

NACHI
TECHNICAL
REPORT
Materials

Vol. **28** B5
October/2014

マテリアル事業

■ 新商品・適用事例紹介

温熱間金型用鋼

「DURO-FZ」

Hot or warm forging die steel "DURO-FZ"

〈キーワード〉 温熱間金型用鋼・マトリックスハイス
高靱性・耐熱性

マテリアル事業部／技術開発部

長谷川 誠 Makoto Hasegawa

マテリアル事業部／技術開発部

吉田 直純 Naozumi Yoshida

要 旨

NACHIマテリアル事業部では、冷間および温熱間における各種成形加工用金型材として、精密型用鋼「DUROシリーズ」を商品化している。

今回、「DUROシリーズ」の新商品として、韌性と耐熱性を高度にバランスさせた温熱間金型用鋼「DURO-FZ」を開発した。独自の特殊溶解技術により、一般的な金型材よりも韌性、耐熱性に優れており、過酷な環境下で使用しても、割れやヒートチェックが発生しにくく、優れた寿命が得られるのが大きな特長である。

Abstract

NACHI Materials Division has been marketing the “DURO series” for precision die materials of both cold and hot stampings.

As a new product in the “DURO series”, NACHI has developed “DURO-FZ” for the hot stamping die material that maintains the highly balanced toughness and heat-resistance. Because of the unique melting technology, “DURO-FZ” exceeds the general die material in toughness and heat-resistance, and cracks and heat checks are unlikely to occur under the harsh environment, achieving the superb longevity.

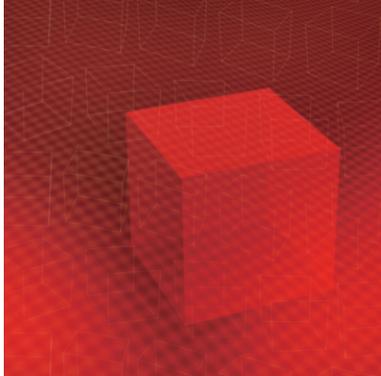
1. 高品質・高性能の 金型材料ニーズに 応えて

金型の主要ユーザーである自動車関連メーカーにおいては、部品の軽量化、高性能化を背景として、部品となる素材の難加工化、複雑形状化、高精度化がすすみ、また一方で生産性向上を狙った多様な加工法の開発もすすむ中で、金型、そして金型材料に対するニーズがますます高度なものになっている(図1)。

また、使用環境によって金型に必要な特性は異なるため、用途にあわせて最適な金型材料を使用する必要がある。NACHIは、ユーザーの金型使用環境にできるだけ適用できるように、材料特性バランスを変えた8鋼種を、「DUROシリーズ」として販売している。



図1 温熱間金型の一例



2. 「DUROシリーズ」における「DURO-FZ」の位置づけ

「DUROシリーズ」は、独自の特殊溶解技術をベースに製造された、高品質・高性能の金型材料であり、破壊の原因となる非金属介在物や炭化物偏析を可能な限り少なくした材料となっている。

「DUROシリーズ」の各鋼種の特特性位置づけを図2に、「DUROシリーズ」の概要を図3に示す。「DUROシリーズ」は、靱性と耐摩耗性のバランスに優れた鋼種からなり、冷間から温熱間領域までの多様な使用環境に適用できるようシリーズ化されている。

今回新たに商品化した「DURO-FZ」は、温熱間鍛造金型の寿命向上を狙って開発した鋼種であり、靱性および耐熱性に優れるのが大きな特長である。

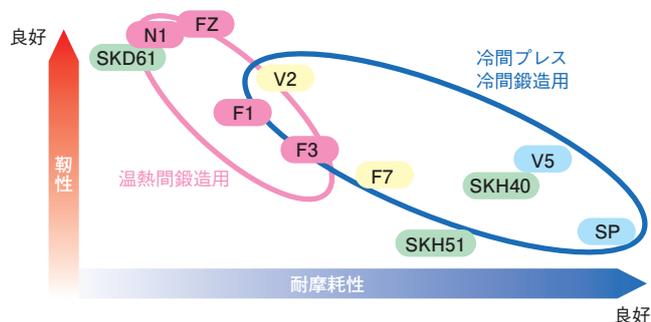


図2 「DUROシリーズ」の特特性位置づけ

	主な用途	鋼種名	硬さ範囲	分類	特長
冷間	冷間打抜 パンチ	DURO-SP	60~67HRC	高耐摩タイプ ハイ系	粉末ハイス以上の耐摩耗性を有しながら、良好な靱性を有する
		DURO-V5	56~62HRC	高靱性・高耐摩タイプ ハイ系	マトリクスハイスの靱性と粉末ハイスを超える耐摩耗性を兼ね備える
	転造工具 冷間鍛造	DURO-V2	58~62HRC	超高靱性タイプ マトリクスハイス系	DUROシリーズの中で最高の靱性を有し、疲労強度にも優れる
		DURO-F7	59~65HRC		高靱性でありながらMax.65HRCの高硬度が得られる
温熱間 鍛造		DURO-F3	57~62HRC	高靱性タイプ マトリクスハイス系	F1とF7の中間的特性で、良好な耐摩耗性と靱性を有する
		DURO-F1	54~60HRC		60HRCクラスの金型材料として最高の靱性を有する
		DURO-FZ	54~58HRC		硬さと耐衝撃性のバランスが極めて高い
熱間		DURO-N1	50~54HRC	高靱性タイプ 熱間ダイス鋼系	高温強度に優れると同時に、高い靱性を有する

図3 「DUROシリーズ」概要

3. 温熱間金型に必要な特性

「DURO-FZ」の主な用途として考えている温熱間金型に必要な材料特性を示すために、熱間鍛造ダイ損傷発生プロセスの例を図4に示す。

図4に示すような、金型表面の温度上昇による軟化から、ヒートチェックの発生を経てクラック伸展に至るといった損傷を抑えるには、硬さの低下を抑えるために軟化抵抗の高い材料が有効である。また、ヒートチェックの伸展を抑えるために、疲労強度の高い材料（具体的には介在物や炭化物が小さくて少ない材料）が有効である。



図4 熱間鍛造ダイ破壊プロセスの例

4. 「DURO-FZ」の特長

「DURO-FZ」は、マトリックスハイスに属する。一般にマトリックスハイスは、ハイス（高速度工具鋼）に比べて炭化物を大幅に減らしたもので、ハイスよりも靱性が高く、金型用の素材として多用されている。

「DURO-FZ」は、成分や製造方法に配慮することで、既存マトリックスハイスより靱性および耐熱性を向上させている。

1) 優れた靱性

「DURO-FZ」の衝撃値を図5に、抗折力を図6に示す。「DURO-FZ」は、成分や製造方法に配慮し、応力集中部となりうる粗大炭化物を少なくすることで、高い靱性を有している。

「DURO-FZ」および既存鋼種の「DURO-F1」のミクロ組織写真を図7に示す。組織写真で白く観察される炭化物が、「DURO-FZ」は「DURO-F1」に比べて少なくなっていることが分かる。

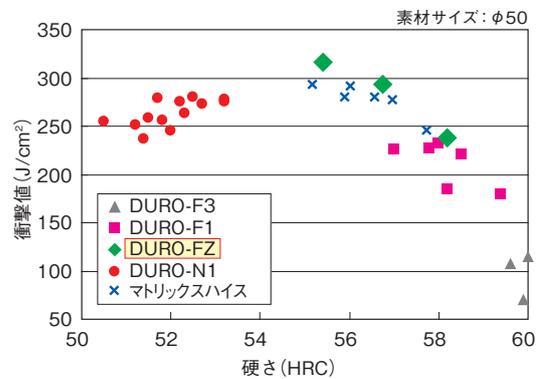


図5 「DURO-FZ」の衝撃値

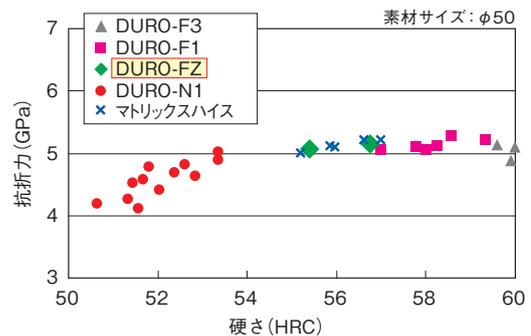


図6 「DURO-FZ」の抗折力

2) 優れた耐熱性

「DURO-FZ」の赤熱硬さを図8に示す。赤熱硬さとは、焼入焼戻した材料を、焼戻し温度より少し高い温度（650℃）で長時間保持し、その後室温で硬さを測定したものである。焼戻し温度より高い温度に保持するので、初期の硬さよりも基本的に低下するが、その低下具合が少ないほど耐熱性が高いということになる。

「DURO-FZ」は耐熱性の高い材料であり、比較として記載したSKD61やSKD61改良鋼より優れていることが分かる。

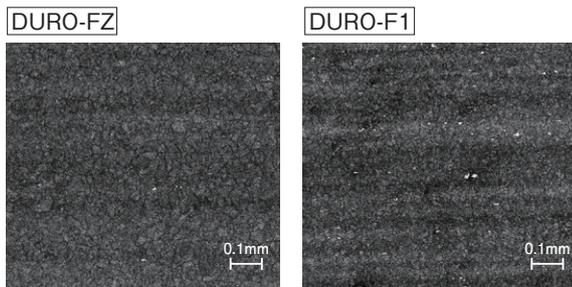
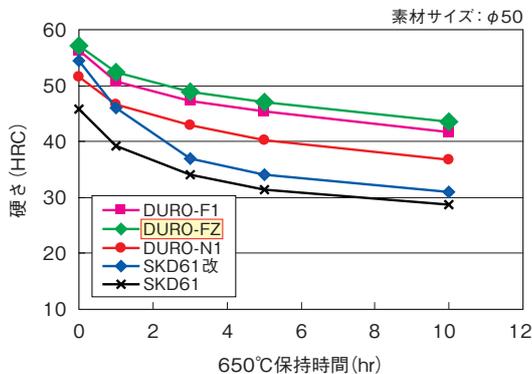
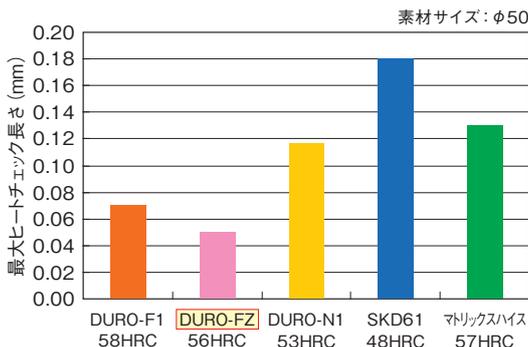


図7 「DURO-FZ」と「DURO-F1」のマイクロ組織



【試験条件】 赤熱硬さ試験
試験片サイズ：10×10×10 加熱炉：大気電気炉（650℃）

図8 「DURO-FZ」の赤熱硬さ



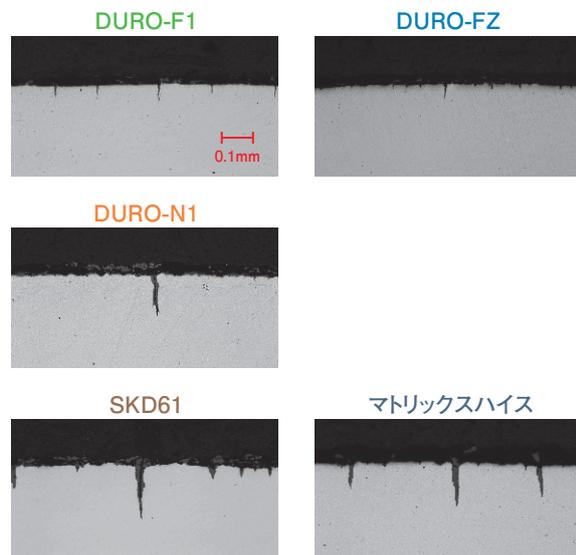
【試験条件】 ヒートチェック試験
試験片サイズ：φ20×5（700℃×3s加熱→水冷×10s）×1,000回

図9 「DURO-FZ」の耐ヒートチェック性

3) 優れた耐ヒートチェック性

「DURO-FZ」の耐ヒートチェック性試験結果を図9に、ヒートチェック試験片の表層マイクロ組織写真を図10に示す。ヒートチェックとは、温熱間金型を使用していくに従って表面に発生する微細なクラックのことで、金型表面の加熱と冷却の繰り返しにより発生する。ヒートチェックを抑えるには、高硬度であることが最も重要で、次に靱性が高いことが重要となる。図9および図10は、700℃加熱と水冷を1,000回繰り返して、ヒートチェックの発生状況を評価したもので、「DURO-FZ」は、比較材に比べて、クラックの発生、伸展が小さく、耐ヒートチェック性に優れていることが分かる。

ヒートチェック試験片の表層マイクロ組織写真



【試験条件】 ヒートチェック試験
試験片サイズ：φ20×5（700℃×3s加熱→水冷×10s）×1,000回

図10 「DURO-FZ」の耐ヒートチェック性

5. 「DURO-FZ」の使用事例

「DURO-FZ」製熱間鍛造ダイをユーザーに試作いただき、現行材 (SKD7改良鋼) との比較調査を実施した。比較調査後のダイ外観を図11に示す。30,000ショット後の外観を比べると、「DURO-FZ」の損傷の程度が、現行材に比べて軽微であることが分かる。

次に、比較調査後のダイ表層のマイクロ組織写真を図12に示す。両材とも、ヒートチェックの発生が確認されるが、その長さは「DURO-FZ」の方が短いことが分かる。「DURO-FZ」の耐熱性の高さにより、ヒートチェックの発生が抑制され、損傷の程度が軽微になった例である。



図11 30,000ショット使用後の熱間ダイ成形面外観

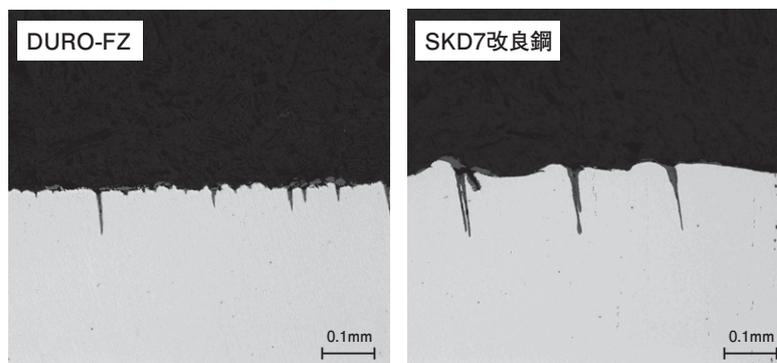


図12 30,000ショット使用後の熱間ダイ表層マイクロ組織

6. 「DURO-FZ」の熱処理

1) 焼入れ焼戻し硬さ曲線

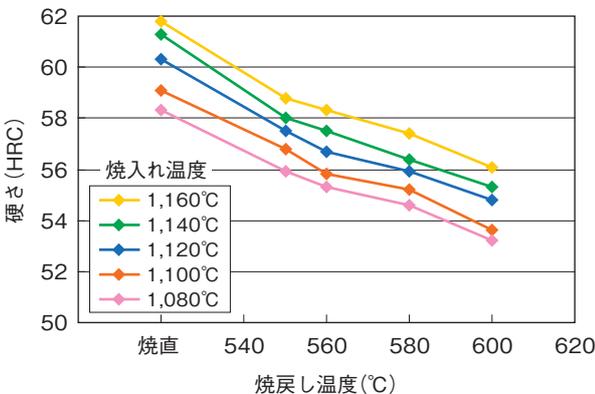
「DURO-FZ」の焼入れ焼戻し硬さ曲線を図13に示す。「DURO-FZ」の標準使用範囲の硬さは54～58HRCである。推奨熱処理条件は、耐摩耗重視と標準、韌性重視の3条件を基本的に提示してある。最高焼入れ温度は1,160℃であり、これを超える温度で熱処理すると、過熱組織となって韌性が大幅に低下するために注意が必要である。

2) 熱処理パターンの例

「DURO-FZ」の熱処理パターンの例を図14に示す。図14では、処理するワークの肉厚を基準に、焼入れと焼戻しの標準的な加熱時間を提示している。ワークの形状や炉の設備能力、積載量等によって調整が必要になるため、参考値とお考えいただきたい。

3) 熱処理時の注意点

「DURO-FZ」は、比較的大型の金型に使用されるケースが多く、焼入れ冷却速度が不足するとベイナイト組織が発生し、韌性を損なうリスクがある。そのため、真空炉、雰囲気炉の場合、

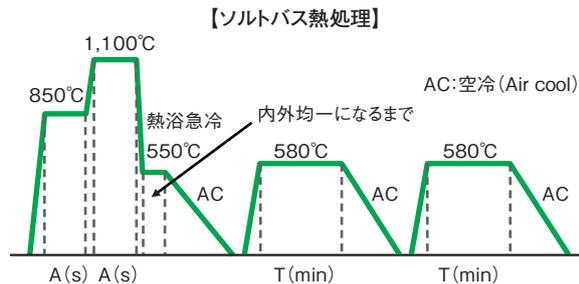


推奨熱処理条件

狙い	焼入れ(°C)	焼戻し(°C×回)	硬さ(HRC)
耐摩耗重視	1,140	560×2	57.5
標準	1,120	580×2	56
韌性重視	1,100	600×2	53.5

図13 「DURO-FZ」の焼入れ焼戻し硬さ曲線

油冷却を推奨するが、加圧ガス冷却の場合は、できるだけ冷却能力の高い設備の使用が望ましい。ソルトバスの場合、550℃前後の熱浴冷却の後、さらに低温の200℃程度での熱浴冷却が必要となる。金型の肉厚としては、50mm程度を超えた場合、2段冷却を推奨している。



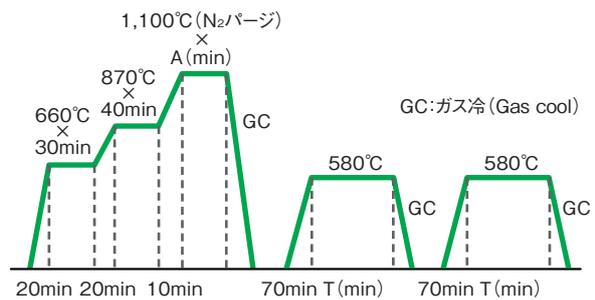
ポイント

◎塩浴温度が大きく下がる時は、浸漬時間を長めにする

標準的な加熱時間

ワークの厚みD(mm)	浸漬時間A(s)	浸漬時間T(min)
～ 10	12×D	60
10～ 25	10×D	90
25～ 50	8×D	120
50～ 75	7×D	150
75～100	6×D	180
100～	5×D	210

【真空炉熱処理】



ポイント

◎焼入れ冷却速度は、可能な限り速くする

◎加熱時間を過剰に長くしない

標準的な加熱時間

ワークの厚みD(mm)	保持時間A(min)	保持時間T(min)
～ 10	～15	90
10～ 25	15～20	120
25～ 50	20～25	150
50～ 75	25～30	150
75～100	30～35	180
100～	35～	180

図14 熱処理パターンの例

7. 「DURO-FZ」の用途展開

精密型用鋼「DUROシリーズ」の新商品である
温熱間金型用鋼「DURO-FZ」は、発売開始以来、
韌性および耐熱性の高さにより好評を得ている。
「DURO-FZ」の使用が、ユーザーでの金型コスト
の削減に貢献できれば幸いである。