

FM ALLOY®

精密型用鋼

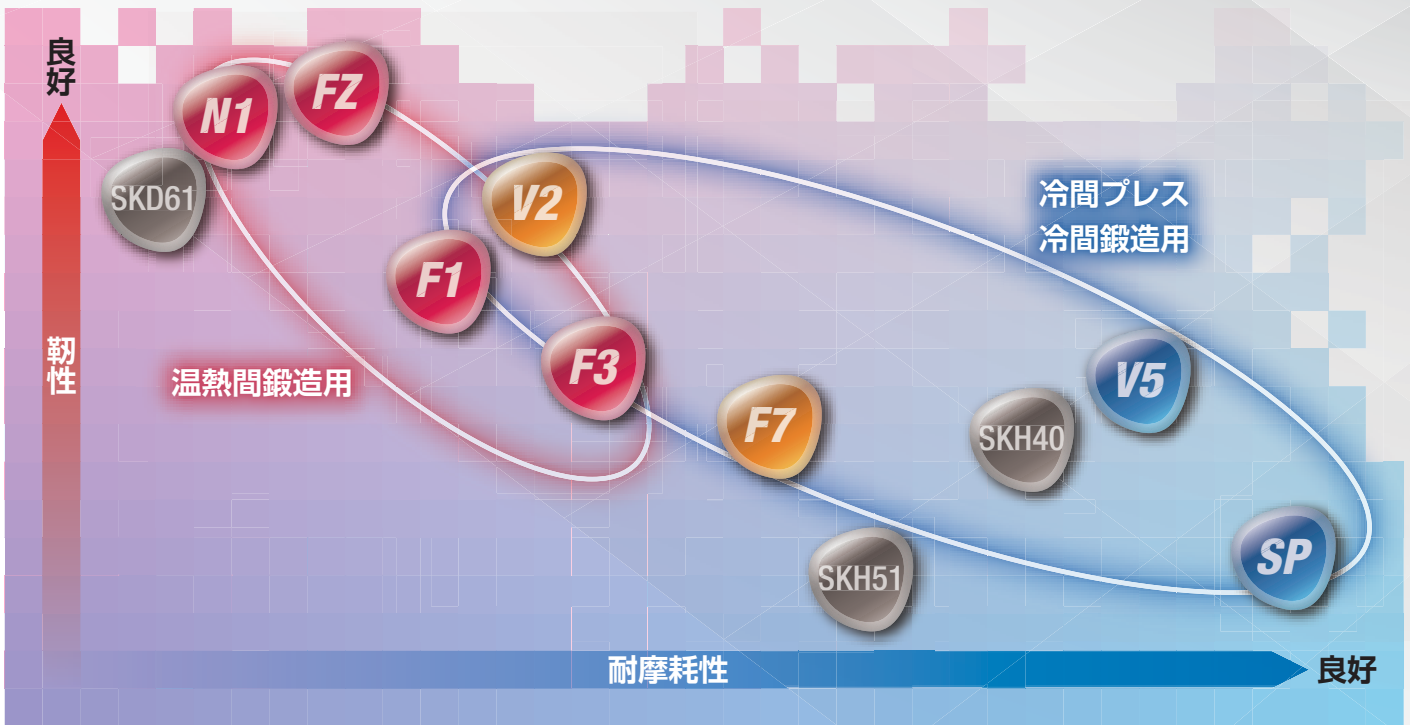
DURO

冷間金型用 / 温熱間金型用

金型寿命向上&安定により、貴社

DUROシリーズは、ハイス、マトリックスハイス、熱間ダイス鋼を含んだ金型用鋼で、
 靱性と耐摩耗性のバランスを多様化させた全8鋼種から成ります。

最新鋭の特殊溶解設備(VIM, ESR)を使用し、内部組織のコントロールと非金属介在物を低減した
 高性能・高品質の工具鋼です



DUROシリーズ ラインアップ

	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 ハイス系	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 ハイス系	マトリッ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 マトリックスハイス系	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	高靱性タイプ マトリックスハイス系	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	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

不二越の金型用工具鋼

冷間ダイス鋼	高速度工具鋼			熱間ダイス鋼
MDS9	粉末ハイス	溶解ハイス	マトリックスハイス	DURO-N1
プラ型鋼	FAXG2 FAX55 FAX38 FAX31	DURO-SP HM42(SKH59) HM35(SKH55) SKH9(SKH51) DURO-V5	DURO-V2 DURO-F7 DURO-F3 DURO-F1 DURO-FZ	
PROVA-500 PROVA-450 PROVA-400				

のコストダウンに貢献！

鋼種選定基準

●冷間金型用

現行材	硬さ	狙い	適性鋼種					
			SP	V5	V2	F7	F3	F1
SKD11	60HRC	(疲労)強度向上	◎	○	○	◎	○	
		耐摩耗性向上	◎	○				
		靱性向上	○	◎	◎	◎	◎	◎
8Cr系ダイス鋼	62HRC	(疲労)強度向上	◎			◎		
		耐摩耗性向上	◎	○				
		靱性向上		◎	◎	○	◎	◎
SKH51	63HRC	(疲労)強度向上	◎					
		耐摩耗性向上	◎	○				
		靱性向上		◎	◎	○	◎	◎
SKH55	65HRC	(疲労)強度向上	○					
		耐摩耗性向上	◎					
		靱性向上		◎	◎	◎	◎	◎
マトリックスハイス	64HRC	(疲労)強度向上	◎					
		耐摩耗性向上	◎	◎				
		靱性向上		◎	◎	○	◎	◎
マトリックスハイス	60HRC	(疲労)強度向上	◎			◎	○	
		耐摩耗性向上	◎	◎		◎		
		靱性向上			◎			○
粉末ハイス	64HRC	耐摩耗性向上	◎	○				
		靱性向上		○	◎		◎	◎
粉末ハイス	68HRC	靱性向上	○	◎	◎	◎	◎	◎
超硬		靱性向上	○	◎	◎	◎	◎	◎

●温熱間金型用

現行材	狙い	適性鋼種			
		N1	FZ	F1	F3
SKD61 SKD61改良鋼	高温強度、耐ヒートチェック性、耐摩耗性向上	○	○	○	
	靱性向上				
SKD7 SKD7改良鋼	高温強度、耐ヒートチェック性、耐摩耗性向上	○	○	○	○
	靱性向上	○	○		
SKD8 SKD8改良鋼	高温強度、耐ヒートチェック性、耐摩耗性向上			○	○
	靱性向上	○	○		
マトリックスハイス	高温強度、耐ヒートチェック性、耐摩耗性向上			○	○
	靱性向上(56HRC以上)		○		

◎:特に適する ○:適する

DURO-SP, V5

DURO-SPの特徴

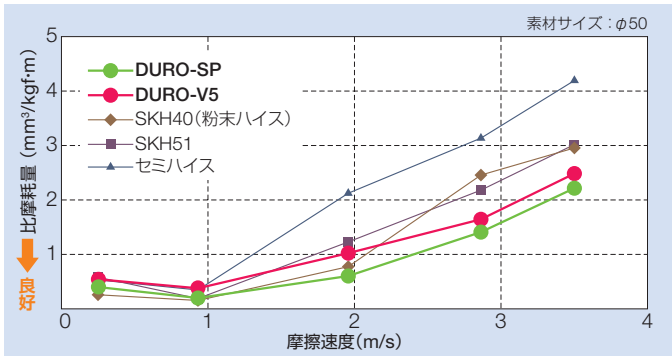
- 粉末ハイス以上の耐摩耗性を有し、硬さも66HRCを超える
- 炭化物サイズを制御し、一定の靱性を確保(SKH55以上)
- 特殊溶解を複数回実施。清浄度に優れ、品質が安定

DURO-V5の特徴

- 粉末ハイスやSKH51以上の耐摩耗性を有する
- 粉末ハイスやマトリックスハイスと同等の靱性を有する
- 特殊溶解を複数回実施。清浄度に優れ、品質が安定

耐摩耗性

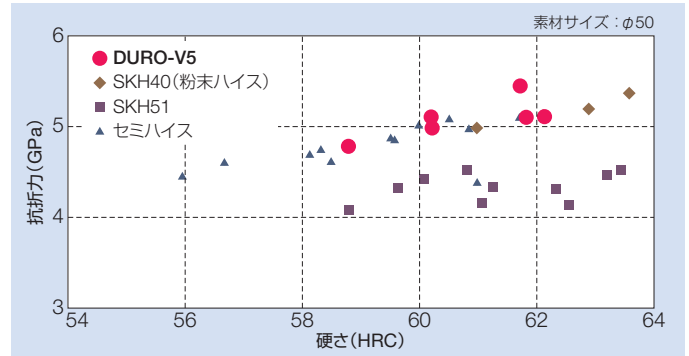
DURO-SP, V5は、溶着摩耗域の耐摩耗性に優れる



試験条件 大越式迅速摩耗試験
相手材:SCM435 摩擦距離:200m 最終荷重:6.3kg 潤滑:なし

靱性

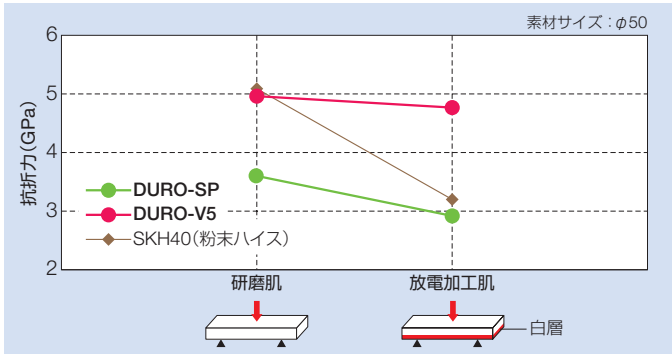
DURO-V5は、粉末ハイス、セミハイスと同等の靱性



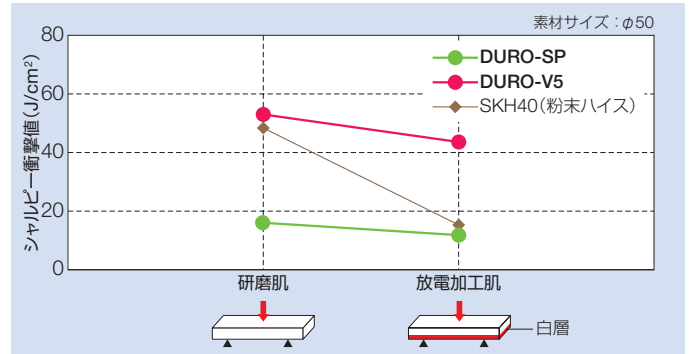
試験条件 3点曲げ試験
試験片サイズ:5×10×60 支点間距離:50mm ストローク速度:3mm/min

放電加工肌での靱性

DURO-SP, V5は、表面に面粗さの悪い放電加工層が残存しても、靱性の低下が少なく、安定している



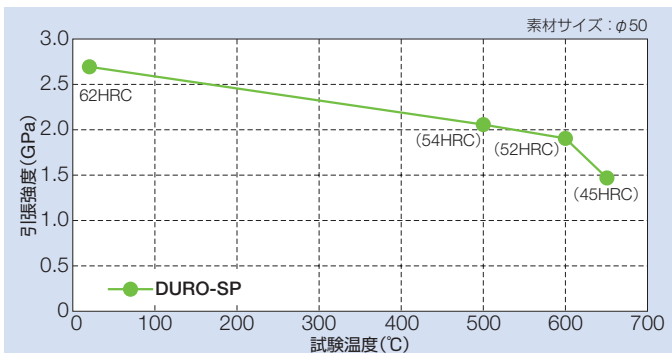
試験条件 3点曲げ試験
試験片サイズ:5×10×60 支点間距離:50mm ストローク速度:3mm/min



試験条件 シャルピー衝撃試験
試験片サイズ:5×10×60 ノッチ:なし

耐熱性

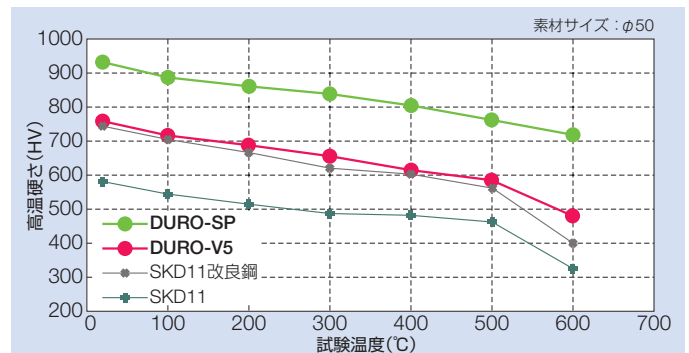
DURO-SPは、耐熱部品としても使用できる



試験条件 高温引張試験
ストローク速度:3mm/min 室温硬さ:62HRC

耐熱性

DURO-SP・V5は、冷間ダイス鋼に比べ高温硬さに優れる



試験条件 高温硬さ測定システム
荷重:20kg 試験片:φ10×5

主な用途

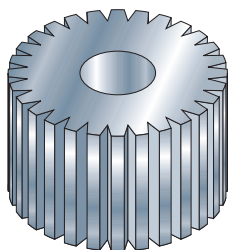
- ファインブランキングパンチ&ダイ ● 打ち抜きパンチ&ダイ ● トリミングパンチ&ダイス ● かしめパンチ
- ヘッダーパンチ ● シェービングパンチ&ダイ ● 粉末成形パンチ ● 冷間鍛造ダイ ● フローフォーミングマンドレル
- 熱間鍛造ダイ(V5) ● 耐摩耗部品

使用事例

ファインブランキングパンチ

ワーク 自動車部品 (SNCM220 5.5t)

- 刃先部の摩耗とチッピングを抑制
- SPの高い耐摩耗性が有効



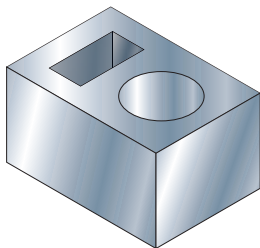
材種	硬さ	寿命数
DURO-SP	65HRC	33,000(チッピング)
マトリックスハイス	61HRC	8,000(チッピング)

表面処理: なし

シェービングダイ、ピアシングダイ

ワーク シートベルト部品

- コーナー部の摩耗を抑制
- V5の高い耐摩耗性が有効



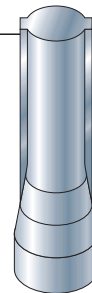
材種	硬さ	寿命数
DURO-V5	63HRC	75万(摩耗)
SKH40(粉末)	64HRC	同等以下(摩耗)

表面処理: なし

打ち抜きパンチ

ワーク ジョイント部品

- 先端段付き部の摩耗とクラックを抑制
- SPの高い耐摩耗性と強度が有効



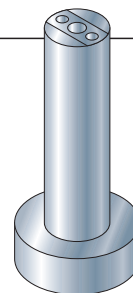
材種	硬さ	寿命数
DURO-SP	67HRC	9.3万(チッピング)
SKH40(粉末)	66HRC	8.3万(チッピング)

表面処理: TiCNコーティング

粉末成形パンチ

ワーク 自動車部品 (Fe系粉末)

- 先端面R部の摩耗とクラックを抑制
- V5の高い耐摩耗性と靱性が有効

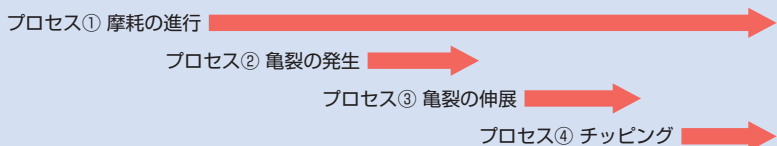
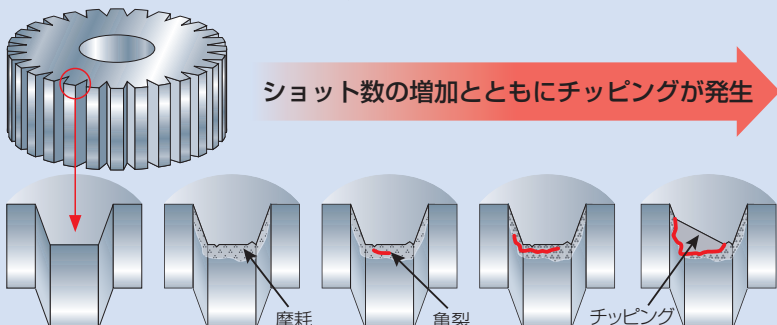


材種	硬さ	寿命数
DURO-V5	60HRC	15万(クラック)
4V系粉末ハイス	60HRC	3.5万(クラック)

表面処理: なし

破壊プロセスのイメージ図

ファインブランキングパンチの刃先チッピング



- ① ワークとの接触により、パンチ先端コーナーの側面側が摩耗する。摩耗は、加工ショット数の増加につれて進行し、
- ② ある時点で、マイクロクラックが発生する。
- ③ このマイクロクラックは、摩耗の進行とともに伸展し、
- ④ 一定の長さになった段階で破壊起点となり、チッピングが発生する。

刃先チッピングを抑えるには

プロセス①

摩耗の進行を抑える(特に溶着摩耗)

- ▶▶ 高い耐摩耗性が必要
- ▶▶ 炭化物の小さい粉末ハイスより、炭化物の大きい溶解ハイスが有効

プロセス②③④

摩耗面からのチッピングの発生を抑える

- ▶▶ 表面の面粗さが悪くても割れにくい特性が必要
- ▶▶ 炭化物が丸くて数の多い粉末ハイスより、炭化物が異形状で数の少ない溶解ハイスが有効



DURO-SP, V5は、硬質炭化物を比較的多く含有する特殊溶解ハイスであり、粉末ハイスやマトリックスハイスより耐摩耗性に優れる。とりわけ溶着摩耗に強い特徴があり、パンチ先端の摩耗を抑制することができ、特にコーティング処理されていないパンチや、コーティングが早期にはく離・摩耗するパンチに有効です。

DURO-V2, F7

DURO-V2の特徴

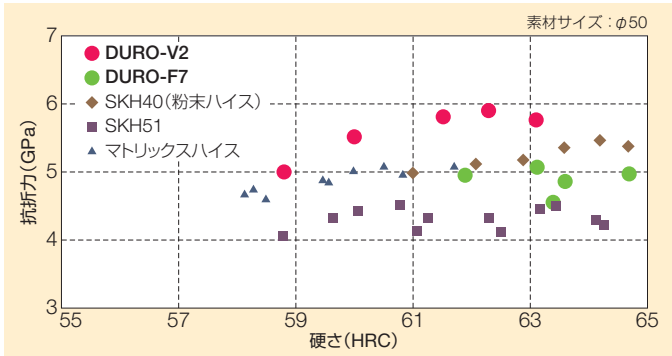
- 60HRC以上の硬さと、高い靱性(抗折力6GPaレベル)を両立
- 特殊溶解を複数回実施。清浄度に優れると同時に、粗大炭化物を極少化し、極めて高い疲労強度を有する

DURO-F7の特徴

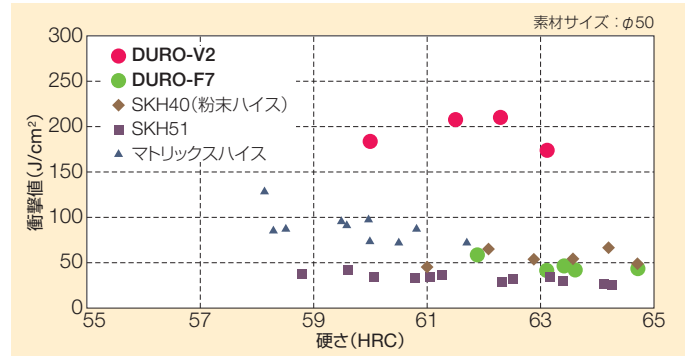
- 64HRC以上の硬さと高い靱性を両立
- SKH51に近い耐摩耗性を有する
- 特殊溶解の実施により、疲労強度に優れる

靱性

DURO-V2, F7は、硬さと靱性のバランスが高い



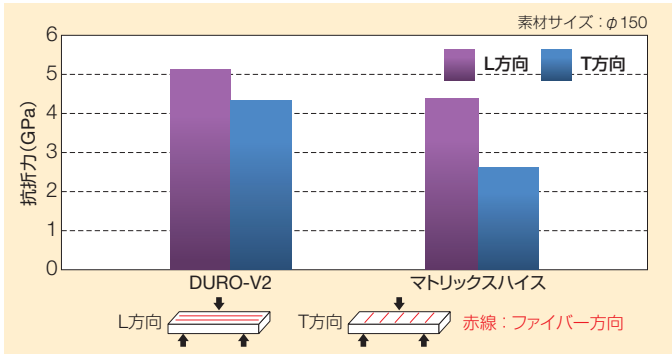
試験条件 3点曲げ試験
試験片サイズ:5×10×60 支点間距離:50mm ストローク速度:3mm/min



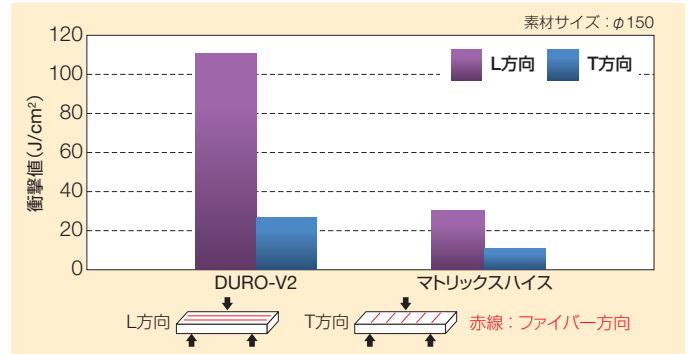
試験条件 シャルピー衝撃試験
試験片サイズ:5×10×60 ノッチ:なし

靱性(異方性)

DURO-V2は、大径材の靱性も高く、方向性も少なく等方的である



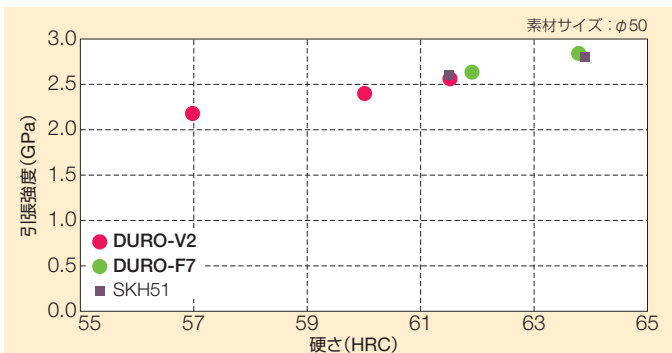
試験条件 3点曲げ試験
試験片サイズ:5×10×60 支点間距離:50mm ストローク速度:3mm/min



試験条件 シャルピー衝撃試験
試験片サイズ:5×10×60 ノッチ:なし

引張強度

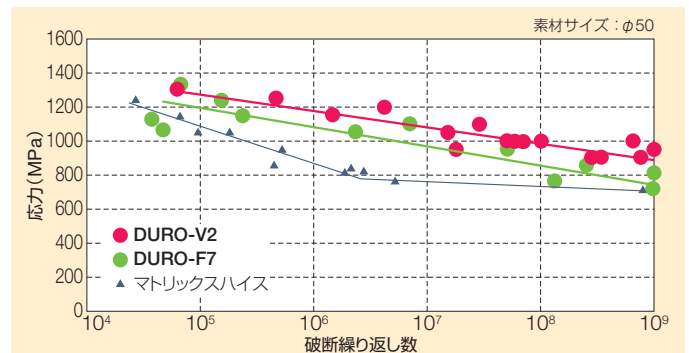
引張強度は、硬さに比例する



試験条件 引張試験
試験片最小断面積:φ4 ストローク速度:1mm/min

疲労強度

DURO-V2, F7は、疲労強度に優れる



試験条件 超音波疲労試験
試験片最小断面積:φ3 繰返し速度:20kHz

主な用途

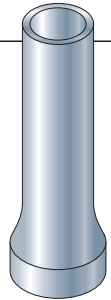
- 冷間鍛造パンチ ●冷間押しパンチ ●ヘッダーパンチ ●転造ローラー ●フローフォーミングマンドレル
- フォーミングラック ●転造ダイス

使用事例

冷間鍛造パンチ

ワーク CVJ部品

- 先端面のつぶれによる変形と割れを抑制
- V2の硬さと高い靱性が有効



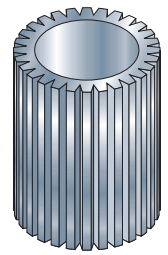
材種	硬さ	寿命数
DURO-V2	61HRC	13万(摩耗)
マトリックスハイス	60HRC	2万(変形)

表面処理:なし

押し中パンチ

ワーク 電気部品(銅)

- 複雑形状の凸部でクラックを抑制
- V2の高い靱性が有効



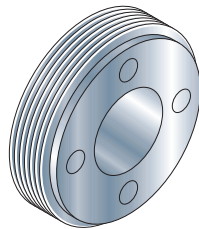
材種	硬さ	寿命数
DURO-V2	61HRC	5万(摩耗)
マトリックスハイス	61HRC	3万(クラック)

表面処理:なし

転造ローラー

ワーク 電磁クラッチ部品(SPHE)

- 歯頂部の微小クラックを抑制
- F7の高い靱性と65HRCの硬さが有効



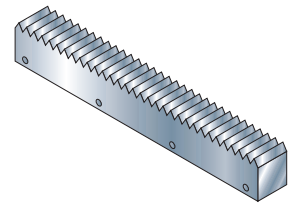
材種	硬さ	寿命数
DURO-F7	65HRC	5万(微小クラック)
マトリックスハイス	60HRC	1万(微小クラック)

表面処理:なし

フォーミングラック

ワーク 自動車シャフト部品(S55CV)

- 歯頂部のチッピングを抑えた
- F7の高い疲労強度が有効

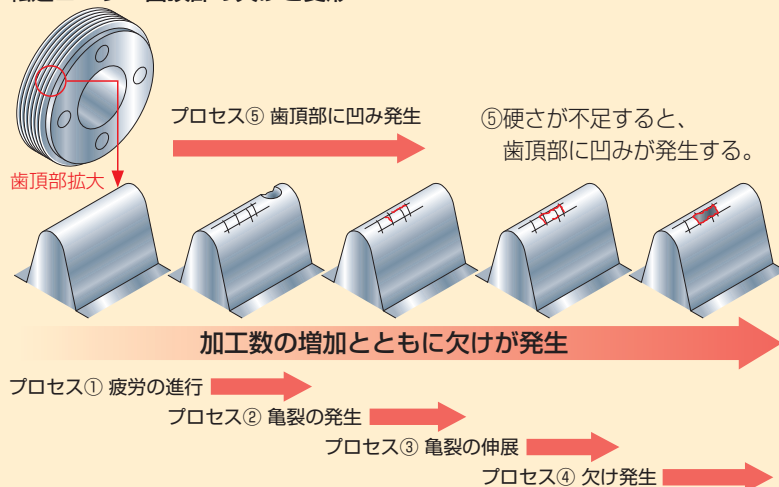


材種	硬さ	寿命数
DURO-F7	62HRC	3.8万(クラック)
マトリックスハイス	62HRC	2.6万(クラック)

表面処理:イオン窒化

破壊プロセスのイメージ図

転造ローラー歯頂部の欠けと変形



- ①歯頂部に高い圧縮荷重とワークの転がり移動にともなう曲げ応力が作用し、加工数とともに疲労が蓄積。
- ②ある時点で、マイクロクラックが発生する。
- ③このマイクロクラックは、疲労の進行とともに伸展し、
- ④一定の長さになった段階で破壊起点となり、欠けが発生する。

歯頂部の欠けと変形を抑えるには

プロセス②

疲労によるマイクロクラックを抑える

- ▶▶高い疲労強度が有効
- ▶▶**介在物&炭化物が小さく、かつ少ないクリーンな材料が有効**

プロセス⑤

凹みを抑える

- ▶▶高硬さ(高強度)が有効
- ▶▶**最適な合金バランスと添加量により高硬さの得られる材料が有効**



DURO-V2, F7は、歯頂部の耐欠け性を高めるため、硬さと抗折力のバランス、さらに疲労強度を可能な限り高めた材料となっている。特殊溶解の適用により、破壊の起点となりがちな非金属介在物の残存量を極少化すると同時に炭化物の大きさや量を制御することにより、狙いの特性を得ている。

DURO-F3, F1, FZ, N1

DURO-F3, F1, FZの特徴

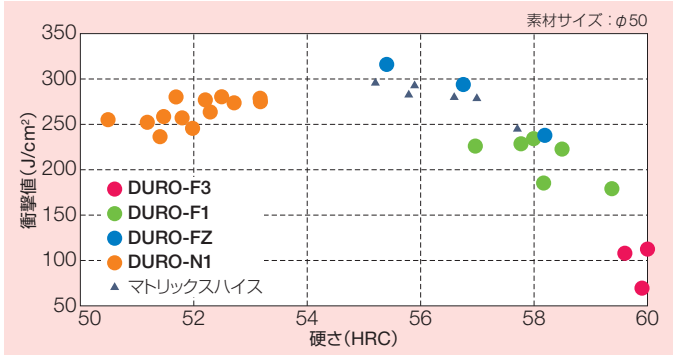
- 熱間ダイス鋼に比べ、耐熱性(軟化抵抗)に優れ、ヒートチェックの発生を抑制する
- 54~63HRCの範囲で高い靱性を有する

DURO-N1の特徴

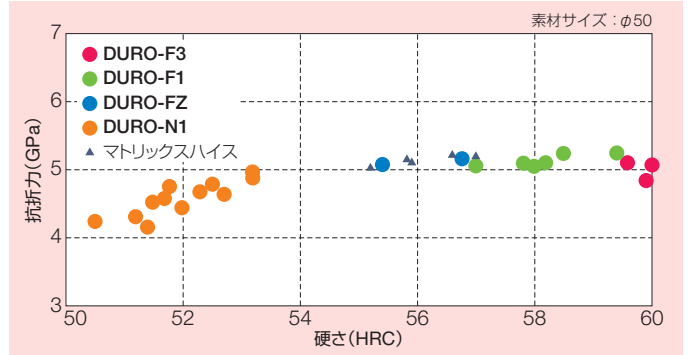
- SKD61に比べ、耐熱性(軟化抵抗)に優れ、ヒートチェックの発生を抑制する
- 最高55HRCまでの硬さが得られる

靱性

耐衝撃性は、DURO-FZが最も優れる。抗折力は、DURO-F1が最も優れる



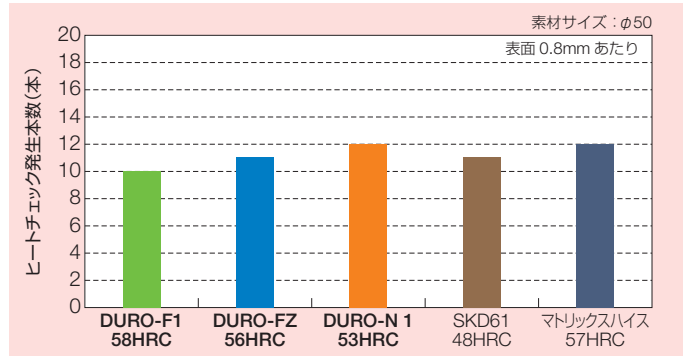
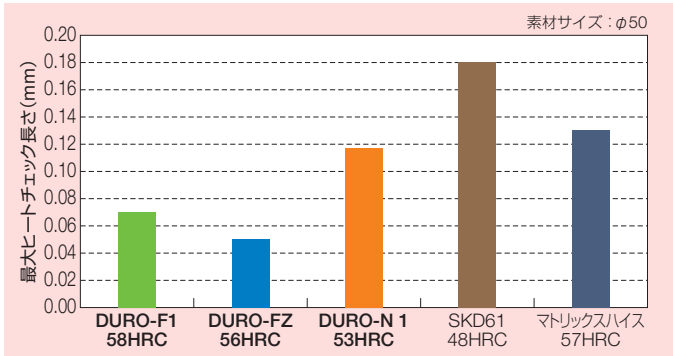
試験条件 シャルピー衝撃試験
試験片サイズ:5×10×60 ノッチ:なし



試験条件 3点曲げ試験
試験片サイズ:5×10×60 支点間距離:50mm ストローク速度:3mm/min

耐ヒートチェック性

総合的に見て、DUROシリーズは耐ヒートチェック性に優れる

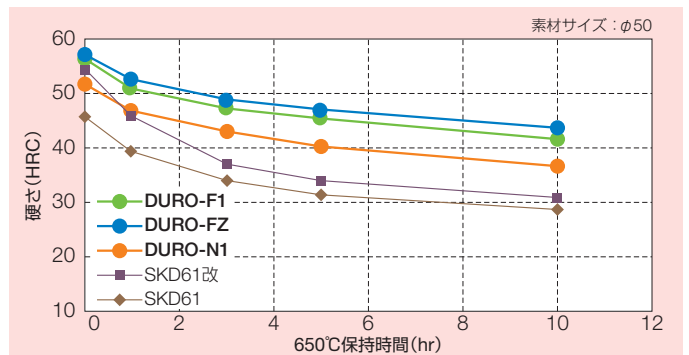


試験条件 ヒートチェック試験
試験片サイズ:φ20×5 [700℃×3s加熱→水冷×10s]×1000回



耐熱性

DUROシリーズは耐熱性に優れる



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℃)

主な用途

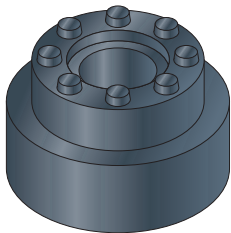
- 熱間鍛造パンチ & ダイ全般
- 熱間押し出しパンチ
- 温間鍛造ダイ
- 熱間ローリングマンドレル
- 冷間ローリング(CRF)マンドレル
- 冷間打ち抜きパンチ
- 粉末成形パンチ
- せん断刃

使用事例

熱間鍛造ダイ

ワーク ATギア (SCr420HV)

- 成形面のヒートチェックとクラックを抑制
- F1の高温強度と靱性がマッチ



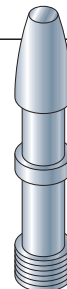
材種	硬さ	寿命数
DURO-F1	56HRC	3万(ヒートチェック)
マトリックスハイス	56HRC	1.4万(ヒートチェック)

表面処理: イオン窒化

CRFマンドレル

ワーク ベ어링(SUJ2)

- 繰り返し曲げによる折れを抑制
- F1の硬さと高い靱性が有効



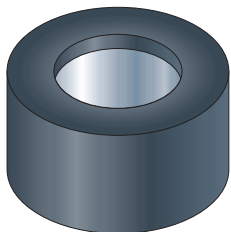
材種	硬さ	寿命数
DURO-F1	54HRC	15,000(折れ)
SKD61	50HRC	5,000(折れ)

表面処理: なし

熱間鍛造ダイ

ワーク ベ어링(SUJ2)

- 成形面コーナー部のヒートチェックとダレを抑制
- FZの高い高温強度が有効



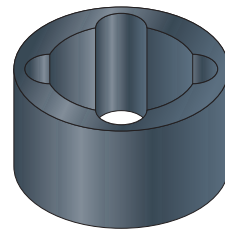
材種	硬さ	寿命数
DURO-FZ	57HRC	4,000(ヒートチェック)
SKD7改	54HRC	2,000(ヒートチェック)

表面処理: 窒化

熱間鍛造ダイ

ワーク ハブ外輪(SUJ2)

- 成形面のヒートチェックとR部のクラックを抑制
- N1の高温強度と靱性がマッチ

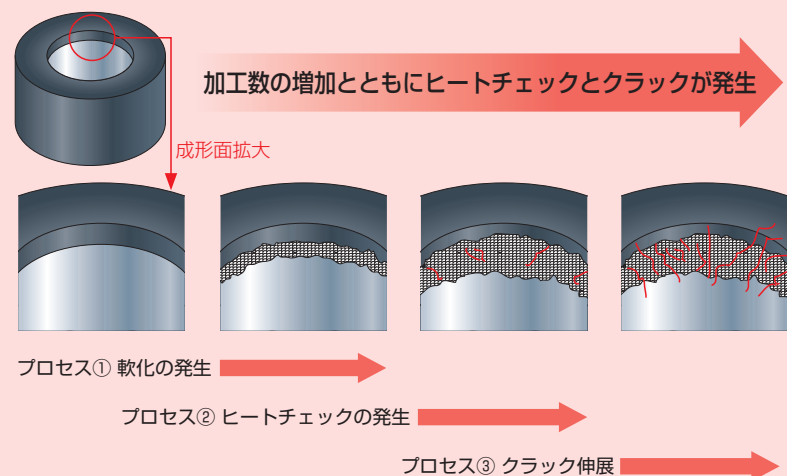


材種	硬さ	寿命数
DURO-N1	53HRC	1,680(クラック)
SKD7	51HRC	1,000(クラック)

表面処理: イオン窒化

破壊プロセスの例

熱間鍛造ダイ成形面のヒートチェックとクラック



- ① ワークと接触する成形面表層の硬さが低下。これにより、表層部が塑性変形したり、著しい摩耗が発生する
- ② 硬さの低下により、金型表層に熱疲労による微細なクラックいわゆるヒートチェックが発生しやすくなる
- ③ 使用条件によっては、それを起点として大きな割れに至る

成形面のヒートチェックとクラックを抑えるには

プロセス①

温度上昇による硬さの低下を抑える

- ▶▶ 高い軟化抵抗特性が有効
- ▶▶ 凝集しにくい炭化物を含む材料が有効

プロセス②

熱疲労によるヒートチェックを抑える

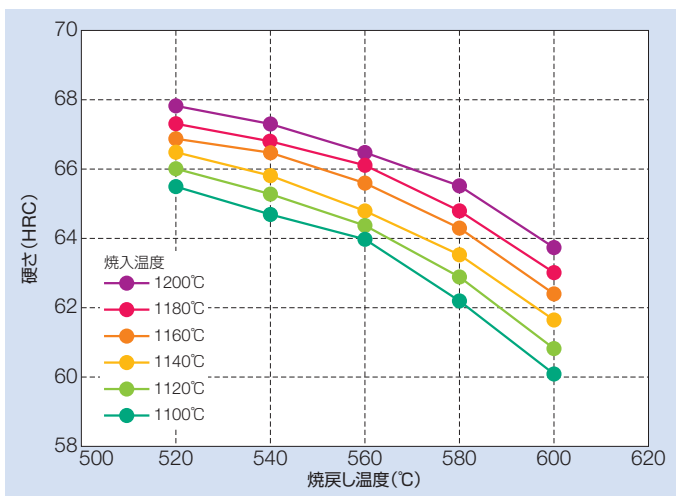
- ▶▶ 高温での高い疲労強度が有効
- ▶▶ 介在物 & 炭化物が小さく、かつ少ないクリーンな材料が有効

お勧めポイント

耐熱性を高めるために重要な因子は、内部に含まれる炭化物の種類と量であり、高温下でも凝集しにくい炭化物を靱性を下げない程度にできるだけ多く含有させることが重要である。F3, F1, FZ, N1は、汎用の熱間ダイス鋼SKD61や、近年多用されているSKD61の改良鋼などに比べ、高い耐熱性を有する。

焼入焼戻し硬さと標準熱処理条件 DURO SP, V5, V2, F7

DURO-SP



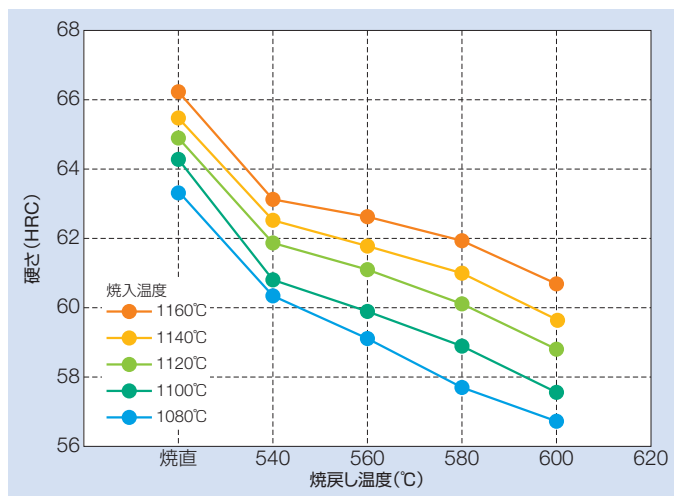
推奨熱処理条件

狙い	焼入れ(°C)	焼戻し(°C×回)	硬さ(HRC)
耐摩耗重視	1200	560×3	66.5
標準	1160	580×3	64.5
靱性重視	1120	600×3	61

熱処理のポイント

- 最高焼入温度は、1220°C
- 焼戻しは、3回以上必須

DURO-V5



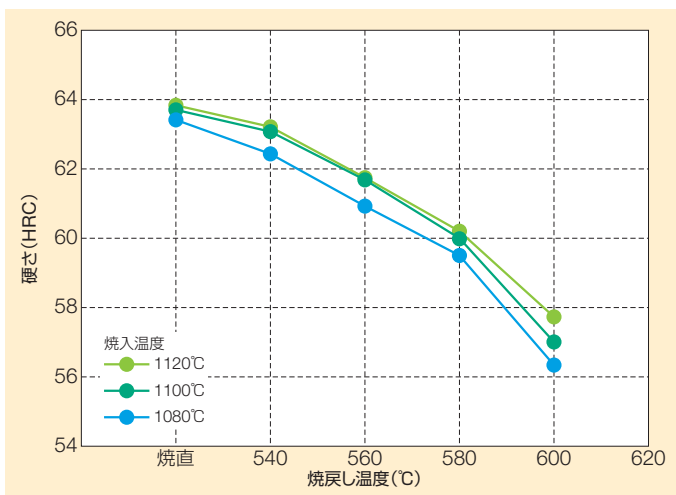
推奨熱処理条件

狙い	焼入れ(°C)	焼戻し(°C×回)	硬さ(HRC)
耐摩耗重視	1160	560×2	62.5
標準	1140	580×2	61
靱性重視	1120	600×2	59

熱処理のポイント

- 最高焼入温度は、1160°C
- 焼戻しは、2回以上必須

DURO-V2



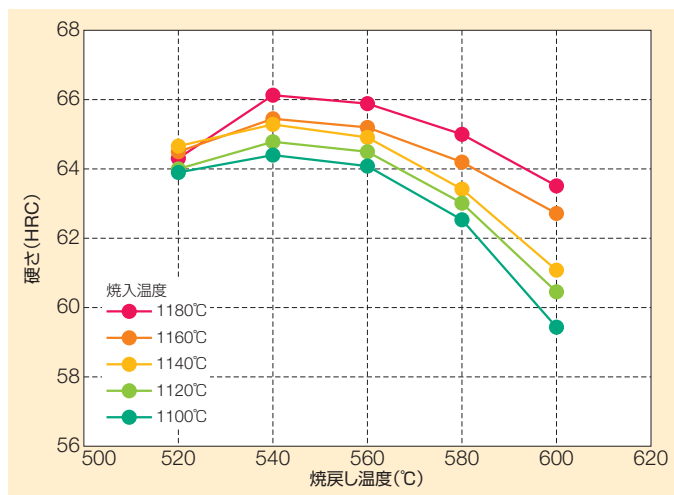
推奨熱処理条件

狙い	焼入れ(°C)	焼戻し(°C×回)	硬さ(HRC)
耐摩耗重視	1100	550×2	63
標準	1080	560×2	61

熱処理のポイント

- 最高焼入温度は、1100°C (ただし、真空炉加熱の場合は、昇温および保持時間を可能な限り短くする必要あり) (詳細12ページ参照)
- 焼戻しは、2回以上必須

DURO-F7



推奨熱処理条件

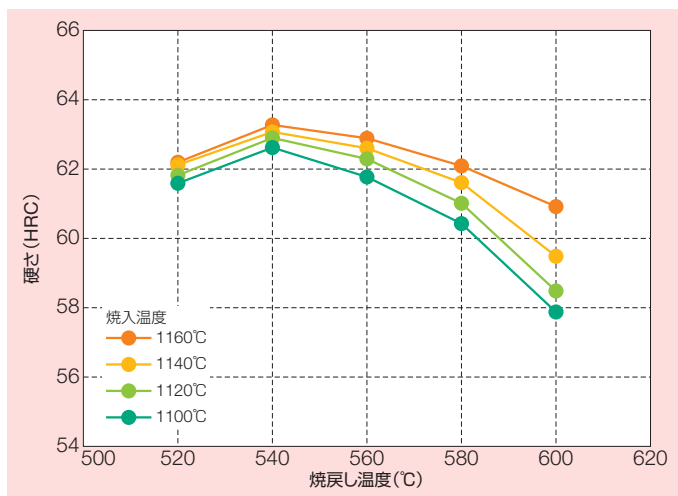
狙い	焼入れ(°C)	焼戻し(°C×回)	硬さ(HRC)
耐摩耗重視	1180	560×2	66
標準	1140	580×2	63.5
靱性重視	1100	600×2	59.5

熱処理のポイント

- 最高焼入温度は、1180°C (ただし、真空炉加熱の場合は、昇温および保持時間を可能な限り短くする必要あり)
- 焼戻しは、2回以上必須

焼入焼戻し硬さと標準熱処理条件 DURO F3, F1, FZ, N1

DURO-F3



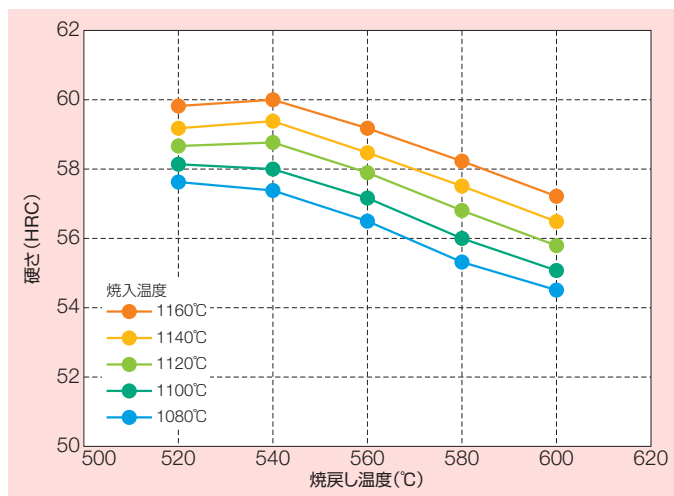
推奨熱処理条件

狙い	焼入れ(°C)	焼戻し(°C×回)	硬さ(HRC)
耐摩耗重視	1140	560×2	62.5
標準	1120	580×2	61
靱性重視	1100	600×2	58

熱処理のポイント

- 最高焼入温度は、1140°C(塩浴炉)、1120°C(真空炉)
- 焼戻しは、2回以上必須

DURO-F1



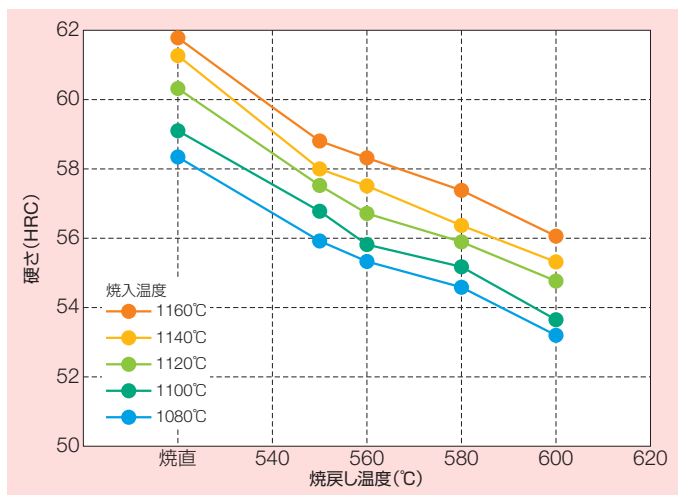
推奨熱処理条件

狙い	焼入れ(°C)	焼戻し(°C×回)	硬さ(HRC)
耐摩耗重視	1140	560×2	58.5
標準	1120	580×2	57
靱性重視	1100	600×2	55

熱処理のポイント

- 最高焼入温度は、1150°C
- 大型品の場合は、冷却の強化必要(詳細12ページ参照)
- 焼戻しは、2回以上必須

DURO-FZ



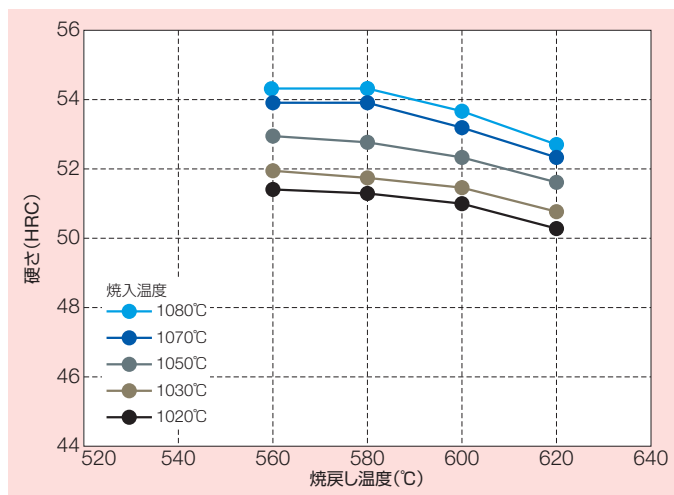
推奨熱処理条件

狙い	焼入れ(°C)	焼戻し(°C×回)	硬さ(HRC)
耐摩耗重視	1140	560×2	57.5
標準	1120	580×2	56
靱性重視	1100	600×2	53.5

熱処理のポイント

- 最高焼入温度は、1160°C(ただし、真空炉加熱の場合は、昇温および保持時間を可能な限り短くする必要あり)
- 大型品の場合は、冷却の強化必要(詳細12ページ参照)
- 焼戻しは、2回以上必須

DURO-N1



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	1070	560×2	54
標準	1050	580×2	53
靱性重視	1030	600×2	51.5

熱処理のポイント

- 最高焼入温度は、1070°C(ただし、真空炉加熱の場合は、昇温および保持時間を可能な限り短くする必要あり)
- 大型品の場合は、冷却の強化必要(詳細12ページ参照)
- 焼戻しは、2回以上必須

標準マイクロ組織

●倍率:100倍 ●素材寸法:φ50 ●縦断面 ●Nital腐食

DURO-SP



DURO-V5



DURO-V2



DURO-F7



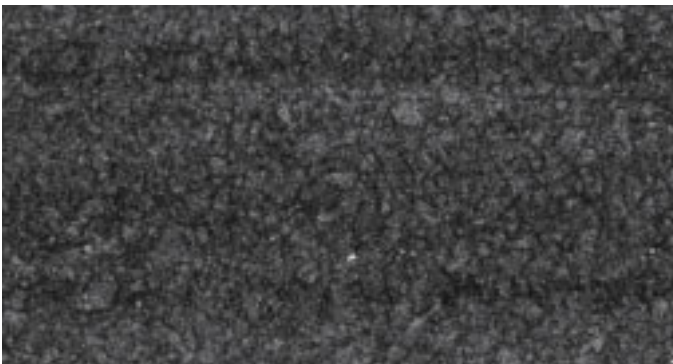
DURO-F3



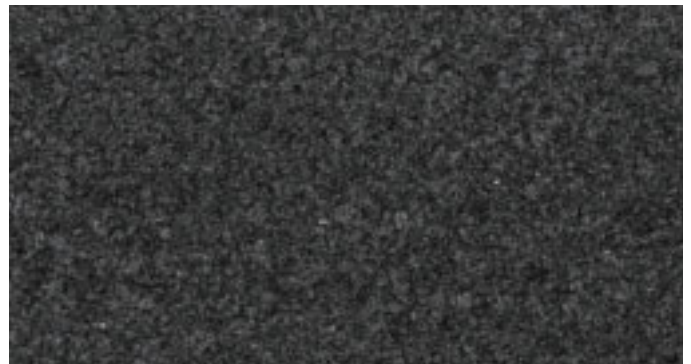
DURO-F1



DURO-FZ

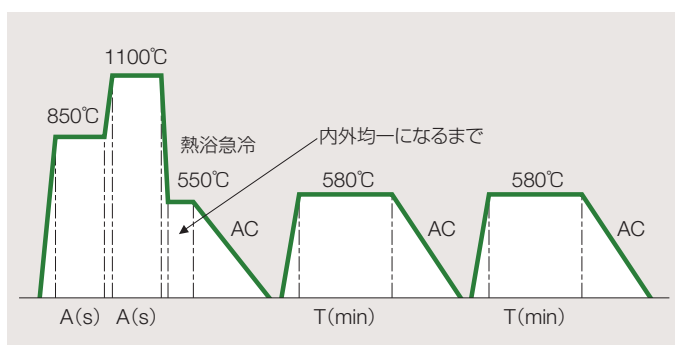


DURO-N1



熱処理パターンの例

ソルトバス熱処理



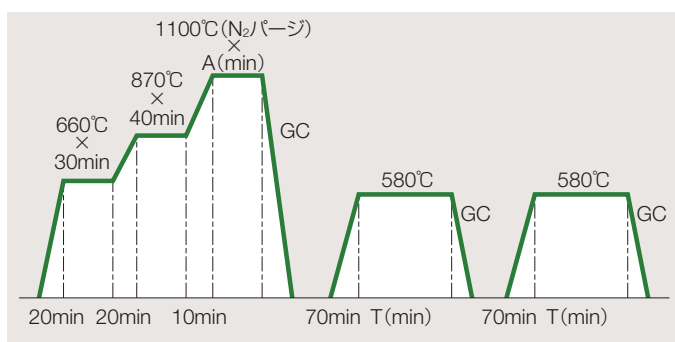
標準的な加熱時間

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

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

真空炉熱処理



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

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

その他熱処理上の注意点

DURO-V2

- DURO-V2は、高い靱性を得るために、一次炭化物の量を極限まで減らした材料です。
- そのため、熱処理を行う場合に一定の配慮が必要で、具体的には、焼入れ時間をできるだけ短めにするのが重要です。
- これは、炭化物が少ないため、焼入れ加熱時に結晶粒が成長しやすいからです。
- DURO-V2の熱処理は、短時間加熱の可能なソルトバスを推奨しますが、真空炉で処理される場合、下記の熱処理条件を参考としていただきたいと思います。

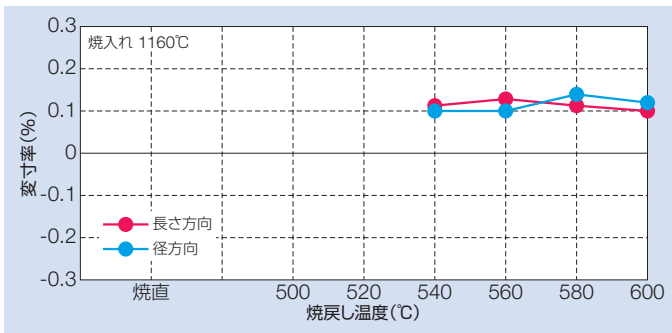
ワーク寸法 (mm)	ワークの厚み (mm)	オーステナイト化温度 (°C)	保持時間A (min)
5×10×60	5	1100	5
φ50(φ25中空)×60	12.5	1100	10
φ50×60	50	1100	15
55×65×220	55	1100	20
φ145(φ72中空)×150	32	1100	20

DURO-F1, FZ, N1

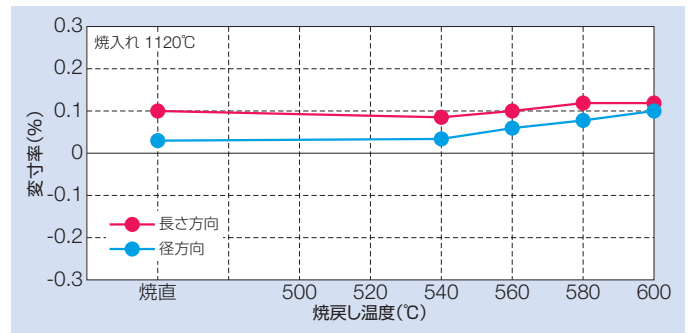
- DURO-F1, FZ, N1は、比較的大径の金型に使用されるケースが多く、焼入れ冷却速度が不足するとベイナイト組織が発生し、靱性を損なうリスクがあります。
- そのため、真空炉、雰囲気炉の場合、油冷却を推奨しますが、加圧ガス冷却の場合は、できるだけ冷却能力の高い設備のご使用を推奨します。
- ソルトバスの場合は、550°C前後の熱浴冷却の後、さらに低温の200°C程度での熱浴冷却が必要になります。ワークの厚みが、50mm程度を超えた場合、2段冷却を推奨します。

熱処理変寸

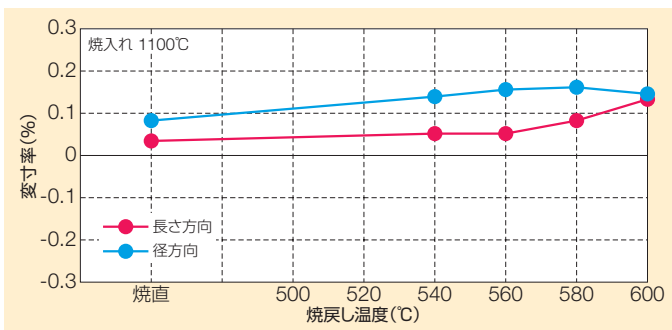
DURO-SP



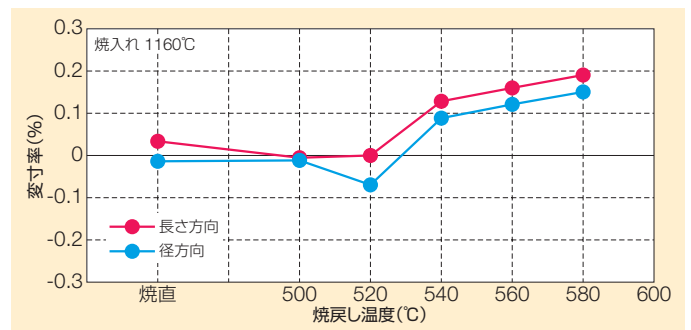
DURO-V5



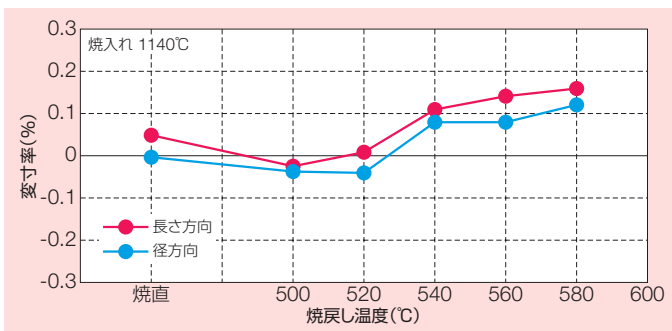
DURO-V2



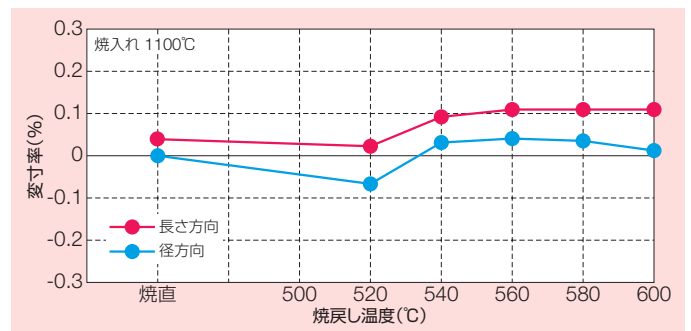
DURO-F7



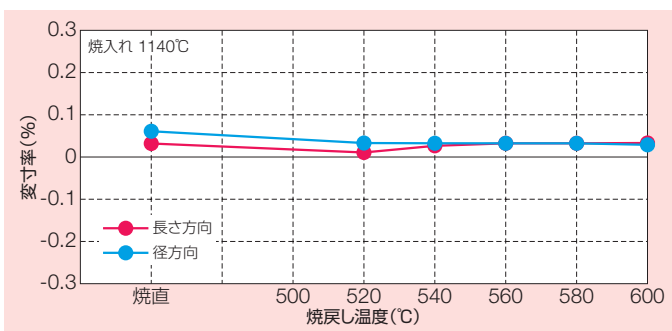
DURO-F3



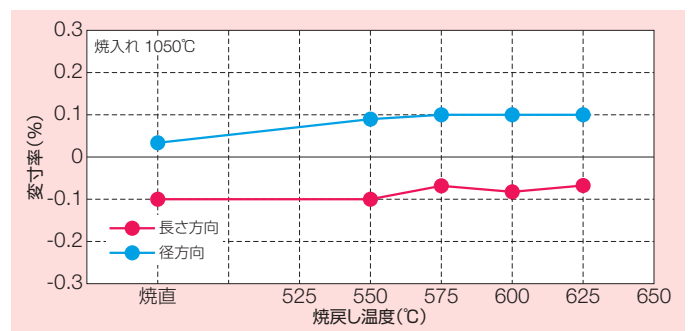
DURO-F1



DURO-FZ



DURO-N1



●熱処理変寸量は、化学成分や含まれる炭化物の種類、さらには熱処理方法に影響を受けるだけではなく、素材製造時や金型加工時に発生する残留ひずみの影響も大きく、変寸バラツキの要因となります。

●DUROシリーズは、十分な焼鈍しを施して出荷されますが、製造時の残留ひずみがゼロとなることは無く、変寸量に一定のバラツキが発生します。

●焼入れ前に歪取り焼鈍を行うことで、そのバラツキを軽減することが可能です。

経時変寸

- 工具鋼を焼入れすると、ある割合で残留オーステナイトが生成します。
- この残留オーステナイトは、550℃前後の焼戻しにより、ほぼ消失しますが、完全にゼロとはならず、その状態で製品として保管あるいは使用されるケースがあります。
- この場合、製品に残った僅かな残留オーステナイトが、時間とともにマルテンサイトへ変態し、体積の膨張とそれによる変形が発生することがあります。
- 残留オーステナイトを減らす対策としては、
 - ① より高温の焼戻しを、より多くの回数実施する
 - ② 焼入れ後にサブゼロや超サブゼロ処理を行う
 - ③ 焼戻し後に安定化処理を行う
 といった方法があげられます。
- 右表は、SKH51の経時変寸を測定した例で、安定化処理の効果が確認されています。

SKH51 φ10×100Lの経時変寸量

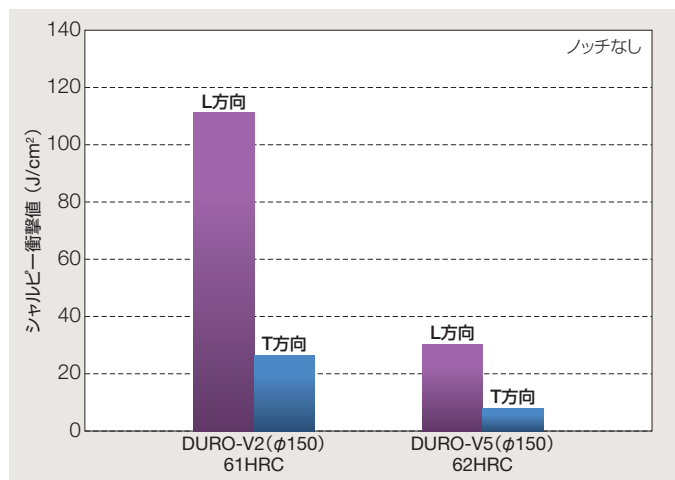
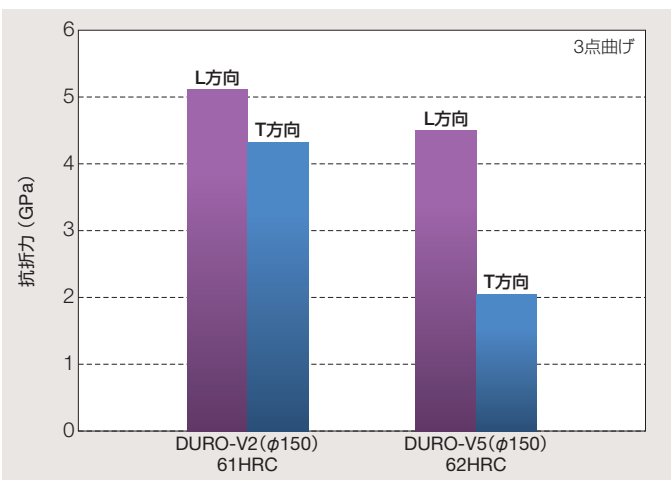
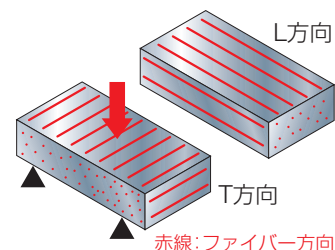
焼戻し：550℃×90min×3回

	焼入焼戻し後の経過日数 単位:mm				
	4	8	16	120	180
処理なし	0.001	0.002	0.003	0.007	0.008
サブゼロ処理	0.002	0.002	0.004	0.005	0.006
安定化処理 (450℃加熱)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002

ハイスの寸法安定化処理 400~450℃加熱の効果大

ファイバーフローについて

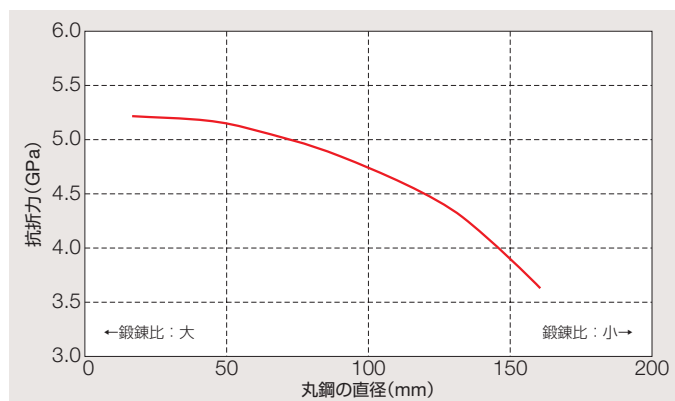
- 工具鋼の炭化物分布状態は、鋼材の製造工程により変化します。
- 鋼塊中の鑄造組織は、粗大な炭化物偏析を含みますが、鍛造・圧延により分断され、より分散した小型の炭化物となり、加工の延伸方向にファイバー上に並びます。
- したがって、機械的特性、特に靱性には異方性が見られ、炭化物が多いものほどその影響が顕著になります。
- 下図は、DURO-V5とDURO-V2のL方向とT方向の靱性値を示します。
- 炭化物の多いDURO-V5の方が、T方向とL方向の靱性値の差が大きいことが分かります。
- 特に平角鋼から、金型素材を切り出す場合は、その方向が金型の割れ難さを決める上で重要となります。



鍛錬比と靱性

- 工具鋼は、一般に、大径材の鍛錬比は小さく、小径材の鍛錬比は大きくなります。
- そのため、大径材の炭化物分布状態は、比較的不均一で、炭化物サイズ自体も大きくなる一方、小径材の炭化物分布は、より均一で、炭化物サイズも微細となる傾向にあります。
- したがって、同じ材種であっても、小径材の方が大径材よりも靱性が高く、割れたり欠けたりし難いという、違いが発生します。
- 金型のサイズに合わせて、できるだけ小径の材料を使用することにより、その材種が持つ靱性を最大限発揮させることができます。
- 逆に、小径の金型を、大径材から製造すると、靱性面で不利な金型となってしまいますので、注意が必要です。

DURO-F7の素材径と抗折力の関係



機械加工について

- DUROシリーズは、ハイス、マトリックスハイス、熱間ダイス鋼に分類される材料であり、一般的なJIS鋼種と比べて、被削性に大きな違いはありません。
- ただし、DURO-SPは、最も高合金であり、硬質の炭化物も多いため、下記に参考として加工条件例を示します。

DURO-SPの機械加工について

推奨切削条件例

チップ(旋盤)	粗加工 DNMG150608N-GU AC3000 仕上加工 DNMG150408-GU AC3000
切削速度	V=56m/min
切り込み(片側)	粗加工 1mm 仕上げ加工 0.3mm
送り	f=0.18mm/rev

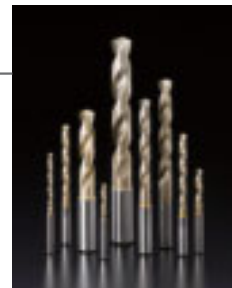
ドリル (焼なまし材)	NACHI SG-ESSドリル7.1 SGESS7.1	NACHI アクアドリルスタブφ7.1 AQDS7.1
回転数	580min ⁻¹ (切削速度 13m/min)	2020min ⁻¹ (切削速度 45m/min)
送り速度	90mm/min(送り量 0.15mm/rev)	405mm/min(送り量 0.2mm/rev)
切削液	水溶性クーラント	水溶性クーラント
穴深さ	20mm止まり	20mm止まり

タップ (焼なまし材)	NACHI GスパイラルタップM8×P1.0 GSP8M1
回転数	320min ⁻¹ (切削速度 8m/min)
送り速度	320mm/min(送り量 1.0mm/rev)
切削液	水溶性クーラント
穴深さ	13mm止まり

エンドミル (焼なまし材)	NACHI AGミル ラフィング ショート φ12 AGRES12
回転数	660min ⁻¹ (切削速度 25m/min)
送り速度	120mm/min
切削液	水溶性エマルジョン(W1種2号)
切り込み	aa=12mm ar=6mm

エンドミル (焼入れ材)	NACHI GS MILLハードφ10 GSH6100SF	
回転数	2200min ⁻¹ (切削速度 70m/min)	7200min ⁻¹ (切削速度 226m/min)
送り速度	670mm/min	3200mm/min
切削液	水溶性エマルジョン(W1種2号)	ドライ
切り込み	aa=10mm ar=0.5mm	aa=10mm ar=0.2mm

NACHI
SGドリル



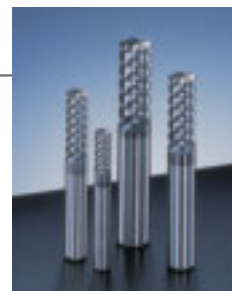
NACHI
アクアドリルスタブ



NACHI
AGミル ラフィング

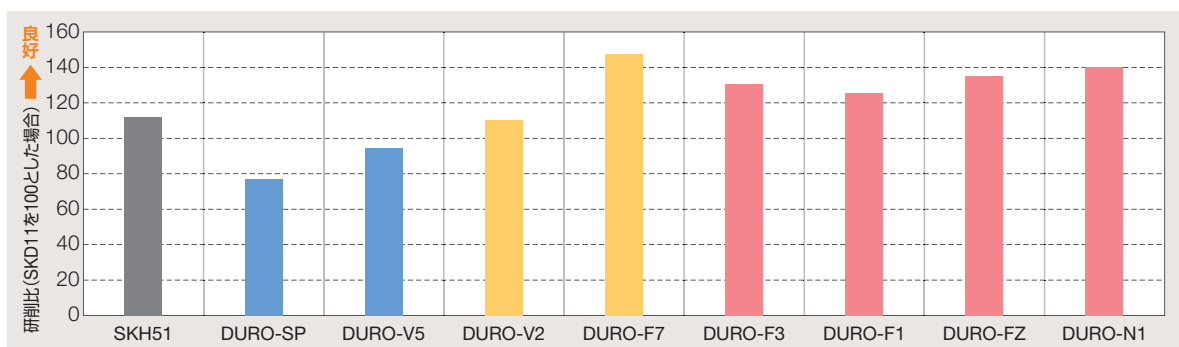


NACHI
GS MILL ハード



- 研削の場合は、CBN砥石を推奨いたします。

DUROシリーズの被研削性

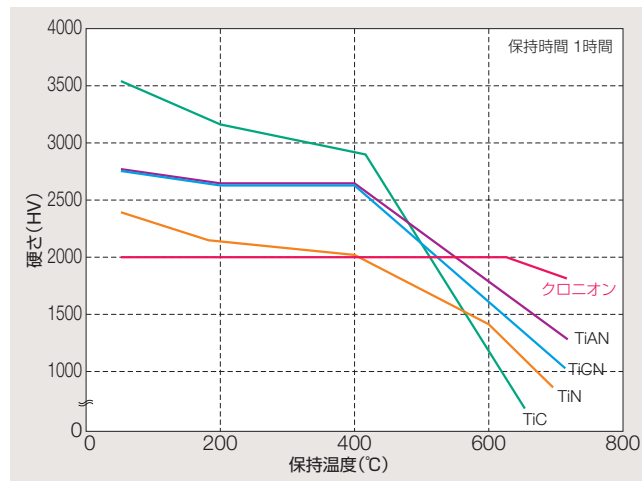


試験条件 平面研削
砥石:WA60K
テーブル送り:60m/min
切り込み:0.05mm
砥石回転数:2000min⁻¹

コーティングについて

- 金型表面の耐摩耗性向上や、ワークの離型性アップを狙って、コーティング処理を行うケースが増えています。
- 金型母材とコーティング膜の密着性については、諸説あるものの、密着性を高める手法として、成膜処理前母材に窒化処理を行い、表層の硬さを高め変形を抑えることで、膜の剥離を抑制する方法や膜組成を傾斜的に変化させる方法などが知られています。
- 冷間金型用にDUROシリーズを使用する場合、その使用環境に応じて、膜質を選択する必要があります。
- 右図は、膜種ごとの高温での硬さ変化を示しています。
- 冷間パンチには、TiCNまたはTiNが最も汎用的に使用されていますが、特に耐摩耗性を必要とするケースはTiCが、耐熱性を重視する環境では、TiAlNが使用される場合もあります。
- また、コーティングではありませんが、WPC処理により、表面に残留圧縮応力を与え、クラックの発生を抑える効果も確認されています。

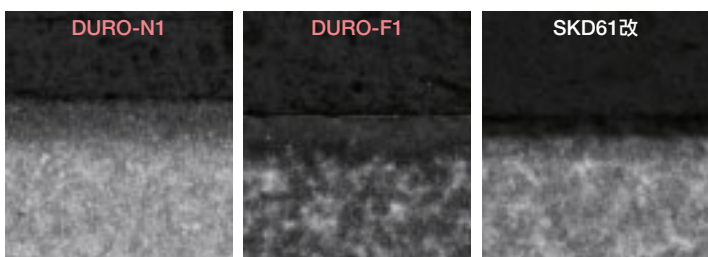
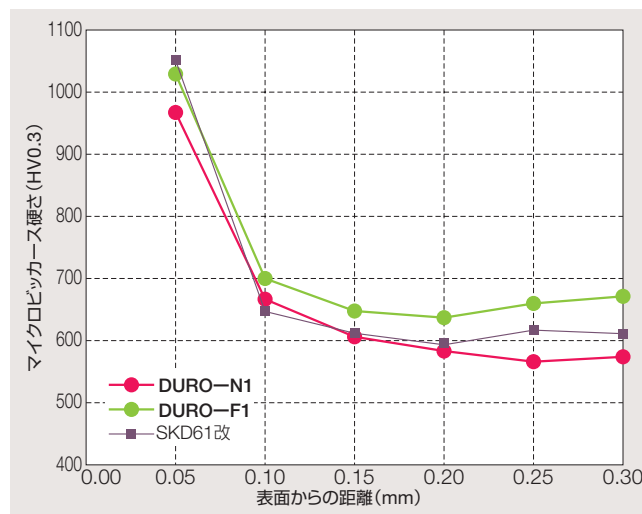
温度と膜硬さの関係



窒化について

- 金型表面の耐摩耗性向上やコーティング膜の下地処理として、温熱間金型を中心に窒化処理がなされます。
- DUROシリーズは、窒化処理について、他社材に比べて特に難しい点はありませんが、成分によって、表層の硬さ分布に異なる傾向が見られます。
- 特にCrやVなど、窒素と親和性の高い元素が多く含まれると、表層の硬さが高くなるものの、窒化層深さは浅くなる傾向が見られます。
- 下のマイクロ組織は、DURO-F1、N1およびSKD61改に対し、同一処理条件でイオン窒化処理を行った時の、表層組織です。
- その表層硬さ分布が、右下のグラフとなります。
- 材種による大きな差異はありませんが、Cr量の比較的多いSKD61改は、表面付近の硬さ上昇が著しいものの、深さ方向は、浅い傾向を示します。
- 一方、Cr量の少ないDURO-N1は、表面付近の硬さ上昇は小さいものの、比較的深い窒化層が生成されます。

イオン窒化による表層硬さ分布



放電加工について

- ファインブランキング用金型など、熱処理後のプレートからワイヤーカットで金型を切り出すケースがありますが、加工中のプレートにクラックが発生したり、切り出した金型に反りの発生する場合があります。
- DURO-SPなど、特に、炭化物を多く含む材種や、素材の鍛錬比の小さい大型の平角鋼から切り出す場合は、特に注意が必要です。
- 可能であれば、焼入温度を低めに設定することや、焼戻しを通常以上に十分行うなど、材料の靱性を高める配慮が必要です。
- 放電加工を行うと、加工面には、白層と熱影響層などの変質層が発生します。
- この変質層は、脆く、マイクロクラックを含むこともあるため、破壊の起点となりがちで、金型の割れや欠けを助長します。特に粉末ハイスの場合、その影響が顕著です(4ページ参照)。
- 寸法精度の確保や金型製作時間の短縮のために、白層を残したまま金型が使用されるケースも見受けられますが、研磨等により、可能な限り除去されることを推奨します。



引張特性と物理的性質

鋼種	硬さ (HRC)	引張強度 (GPa)	耐力 (GPa)	ヤング率 (GPa)	ポアソン比	伸び (%)	絞り (%)	圧縮強度 (GPa)	備考
DURO-SP	66	2.7	2.1	235	0.28			4.4	
	64.1	2.7	2.1	228				4.2	焼入1120℃焼戻し580℃×3回
DURO-V5	61.6	2.5	2.0	215	0.28			3.8	焼入1120℃焼戻し560℃×2回
DURO-V2	61.8	2.57	2.05	215	0.28	3	18	3.8	焼入1100℃焼戻し560℃×2回
	59.8	2.41	1.96			3	16	3.7	焼入1100℃焼戻し580℃×2回
	57.5	2.17	1.69			3	19	3.4	焼入1100℃焼戻し600℃×2回
DURO-F7	64	2.8	2.2	215	0.28			4.2	
	64.3			212					焼入1140℃焼戻し560℃×2回
	63.9	2.82	2.23						焼入1120℃焼戻し560℃×2回
	61.9	2.60	2.12						焼入1100℃焼戻し580℃×2回
DURO-F3	60	2.5	1.9	210	0.28			3.7	
	62.6			211					焼入1140℃焼戻し560℃×2回
DURO-F1	60.1	2.40	1.70	210	0.28	3	10	3.7	焼入1160℃焼戻し550℃×2回
	60.4	2.31	1.72	212		4	18		焼入1140℃焼戻し560℃×2回
	56.8	2.12	1.61			3	21		焼入1140℃焼戻し600℃×2回
DURO-FZ	56	2.1	1.6	210	0.28			3.5	
DURO-N1	52	1.8		210	0.28				焼入1030℃焼戻し560℃×2回
SKH51 (参考)	63.6	2.74	2.26	220	0.28			4.1	焼入1160℃焼戻し560℃×2回
	61.5	2.52	2.04						焼入1120℃焼戻し560℃×2回

●引張強度、耐力、圧縮強度は、基本的に硬さに比例します。

鋼種	熱膨張率 (10 ⁻⁶ /K)	熱伝導率 (W/m・K)	焼鈍し硬さ (例) (HRB)	比重
DURO-SP	(10.1)	23.8	98	(8.06) 8.02
DURO-V5			96	7.82
DURO-V2			93	7.72
DURO-F7	(10.1)	26	95	(7.83)
DURO-F3	(11.6)	27	93	(7.84) 7.76
DURO-F1	(11.6) 12.1	27	92	(7.84) 7.80
DURO-FZ	12.7	27	92	7.8
DURO-N1	12.0	27	92	(7.78) 7.82
SKH51 (参考)			96	(7.88) 8.05

●熱伝導率: 100℃ ●熱膨張率: 室温~100℃いずれも()内数値は、焼鈍し状態にて測定。

●ヤング率: 超音波法による 焼鈍し状態にて測定。

●比重()内数値は、焼鈍し状態にて測定。

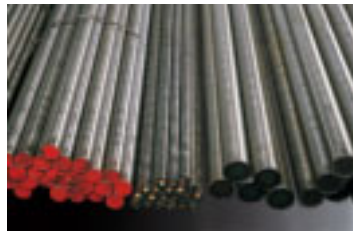
●焼鈍し硬さは、型種によって異なりますので、参考値となります。

製造可能範囲

丸鋼

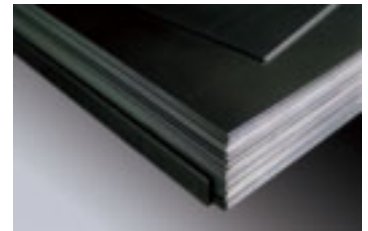
品目	標準寸法							
	直径(mm)							
圧延品	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27	28
	29	30	31	32	34	36	38	40
	42	44	46	48	50	55	60	65
	70	75	80	85	90	95	100	110
	120							
長さ3000-4500								

品目	標準寸法	
	直径(mm)	長さ(mm)
鍛造品旋削材	100-250	2000-3000

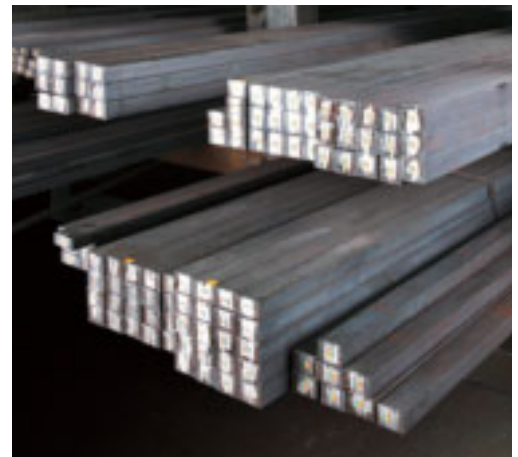
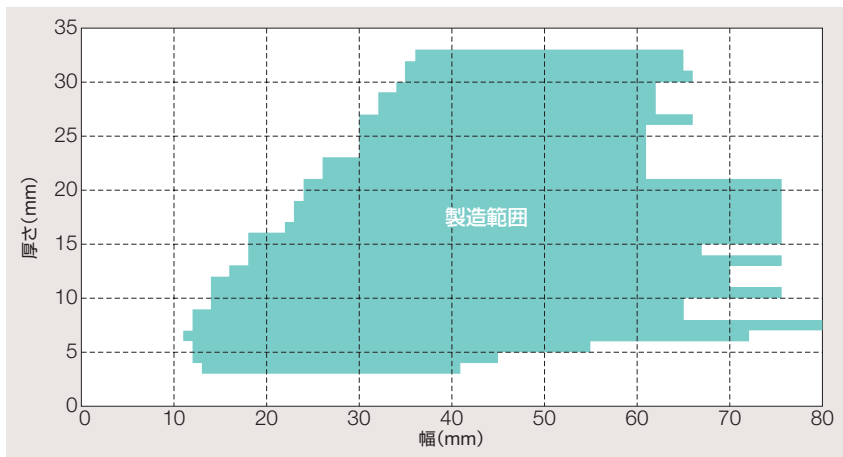


鋼板

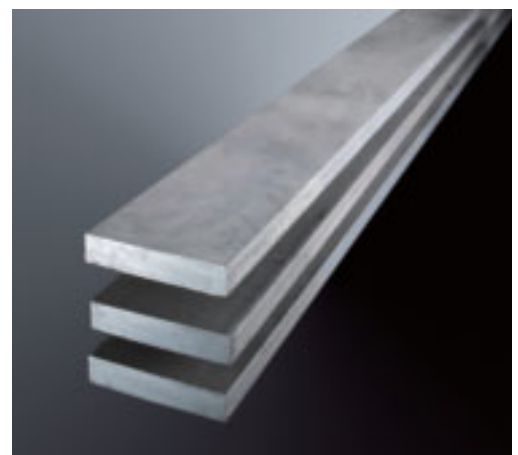
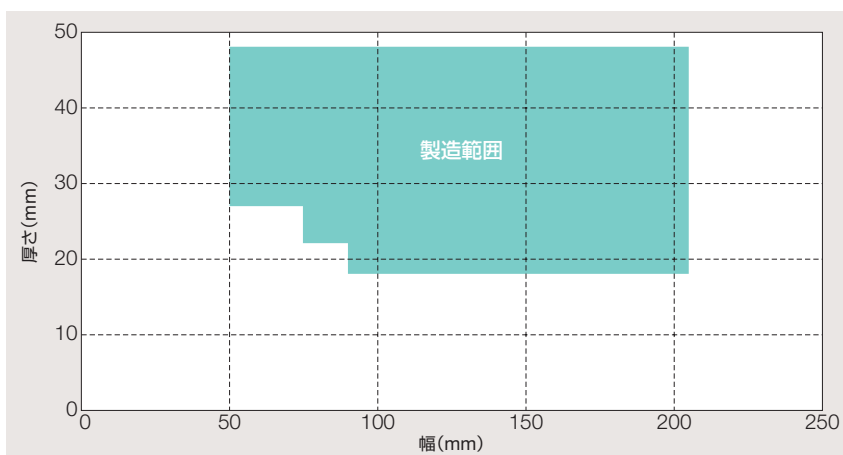
品目	標準寸法		
	厚み(mm)	幅(mm)	長さ(mm)
冷間圧延鋼板	0.5以上 2.5未満	550-600	1500-2000
	2.5以上 6.0未満		1500-2200
	6.0以上 7.0未満		1500-2000
	7.0以上 8.0未満	500-550	1000-1800
	8.0以上 9.0未満		1000-1600
	9.0以上 12.0未満		1000-1500
熱間圧延鋼板	4.0以上 6.0未満	550-600	1500-2000
	6.0をこえ 7.0未満		1000-2000
	7.0をこえ 8.0未満		1000-1800
	8.0をこえ 18.0以下	500-550	1000-1500



平鋼



広幅平鋼



特殊溶解設備

●不二越では、最新鋭の特殊溶解設備を活用し、高性能・高品質の金型材料をご提供します。

不二越 特殊溶解工場(VIM&ESR)



建屋総面積:2,362m²
2005年6月 竣工
2005年 ESR稼動
2007年 VIM稼動

不二越 R&Dマテリアル(材料開発センター)



無断転載禁止

- カタログ記載内容については、技術進歩、改良等により、予告なく変更することがありますので、あらかじめご了承下さい。なお、制作には正確を期するため細心の注意を払っていますが、誤記・脱漏や製本上の落丁等による損害については、責任を負いかねます。
- この資料に記載の特性値は代表的なデータであり、実際の製品で得られる特性値とは異なることがありますので、ご注意下さい。

NACHI
株式会社 不二越

東京本社 東京都港区東新橋1-9-2汐留住友ビル17F 03-5568-5111
富山本社 富山県富山市不二越本町1-1-1 076-423-5111
東日本支社 東京都港区東新橋1-9-2汐留住友ビル17F 03-5568-5288
中日本支社 名古屋市名東区高社2-1-20-3ナチ名古屋ビル 052-769-6818
西日本支社 大阪市北区中之島3-2-18 住友中之島ビル5F 06-7178-5106
<http://www.nachi-fujikoshi.co.jp/>

本カタログのお問い合わせは下記までご連絡下さい。

マテリアル事業部 マテリアル企画部 Tel : 076-438-4429 富山県富山市米田町3-1-1

CATALOG NO.

4301

2014.03.V-ABE-ABE