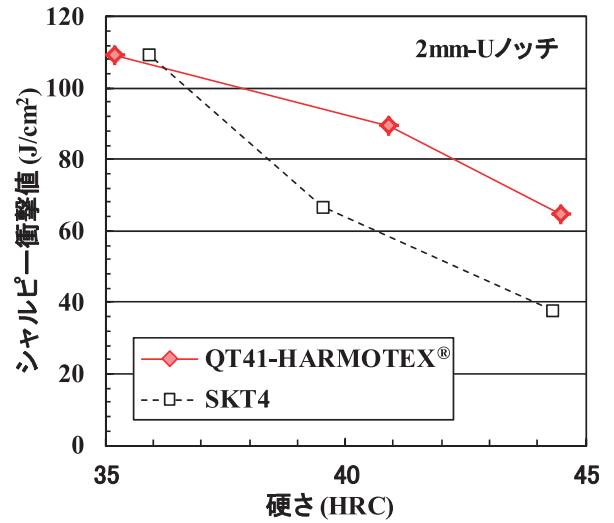


図7 QT41-HARMOTEX®のシャルピー衝撃特性

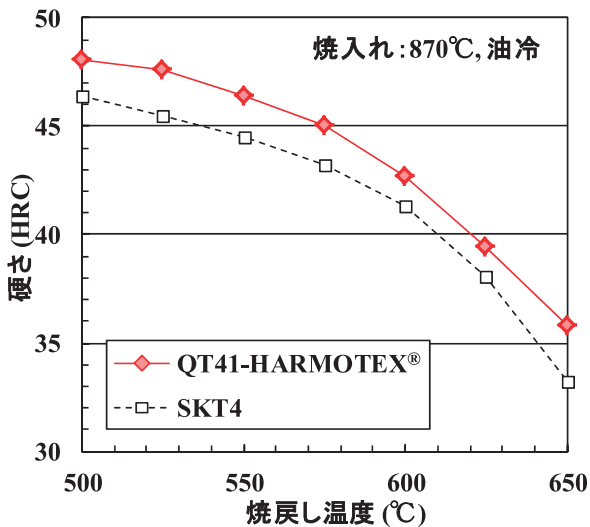


図6 QT41-HARMOTEX®の焼入焼戻し硬さ

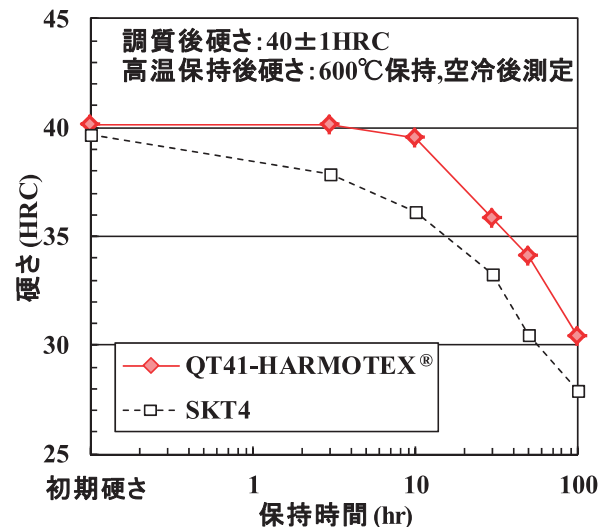


図8 QT41-HARMOTEX®の軟化抵抗性

抵抗性の評価結果を示す。QT41-HARMOTEX®は、SKT4に比べて硬さ低下が少なく、高い軟化抵抗性を有している。これは、QT41-HARMOTEX®は、SKT4に対して硬さ低下の原因である炭化物の粗大化が起り難い成分となっているためである。

3.2.4. 焼入性

焼入性は、寸法303 H×503 Wの実体熱処理材の断面硬さ分布を測定することにより評価した。図9に、QT41-HARMOTEX®の実体熱処理材の断面硬さ分布を示す。QT41-HARMOTEX®は、SKT4より高い焼入性を有しているため、大断面の鋼材であっても、外周部から中心までの硬度低下は小さい。

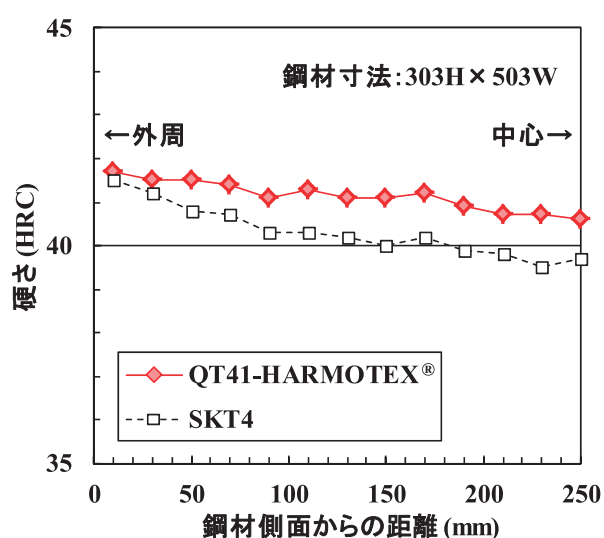


図9 QT41-HARMOTEX®の実体熱処理材の断面硬さ分布

4. まとめ

当社のアルミ押出金型用工具鋼シリーズは、適切な合金設計や製造工程により、靱性、高温強度、焼入性などにおいて高品質を実現している。そのため、当社のアルミ押出金型用鋼シリーズは、アルミ押出材の軽量薄肉化、大型複雑化、高寸法精度化、高強度化により問題化する金型の割れ、摩耗、変形などを抑制し、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) 島村祐太, 舘幸生, 中間一夫:山陽特殊製鋼技報, 23 (2016) 1, 68-73.
- 2) 武藤康政, 舘幸生, 島村祐太:まてりあ, 57 (2018), 11-13.
- 3) 前田雅人:型技術, 31 (2016), 52-55.
- 4) 前田雅人:型技術者会議論文集, 27 (2013), 104-105.