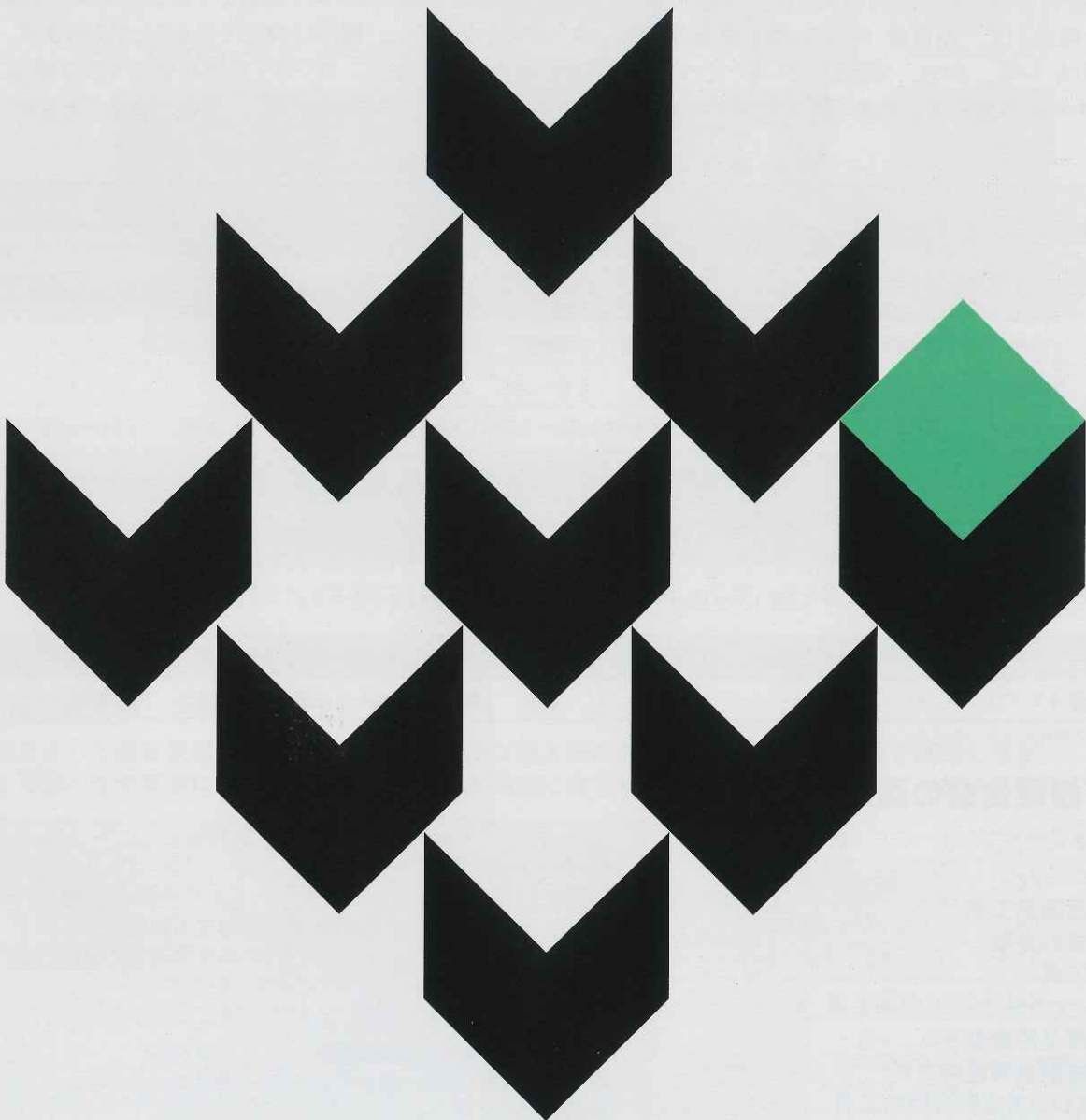


超硬合金・フジロイ

Cemented Carbide・Fujilloy



FUJILLOY™

富士ダイスは、耐摩耗・耐衝撃用超硬工具の専門メーカーであり、種々の用途に関して積極的な研究開発を行って来ました。最高レベルの超硬耐摩耗工具を工業界に提供することが富士ダイスの使命と考えています。

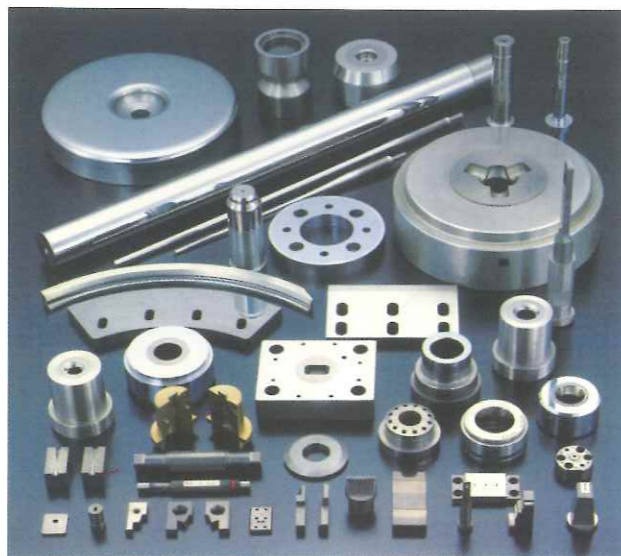
フジロイ・超硬合金をご紹介します。

超硬合金の定義

超硬合金とは、W、Mo、Cr、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta の9種類の炭化物を、Fe族(Fe、Co、Ni)金属で結合した合金の総称で、一般的にはWC-Co合金を指します。

超硬合金化のメリット

- 1) 工具の寸法精度を向上できます。
- 2) 工具の表面状態がよくなり、製品の外観を向上できます。
- 3) 工具の耐摩耗性が向上し、摩耗による被加工材への工具成分の混入量を減少できます。
- 4) 工具寿命が長く、工具のメンテナンス回数が減少し、稼働率を高くすることが出来ます。
- 5) 上記により、環境によりやさしく出来ます。



各種工具材料の特性値比較

各種工具材料の代表的な特性値を表1に示します。ここで、超硬合金はフジロイの値ですが、フジロイ超硬合金の硬さ、圧縮強さは、軟質のSKD11から硬質のセラミックスまでをカバーし、幅広い特性であることが分ります。また、熱伝導率はSKD、SKH、セラミックス等と比べて高いものを含みます。また、フジロイ超硬合金のヤング率は、各種工具材料の中で最も高い値を示しますが、このことは、塑性加工用工具素材として、最適であることを示します。

表1 各種工具材料の特性値比較例

特性	SKD11	SKD61	SKH	KF2合金	超硬合金 (WC粒度 0.2~6.0μm)	セラミックス			
						SiC	Si ₃ N ₄	ZrO ₂	Al ₂ O ₃
硬さ (HV)	650~740	440~510,550	~900	940~1200	660~2400	2400	1380	890~1270	1850
硬さ (HRC)	58~62	45~49,52	62~68	68~72	58~(85.5)	—	—	—	—
破壊靱性 (MPa·m ^{1/2})	—	—	—	6.6~(26)	2.1~(55)	3	5	7~12	3.1
抗折力 (GPa)	3.43	2.16	2.06~3.92	1.96~2.74	1.32~4.41	0.5	0.88	0.54~0.88	0.44
圧縮強さ (0.2%耐力) (GPa)	4.21(2.26)	2.94	4.90~5.39 (2.75~2.84)	3.38~3.92 (3.33~3.83)	1.86~6.66	3.98	2.63	1.4~3.7	2
ヤング率 (GPa)	206	206	217~230	219~234	420~680	430	290	180~200	360
熱膨張係数 RT-873K (MK ⁻¹)	12.9	13.8	10.8~11.8	9.7~9.9	4.8~7.6	3.8	2.7	8~11	7.7
熱伝導率 (W/m·K)	29	31	25~27	20~21	25~120	170	15	1.7~4.6	30
耐熱衝撃温度 ΔT (°C)	—	—	—	650	400~1200≤	300	600	250	200

※弊社測定値で規格ではありません。

フジロイ超硬合金の適用製品事例

- ① ダイス・プラグ
- ② 各種ロール
- ③ 超精密測定工具
- ④ 粉末成形金型
- ⑤ 製缶工具
- ⑥ 樹脂とセラミックスの混練工具
- ⑦ 電子部品用金型
- ⑧ 半導体製造装置用工具
- ⑨ ガラスレンズ成形金型用工具
- ⑩ 超高圧用工具

基本的な必要情報

被加工材の種類・状態

- 材質 ●形状 ●表面状態 ●履歴

被加工材の加工方法

- 加工応力(装置の仕様)
- 潤滑の有無(種類・量)
- 温度 ●工具との接触時間
- 冷却の有無(種類・量)
- 運転サイクル
- メンテナンスの方法

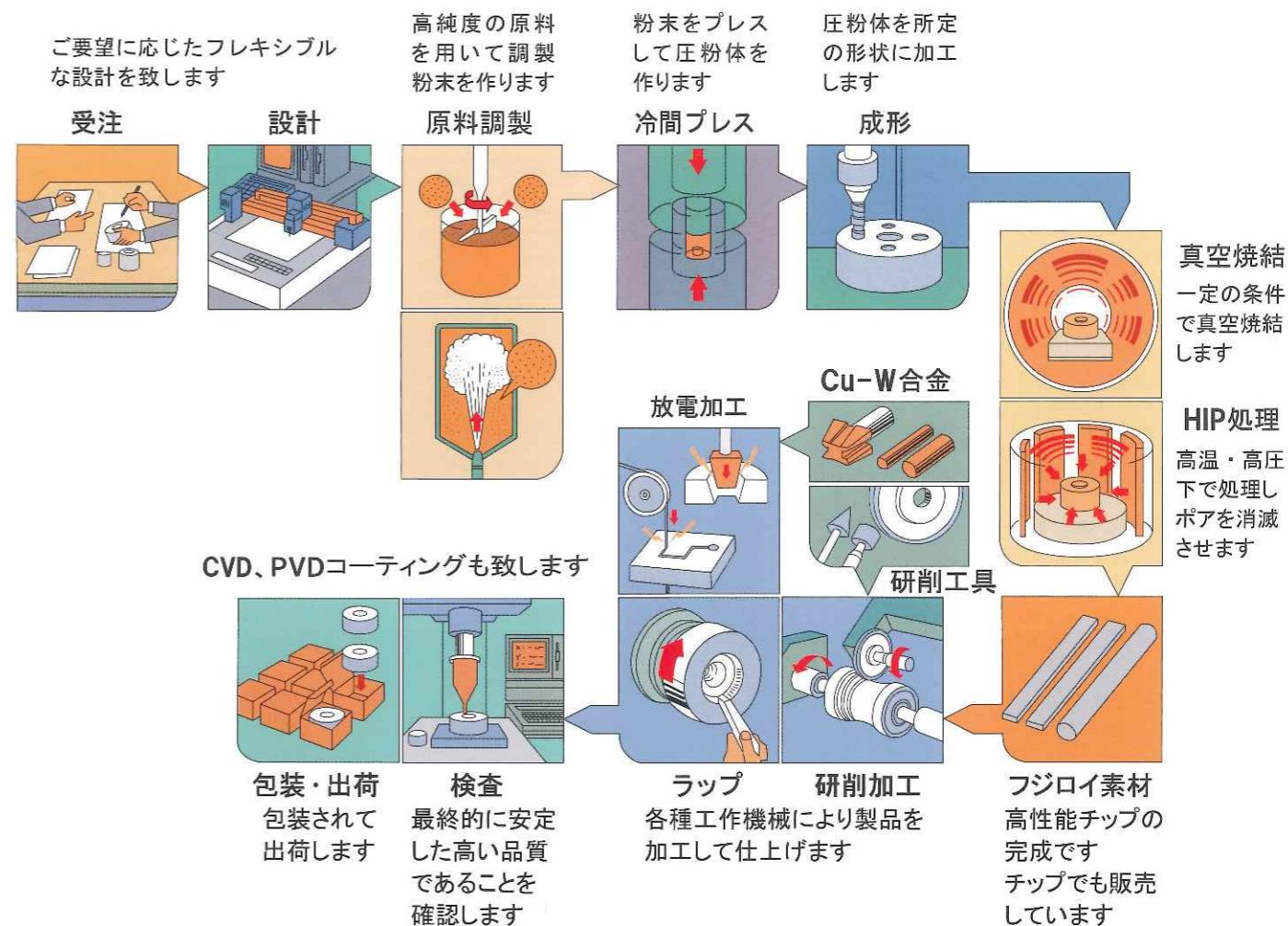
従来工具の実績

- 工具の種類
- 寿命(時間・状態・原因)
- 精度
- 生産性
- その他
- 関連する情報

フジロイの一貫生産システム

全ての技術をお客様の満足のために! 全工程を品質管理するFDS(富士ダイス標準、ISO9001に準拠)に基づいた高精度技術により、お客様のニーズに最も適した超硬合金製品をご提供します。

塑性工学に立脚した設計から、厳選した原料粉末を用いた調製、プレス、成形、焼結、機械加工、超精密な検査まで一貫した生産を行っています。



フジロイ材種と日本・東南アジア；世界を結ぶサービス網

昭和24年の創業以来、私たちは超硬合金製の耐摩耗工具の製造一筋に心技を磨き、お客様本位の直販方式と、日本全国を結ぶサービス網により、質の高い顧客奉仕の実践を追究し続けております。さらに、超硬合金素材、銅タン合金については、専用の販売センターを設け、さらに、海外拠点を設けて、いつでも間に合う富士ダイスを目指しております。

耐摩耗工具業界No.1の技術と生産力

ネジ穴付超硬素材【ハードタップ】

ネジ穴加工をした超硬素材を採用することで、チップ購入後のネジ穴加工費と加工時間を削減します。年間100万個の生産実績に裏付けられた供給能力と用途に合わせた適切な材種選択能力でお役に立ちます。

表2-1 超硬素材の製作実績寸法例 *1

形状	寸法	備考
丸棒	φ100×800	6%Co、Ni以上、但しMF10、M45除く
リング	φ530×φ480×200	D、G、C、Uシリーズ
円盤	φ440×3~70	D、G、Cシリーズ
板	360×450×3~100	D、G、Cシリーズ
大物	φ455×155	310kg
	φ468×φ110×280	615kg

*1 特別な寸法、精度、材種などについては、都度ご相談下さい。

表2-2 ハードタップの一般的な仕様 *2

ピッチ間精度 (mm)	100L	±0.15
	50L	±0.10
	25L	±0.05
ネジ精度	放電仕上げと同程度	
強度	一般に、超硬ハードタップ部の破損前にボルトの破損が発生します。	
ネジ範囲	M3~M12	

*2 より高い精度や、M2などが必要な場合は都度ご相談ください。

FUJILLOY™ ラインアップ

◎は標準在庫有り、○は対応、△はテスト中

材種系列の特徴 主な用途など	材種	HIP	プリ フォーム 対応	板 チップ 対応	比重	硬さ (HRA)	抗折力*1 (MPa)	引張強さ*2 (MPa)	圧縮強さ*2 (MPa)	K _{IC} *3 (MPa・m ^{1/2})	ヤング率*4 (GPa)	
												放電加工 での腐食に 対応 しています
超微粒・ 超々微粒 超硬合金 高い強度と 耐摩耗性が 要求される場合	TFS06	●		◎	14.55	95.0	4200	2220	6880	4.9	575	
	TF05	●			14.60	95.1	1470	810	6660	3.3	610	
	F08	●	○	◎	14.30	93.5	3920	2140	6280	5.2	560	
	F09	●		◎	14.00	93.0	4410	2450	6080	6.5	540	
	F10	●	○	◎	14.40	92.5	3820	2110	5880	5.4	560	
	F20	●	○	◎	13.90	91.0	3480	1910	5390	6.5	520	
微粒超硬合金 高い耐摩耗性が要求される場合	N05	●			14.95	93.5	2700	1480	5880	6.0	620	
	N10	●	○	○	14.95	92.5	3240	1770	5690	5.1	620	
細粒～中粒超硬合金 耐摩耗性と靱性が 要求される場合 (最も汎用性が高い)	D10	●	○	○	15.20	92.0	2940	1620	5690	4.5	640	
	D20		○	○	14.95	91.5	2890	1570	5400	6.7	620	
	D40		○	◎	14.55	90.0	3290	1810	4900	8.9	560	
	D50		○	○	14.35	89.0	3330	1810	4610	11	540	
	D60		○	◎	14.05	88.0	3430	1860	4310	(15)	520	
準粗粒超硬合金 強度と耐衝撃性が 要求される場合	G55		○	○	14.50	88.5	3140	1720	4610	12	560	
	G65		○	○	14.05	86.5	3040	1670	3920	(18)	520	
	G70		○	○	13.70	85.0	2940	1620	3530	(24)	490	
	G85		○	○	13.35	84.0	3090	1720	3330	(33)	460	
粗粒超硬合金 高い耐衝撃性が 要求される場合	C50		○	○	14.85	88.5	2600	1420	4610	10	590	
	C60		○	○	14.45	87.0	2840	1570	4210	(18)	550	
	C70		○	○	14.00	85.5	2750	1520	3730	(22)	520	
	TC79				13.60	84.0	2550	1470	3330	(25)	490	
	C89				13.30	82.5	2550	1470	3140	(40)	470	
	C95				13.00	81.5	2500	1370	2940	(52)	420	
超粗粒合金 高温での 高い耐熱衝撃性が 要求される場合	TUC72	●			14.15	86.0	2500	1180	3530	(25)	560	
	UC73	●			14.25	85.5	2450	1370	3430	(26)	560	
	U61	●			14.40	85.5	2060	1130	3430	(19)	580	
	U77	●			14.00	83.0	2110	1180	2550	(30)	530	
	U83	●			13.80	82.0	2260	1230	2260	(35)	510	
	U89	●			13.40	80.5	2260	1230	1860	(55)	480	
非強磁性 及び又は 耐食性が 要求される 場合*12	超微粒	MF10	●		14.25	92.5	3240	1770	4510	5.0	510	
	微粒	MN10	●	△・○	14.35	91.5	3240	1770	4120	5.3	510	
	細粒～中粒	M45	●	△	○	14.40	89.5	3240	1770	3330	7.6	500
		M70	●	○	○	13.80	88.0	3430	1860	2940	12	470
	準粗粒 放電加工対応	MG85	●	○	○	13.45	83.5	2650	1570	3140	(42)	480
放電加工 対応 靱性、耐食性 改良合金	超微粒	VF12	●	○	◎	14.45	91.5	3600	1960	5390	7.6	560
	細粒～中粒	VD15	●			14.90	92.0	3230	1720	5490	6.4	620
		VD45	▲	○	◎	14.20	90.0	3530	2160	4900	9.7	540
		TVD55	▲	○	○	13.80	89.0	3950	2300	4610	15	500
	準粗粒	VG60	▲	○	○	13.85	88.0	3400	1860	4410	(18)	520
VG86	●	○	○	13.25	85.0	2940	1670	3530	(28)	460		
特殊用途用 超硬合金	細粒～中粒	T15	●			7.05	91.0	2010	1080	3140	4.1	410
		BD20				12.50	91.5	1960	1080	4120	4.9	510
	微粒	UN45	●			13.70	90.0	3240	1770	4000	9.1	490
	超微粒	JF03	●			15.40	(2400HV)	2000	800	4000	2.4	680
	細粒～中粒	J05	●			14.65	93.5	1320	740	3830	2.1	650

各特性値の*1～8は次ページに内容を解説しています。材種分類記号は超硬工具協会規格です。

ボアソン比*4	熱伝導率*5 (W/m・K)	熱膨張係数*6 (MK ⁻¹)			ASTM*7 摩耗量 (×10 ⁻⁵ cm ³ /rev)	R _{corr} *8 24hr (Ω/m ²) (CISO19D)	材種 分類 記号 (CISO19D)	適用工具分類				主な工具例 *9～*11は下線部分です
		RT- 400°C	RT- 600°C	RT- 800°C				表面 摩耗 する 工具	衝撃の 作用 する 工具	熱間で 使用 する 工具	非磁性 又は及び 耐食性 を必要と する工具	
0.20	42	5.3	5.6	5.9	0.1	1.0	VF-10	中負荷	中負荷			高精度工具
0.21	25	5.0	5.2	5.5	0.04	6.8	VF-10	軽負荷	軽負荷			引抜きダイス、プラグ、ノズル、プランジャー、 回転刃、絞りダイ、抜きパンチ・ダイ、 ブッシュ、各種ゲージ、樹脂・ガラス成形 金型で軽負荷。
0.22	29	5.5	5.7	6.0	1.1	2.6	VF-10	↑	↑			
0.22	42	5.7	6.1	6.4	2.1	1.0	VF-10	↑	↑			上記の軽負荷。
0.22	42	5.1	5.5	5.8	2.6	0.8	VF-20	中負荷	中負荷			
0.23	42	5.8	6.2	6.6	6.1	1.1	VF-30	中負荷	中負荷			打抜き金型、成形金型で軽負荷。
0.21	50	4.6	4.9	5.2	0.2	89	VM-10	軽負荷				プレス用金型、パンチ、粉末成形金型、 絞りダイ、スリッター、打抜き金型、ガイド*9 で軽負荷。
0.22	80	4.6	5.1	5.3	1.5	0.3	VM-20	↑	軽負荷			
0.21	97	4.6	4.9	5.1	1.6	0.8	VM-20	↑	↑			裁断刃、回転刃、引抜きダイス、プラグ、 ノズル、絞りダイ、抜きパンチ、ダイ、ブッシュ、 各種ゲージで中負荷。アンビル、センタ。
0.21	95	4.7	5.0	5.2	2.4	1.3	VM-30	↑	↑			
0.22	90	5.1	5.5	5.8	5.8	0.5	VM-40	↑	↑			*9の中負荷。回転刃で重負荷。
0.22	88	5.4	5.8	6.1	7.8	0.6	VM-40	↑	↑			
0.23	82	5.7	6.1	6.5	14	1.1	VM-50	↑	↑			*9の準重負荷。 ヘッター、フォーマー用ダイ、鍛造ダイ*10 で準軽負荷。
0.22	105	5.1	5.5	5.8	12	0.6	VC-50	↓	↓			
0.23	97	5.7	6.1	6.5	18	1.8	VC-60	↓	↓			*10の中負荷。
0.23	94	6.0	6.5	6.9	21	0.9	VC-60	↓	↓			
0.24	87	6.5	7.0	7.4	23	0.3	VC-70	↓	↓			*9の重負荷。 *10で軽負荷。
0.21	120	4.8	5.2	5.4	5.1	0.6	VC-50	↓	↓			
0.22	109	5.3	5.7	6.0	13	2.5	VC-50	↓	↓			プレス用金型、パンチ、粉末成形金型で 超重負荷。 *10で中負荷。
0.23	103	5.7	6.1	6.5	20	1.0	VC-60	↓	↓			
0.23	96	6.2	6.7	7.2	24	0.3	VC-70	↓	↓			プレス用金型、パンチ、粉末成形金型で 超重負荷。 *10で中負荷。
0.24	90	6.6	7.0	7.6	28	0.4	VC-70	↓	↓			
0.24	78	7.2	7.6	8.1	27	0.4	VC-80	↓	↓			熱間圧延ロールで軽負荷。 熱間鍛造金型で重負荷。
0.22	96	5.6	5.9	6.4	15	7.1	RC-60		軽負荷			
0.22	96	5.7	6.1	6.4	10	1.6	RC-60		↑			熱間圧延ロールで重負荷。 熱間鍛造金型で超重負荷。
0.22	105	5.4	5.8	6.1	12	5.9	RU-60		↑			
0.23	96	5.9	6.4	6.8	16	9.2	RU-70		↑			熱間圧延ロールで重負荷。 熱間鍛造金型で超重負荷。
0.23	88	6.2	6.7	7.1	17	1.6	RU-70		↑			
0.24	71	6.7	7.2	7.7	19	2.9	RU-80		↑			下記*11で軽負荷。ガラス成形用金型。 下記*11で軽中負荷。
0.22	29	5.7	6.1	6.5	2.9	95	NF-20		軽負荷			
0.22	54	5.3	5.7	6.1	4.1	62	NF-30		↑			非磁性金型、シールリング、ノズル、耐食性金型*11 で中負荷。ポンプ軸スリーブ。
0.22	59	5.5	5.9	6.2	6.4	36	NM-40		↑			
0.23	59	6.3	6.6	7.1	13	188	NM-50		↓			非磁性金型で重負荷。
0.23	59	6.8	7.2	7.6	24	154	NC-70		↓			
0.22	72	5.4	5.6	5.9	4.3	1.6	VF-30	軽負荷	軽負荷			同水準の硬さの材種と比べて、耐摩耗性 と靱性のバランスが1ランク上の材種です。 放電加工における微小クラックと腐食を生 じにくい特徴があります。
0.21	89	4.7	5.0	5.3	1.9	1.2	VM-20	↑	↑			
0.22	78	5.5	5.8	6.2	6.4	0.7	VM-40	↑	↑			
0.20	77	6.2	6.4	6.7	13	3.6	VM-40	↑	↑			
0.23	90	5.9	6.2	6.6	16	1.6	VC-50	↓	↓			
0.23	84	6.5	7.1	7.5	21	1.2	VC-60	↓	↓			
0.21	8	7.6	8.2	8.6	11	0.8	(P10)					注射針のプラグ。
0.22	34	5.7	6.2	6.5	5.2	0.7	(P20)					皮むきダイス。
0.23	42	6.2	6.7	7.0	6.4	202						磁性のある耐食性金型。
0.17	62	4.2	4.5	4.7	1.4	169	VF-10			軽負荷		レンズ成形用金型。
0.20	63	4.6	4.8	5.1	3.4	148	VM-10			軽負荷		シールリング、レンズ成形用金型。

* 材種記号の最初にTのある材種および一部の材種は、形状・寸法・納期について大きい制限のある場合があります。事前に営業員にご相談下さい。
●は必ずHIP処理する材種、▲は必要に応じてHIP処理する材種、印なしはご要望のない場合はHIP処理しない材種です。

*12 M50はM70に、MG95はMG85に移行しました。MG85の熱膨張係数を見直しました。

フジロイの主な特性値の測定方法、諸特性について

*1 抗折力

関連規格：CIS026B2007

抗折力 (TRS) は、3点曲げ強さを示し、長方形の試験片を破断した時の荷重 P を下記の式より計算して得ます。超硬合金など硬質材料は丸試験片を作成するのが比較的難しいこと、引張り試験が難しいことより、よく用いられます。引張り強さは、抗折力のおよそ60%です。一般に抗折力が高いほど静的な強さが高いとされます。

$$TRS = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times t^2}$$

破断荷重 (P) N
 スパン長 (L) 20 mm
 試験片厚さ (t)、幅 (b) mm
 試験片寸法 4 (t) × 8 (b) × 25 mm³

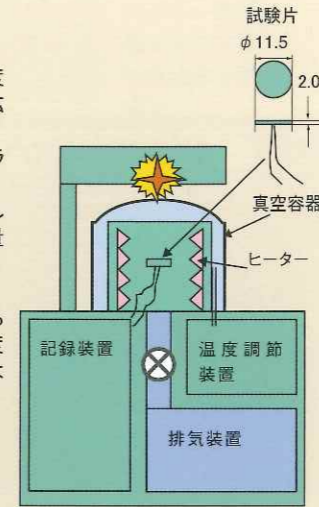
*2 引張り強さ、圧縮強さ

引張り試験と圧縮試験は、硬質材料の場合、前者は治具に挟むことが難しく、後者は破壊にともなう破片の散乱を防ぐことが難しく、一般的には行われません。引張り試験では、左図のような、逆テーパの治具を用いて試験片を保持します。圧縮試験では右下図のように、上下に超硬合金を用い、試験片の直角度などを精度よく仕上げておきます。いずれも破壊した時の荷重を断面積で割った応力の値です。

試験片寸法 $\phi 3 \times 6\text{mm}^3$
 $\phi 7 \times 14\text{mm}^3$ 等

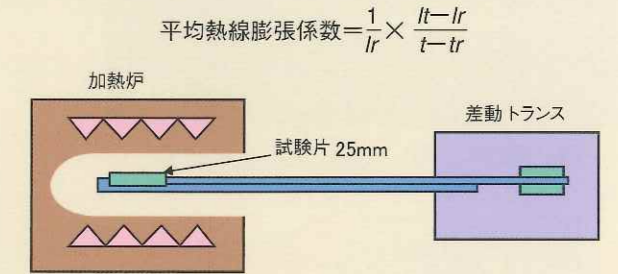
*5 熱伝導率

工具の熱の伝わり方などの尺度とされるのが熱の三定数 (熱拡散率、比熱、熱伝導率) です。測定方法の一つのレーザーフラッシュ法は図のような装置で、レーザーなどで瞬間的に加熱して試料の表から裏に伝わる熱量と伝達速度から、熱拡散率 α 、単位体積熱容量 q を測定し、これらと試料の密度 ρ から比熱 c を $c = q / \rho$ より求め (密度は別途測定) 熱伝導率 λ は $\lambda = \alpha \times q$ より求めます。



*6 熱膨張係数

熱膨張とは、物体の体積や長さが温度の上昇にともなって増加する現象をいいます。カタログ値は、室温における試料の長さ l_r 、ある温度 $t^\circ\text{C}$ における長さを l_t に対して、室温 t_r における長さ l_r を用いて、下式で計算した、室温から $t^\circ\text{C}$ までの平均線熱膨張係数です。下図は試験片の長さ増加を、石英棒と差動トランスを用いて電流に変換して求める装置の模式図です。



フジロイの抗折力と硬さの関係は図1の通りで相関関係はあまり見られません。これに対して破壊靱性値 (K_{IC}) と硬さの関係は図2のとおりで強い相関関係が見られます。

破壊靱性値は動的な応力に対する靱性の目安として比較的有効です。ここで、 K_{IC} と耐摩耗性の尺度となる硬さを比較することで靱性と耐摩耗性のバランスを考えた材種選択が可能となります。

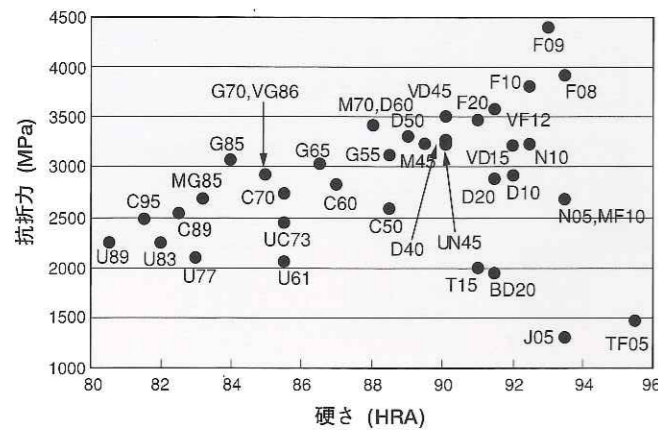


図1 フジロイの抗折力 (TRS) と硬さ

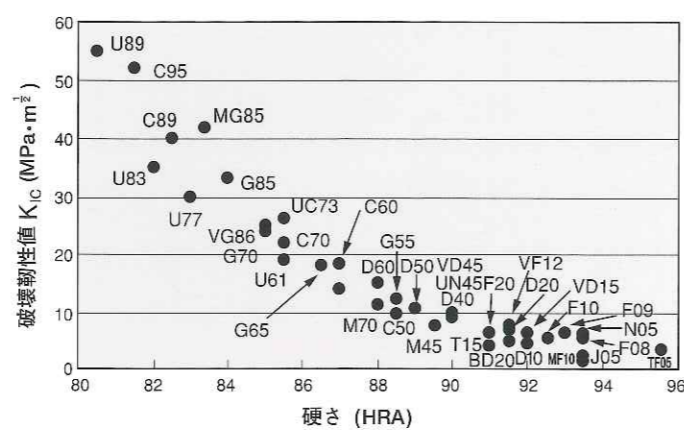


図2 フジロイの破壊靱性値 (K_{IC}) と硬さ

図3は主なフジロイ材種の ASTM B611 による摩耗量測定結果です。耐摩耗性は一般に硬さを尺度しますが、ASTMの摩耗量を参照することで引掻き摩耗についてはより正確な耐摩耗性を知ることができます。

図4は腐食抵抗 (R_{corr}) を測定した結果です。 R_{corr} の高いものほど腐食し難いことを示します。超硬合金は一般的に鉄鋼材料と比べると耐食性に優れ、特に耐食性が要求される用途には高耐食性組成とした材種があります。

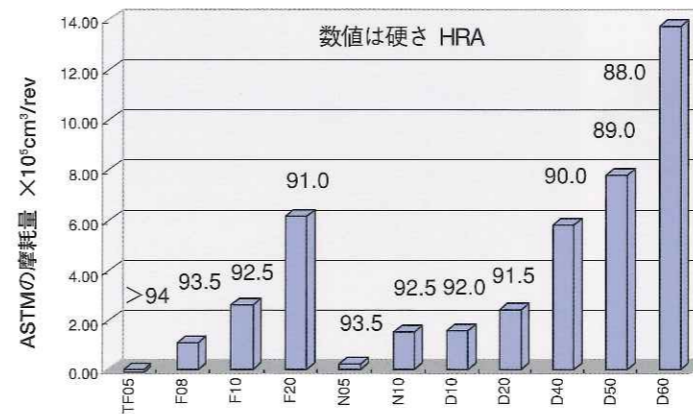


図3 主なフジロイの摩耗量

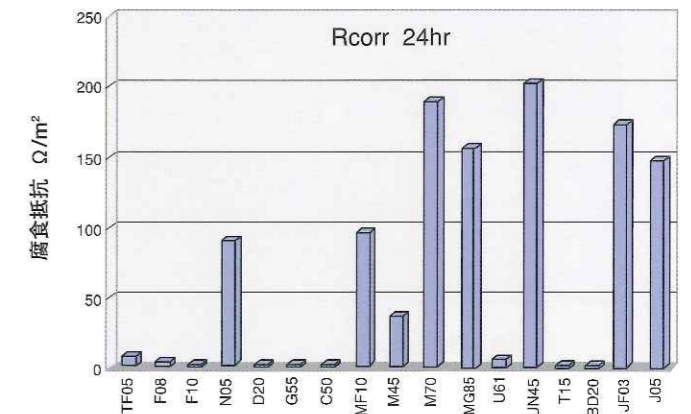


図4 主なフジロイの腐食抵抗

*3 破壊靱性値 K_{IC} 新原の式^{*1}を準用した弊社経験式を使用

破壊靱性値はクラックを生じた後のクラックの進展し易さの一つの尺度によく用いられます。値が大であるほどクラックが進展し難いとされます。また、動的な強さの目安としても用いられています。本カタログは下記の新原の式を用いています。

$$K_{IC} = 0.02576 \times a \times l^{-1/2} \times E^{3/2} \times \sigma_{mb}^2 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$$

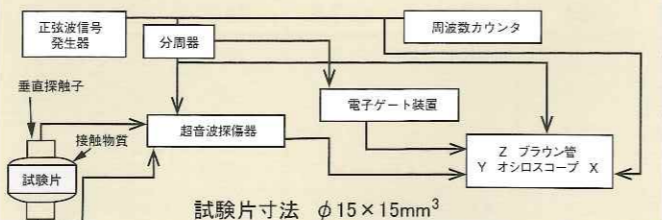
- a : ビッカース圧痕の対角線の半分 m
- l : クラックの長さ m
- E : ヤング率 MPa
- σ_{mb} : 抗折力 MPa

テスト条件 焼鈍後 (1000°C × 1h)、荷重 490N
 $0.25 < \frac{a}{l} < 2.5$ が推奨範囲

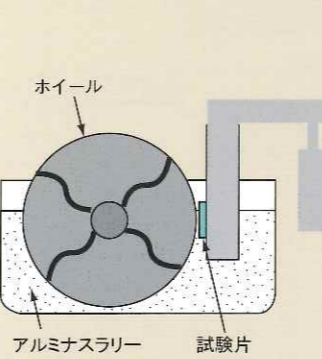
*1 K.Niihara ; Journal of Materials Science Letters 2(1983)221-223

*4 ヤング率 (縦弾性係数) 参考規格 JIS R1602-1995

ヤング率とは単純な垂直応力 σ とその方向の縦ひずみ ϵ の比をいいます。通常 E で表され、 $E = \sigma / \epsilon$ です。簡単には、応力を負荷した場合に、ヤング率が高いほど、変形量が少なく、高精度な製品を作り易いといった見方をします。測定法の一つの超音波音速測定法では、縦波の伝搬時間及び横波の伝搬時間を測定し、板厚 (t) から縦波音速 (V_l) 及び横波音速 (V_t) を求め、更にアルキメデス法等で実測した密度 (ρ) の値を入れて、算出します。



*7 ASTM 方式の摩耗量 (摩耗速度)



ASTM 方式の摩耗量は、回転円盤 (FC20) に試験片を押し付け、その重量減少体積量を回転距離との関係で算出する ASTM B611-85 に準じた方法で測定します (当社は荷重 10kgf で行った値です)。摩耗メディアは ASTM ではアルミナスラリーですが、各種の媒体を用いることも可能です。引掻き摩耗する工具は、この摩耗速度から最適な材種選択が可能です。

$$\text{摩耗速度 } A = (L/1000D) \times 10^5 \text{ cm}^3/\text{rev}$$

L = 重量減少量 g D = 密度 g/cm³
 試験片寸法 18 × 25 × 5mm³ ないし 8 × 25 × 4mm³

*8 腐食抵抗 (R_{corr})

腐食抵抗は右写真の装置で測定します。通常の試験溶液は、クエン酸ナトリウム水溶液で、塩素が 3000ppm、pH3 です。24hr ~ 48hr 程度浸漬し、直接、腐食抵抗を得ます。試験溶液として、潤滑液等を用いることも可能で、事前の耐食性も確認出来ます。



コロージョンモニター

試験片寸法 4 × 8 × 25mm³ (8 × 25 面の一部)

フジロイの代表的な合金組織とその特徴1

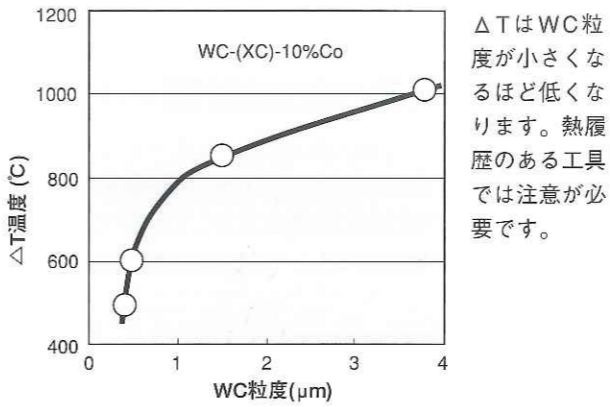


図6 フジロイの耐熱衝撃温度(ΔT)とWC粒度の関係

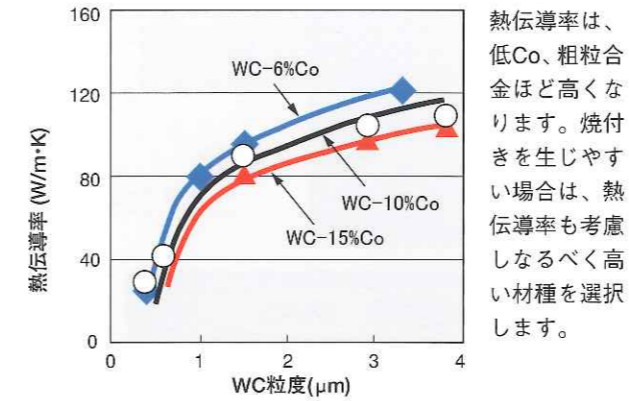
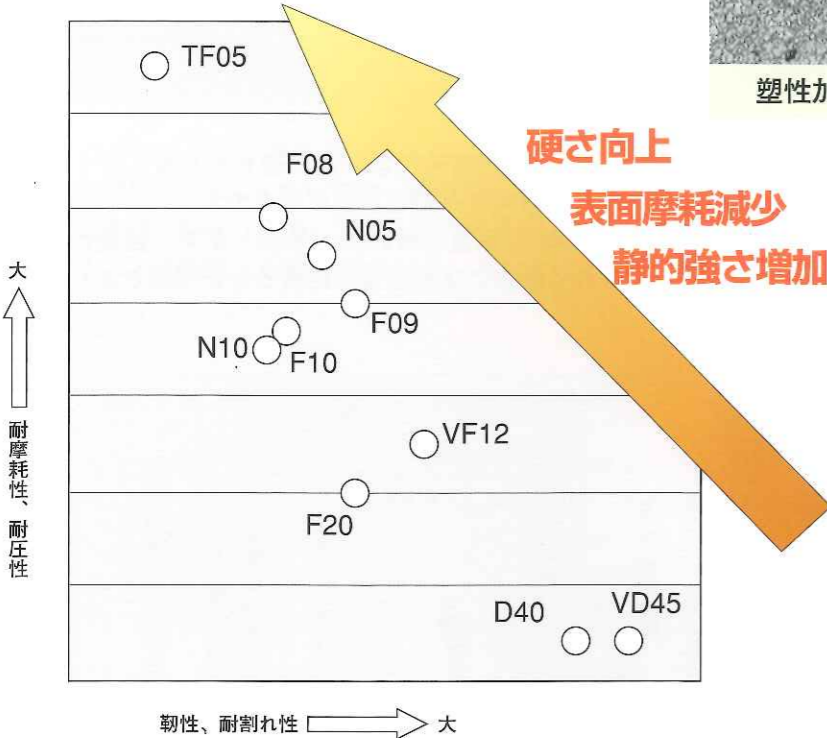
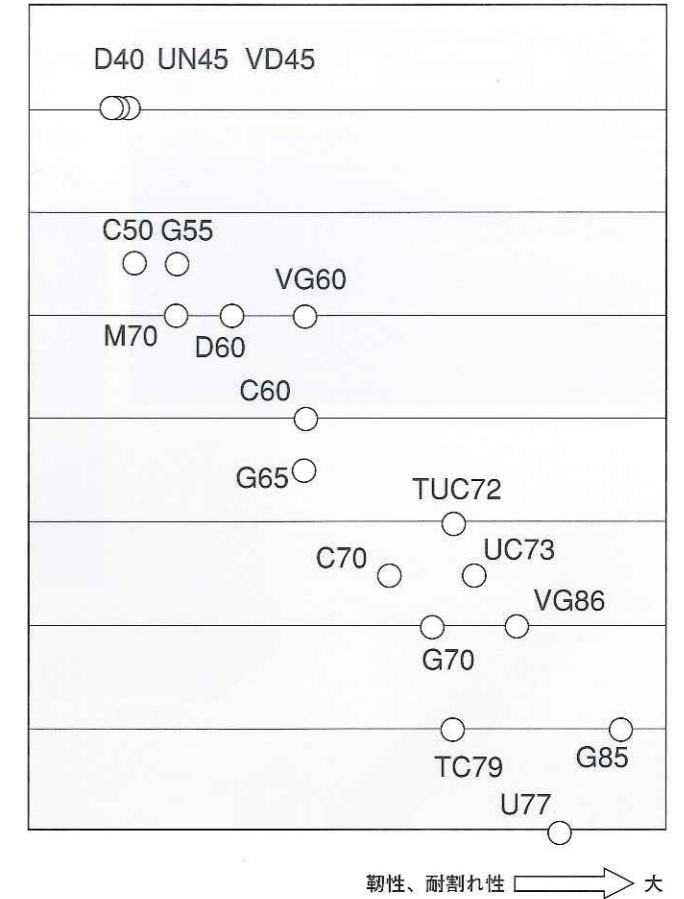


図7 フジロイの熱伝導率と粒度の関係



超硬合金の硬さはWC粒度とCo量で変化します。微粒、低Co合金ほど硬くなります。フジロイの超微粒超硬合金は、原則として全てHIP処理されることもあり、欠陥が小さく抗折力は比較的大きい値となります。



動的強さ向上
熱伝導率向上
耐熱性向上

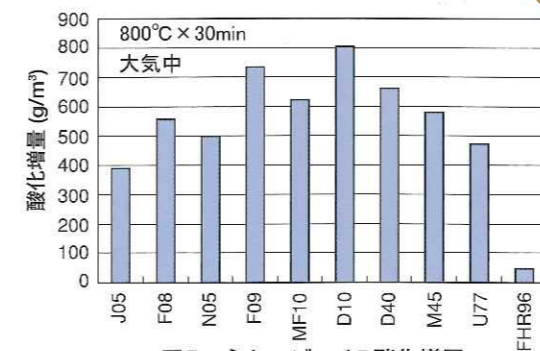
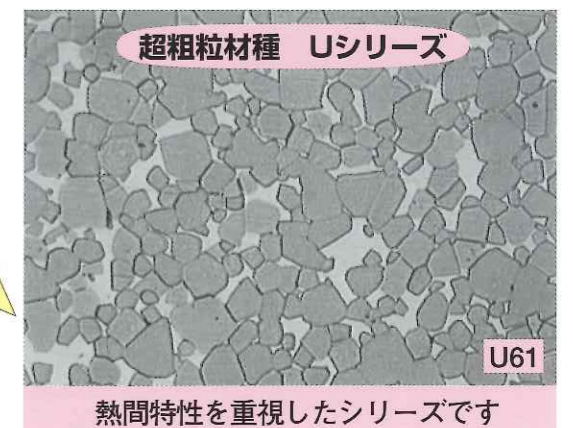


図8 主なフジロイの酸化増量

超硬合金の耐酸化性は一般に優れませんが、材種により多少改善されています。FHR96はヘビーアロイの一種で、耐酸化性が優れます(別カタログがあります)。



熱間特性を重視したシリーズです
~800°Cでの熱間圧延ロールに適しています

HIP処理

HIP処理は不活性ガスを用いて、超硬合金を高温、高圧処理することを言います。HIP処理により、合金中にわずかに存在するポアを消滅させることができます。

なお、フジロイ超硬合金は、10%Co以上(D40~D60、G、C系材種)ではHIP処理しなくても十分な強度を有しています。これは、ポアの寸法をWCの粗粒あるいは凝集領域の寸法より小さくすることに成功したためです。これらの材種では強度面ではHIP処理が不要であり、納期などの面でも有利です。

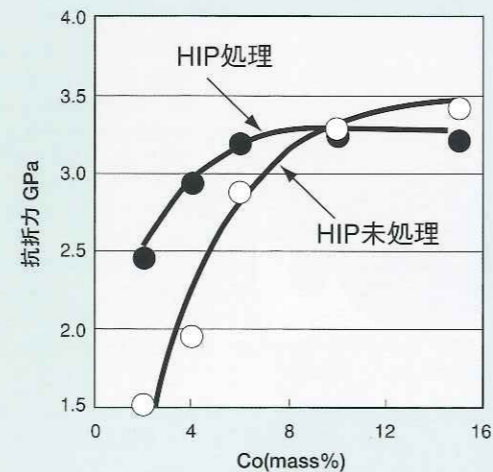


図5 フジロイDシリーズのHIP前後の抗折力

フジロイの代表的な合金組織とその特徴2

非強磁性で耐食性も優れるフジロイMF10、MN10、M45、M70、MG85材種



超微粒材種 MF10

当社は WC-Ni 系超微粒超硬合金のパイオニアです。その成果の一つである MF10 は WC-Ni 系の超微粒超硬合金として好評です。MN10 は MF10 と M45 の中間の特性を有し、形状自由度が高い新標準材種です。



微粒材種 MN10



中粒材種 M45



中粒材種 M70

MG85は韌性の高いWC-Ni系材種です。



準粗粒材種 MG85

硬さ向上

表面摩耗減少

静的強さ増加

動的強さ向上

表3 Mシリーズの腐食抵抗

材種 ^{*1}	R _{corr} 24hr (Ω/m ²)
MF10	95
MN10	62
M45	36
M70	188
MG85	154

表4 Mシリーズの透磁率測定例^{*1}

材種 ^{*2}	透磁率		
	250エルステット時	1000エルステット時	10000エルステット時
MF10	1.0003	1.0001	1.0000
MN10	1.0004	1.0001	1.0000
M45	1.0006	1.0002	1.0000
M70	1.0005	1.0001	1.0000
MG85	1.0006	1.0002	1.0000

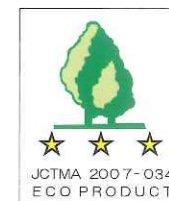
*1 2016.5測定結果。

*2 M50はM70に、MG95はMG85に移行されました。

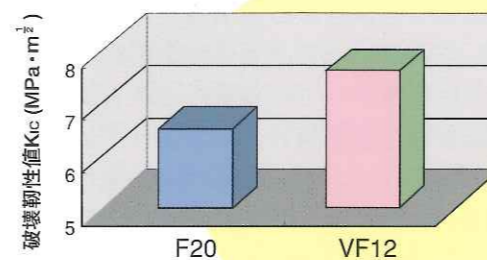
フジロイMシリーズは透磁率が1.01より小さく、強磁場に置いた後でもほとんど磁性を帯びません。

放電加工特性の優れるフジロイVシリーズ

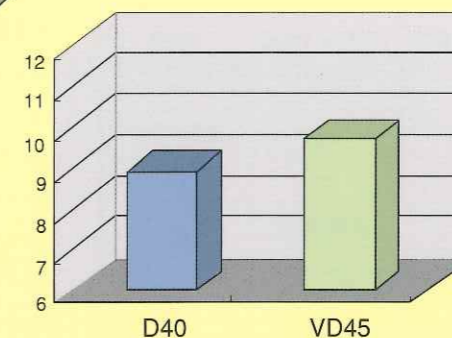
当Vシリーズは、同水準の硬さのフジロイと比べて、破壊靱性値と耐食性を向上した材種で、例えば放電加工における微小クラックの発生が少なく、腐食し難い特徴があります。



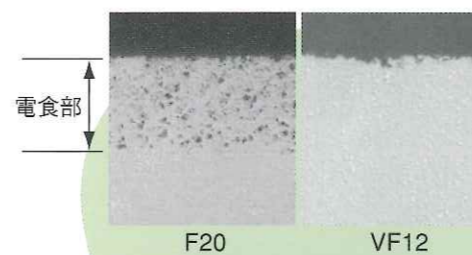
Vシリーズは超硬工具協会の環境調和製品に認定されています。



破壊靱性値の比較

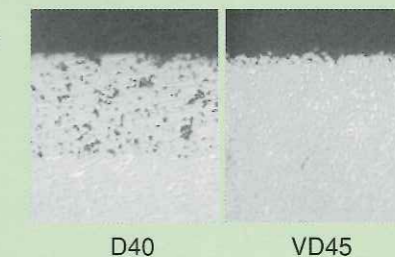


硬さ向上



* 比較的腐食しやすい条件での結果です

W-EDM後の表面近傍の比較 ×500



韌性向上

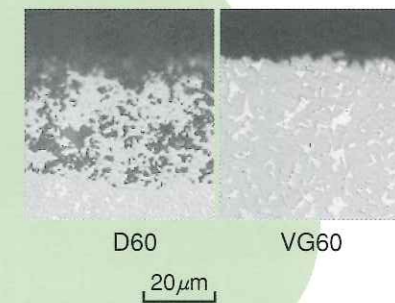


表5 主なVシリーズと同水準のフジロイ材種の特性例

	材種	比重	硬度 (HRA)	抗折力 (MPa)	K _{IC} (MPa·m ^{3/2})
超微粒超硬合金	VF12	14.5	91.5	3600	7.6
	F20	13.9	91.0	3430	6.5
中粒超硬合金	VD45	14.2	90.0	3530	9.7
	D40	14.6	90.0	3290	8.9
準粗粒超硬合金	VG60	13.9	88.0	3400	18
	D60	14.1	88.0	3430	15

フジロイの研削加工方法

超微粒超硬合金など特に硬質のフジロイ超硬合金では、研削条件に注意が必要です。硬さが90HRA以上の合金については、集中度75~90のレジンボンドダイヤモンド砥石が適しています。当社の標準的なフジロイ・レジンボンドダイヤモンド砥石による研削条件の例を表6に示します。粗加工では微粒合金、硬さの硬い材種は欠け易いので注意して下さい。

表6 研削条件例

	平面研削		円筒研削
	粗加工	仕上げ加工	一般
ワーク寸法 (mm)	100×60×5	24×8×5	φ50
ホイール径 (mm)	355	205	355
粒度 (#)	140	1000	140
集中度	75~120	90	75~90
ホイール周速 (m/min)	1100~1900	1100~1900	1300
前後送り (m/min)	0.9	0.3	—
左右送り (m/min)	18	15	0.3~0.4
ワーク回転速度 (m/min)	—	—	14
研削液	超硬専用		
研削液量 (ℓ/min)	2~3		
切り込み (mm/pass)	0.01	0.001~0.002	0.008

当送り方法はトラバース法。より低速度のホイール周速を適用することもあります。

して下さい。

なお、仕上げ条件では、傾向が異なります。写真1および2は、表6の仕上げ平面研削条件で研削した試験片の加工面とエッジ部を観察した例で、それぞれのWC粒度およびCo量の影響を示しています。これらより、微粒合金ほど表面粗さが小となり、エッジ部の欠けが小さくなるのが分かります。また、Co量はある程度多い方が表面粗さが小となり、エッジ部の欠けが小さくなるのが分かります。これらは破壊靱性と引張り強度の高さが関係すると思われています。従って、シャープエッジを必要とする打抜きパンチなどでは、仕上げ条件で研削し、引張り強度の高い超微粒超硬合金を選択することがよいことになります。

弊社は、超硬合金の研削加工に適した砥石も製造・販売しておりますのでご用命下さい。

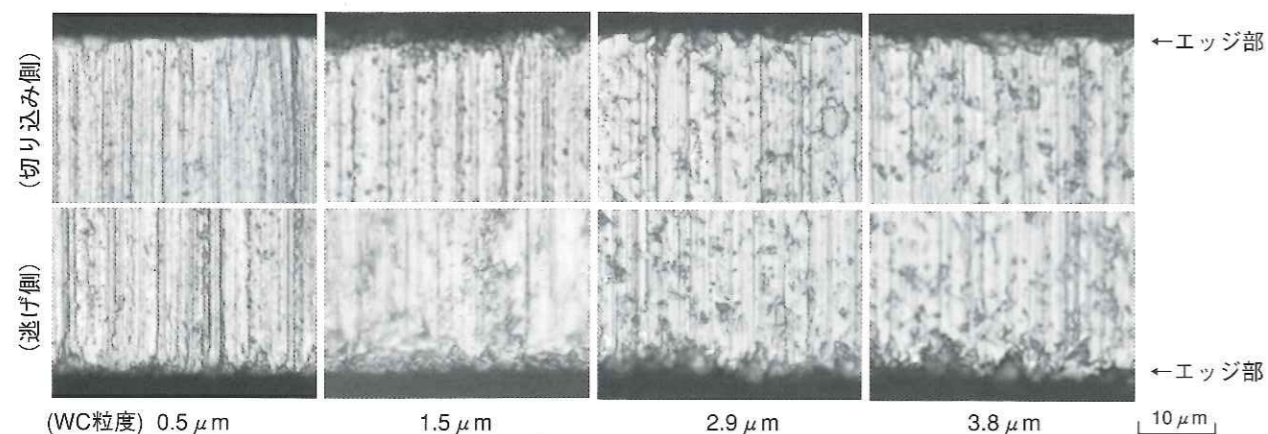


写真1 研削加工後のWC-(XC)-10%Co合金のエッジ部の状態と観察位置およびWC粒度との関係

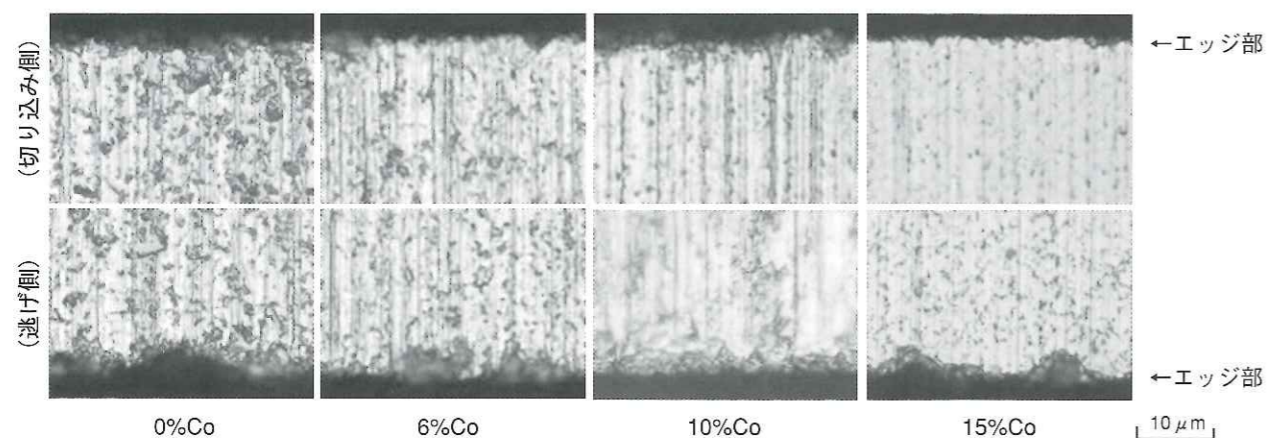


写真2 研削加工後のWC-(XC)-Co合金(WC粒度1.5 μm)のエッジ部の状態と観察位置およびCo量との関係

フジロイの放電加工方法

微小クラックの発生を下記のような方法で最小限に抑える必要があります。

- 1) Ip値を1~2ランク下げ、加工速度を通常の50%程度に抑える。
- 2) ワイヤ電極はφ0.2以下を使用、小さなエネルギーで加工する。

この条件の例は表7のとおりです。

図9は研削加工と表8に示した3種類のワイヤークット放電加工(W-EDM)条件で加工した場合の抗折力を粒度およびCo量との関係で例示しました。フジロイ超硬合金は、研削加工の場合はWC粒度が微粒となるほど抗折力が高くなりますが、放電加工するといずれの加工条件でも微粒合金ほど抗折力が小さくなります。特にWC粒度0.5 μm程度では強度低下が顕著です。これは写真3(a)の矢印部分に示したような微小クラックを微粒合金ほど生じやすく、粗粒合金では写真3(b)矢印部分のような変質層しか生じないためです。このことは、工具強度を必要とする場合は注意が必要です。

なお、放電加工による変質部分を研削除去することで抗折力は研削状態に回復します。

表7 W-EDM 条件例

条件	設定
ワイヤ径 (mm)	0.15
ワイヤ材質	黄銅
水の比抵抗 ($\times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$)	10
水量 (ℓ/min)	3~6

表8 W-EDM 後の表面粗さ

加工条件	表記	Ra (μm)
粗加工	W-EDM A	1.1~1.6
中間仕上げ	W-EDM B	0.22~0.32
仕上げ	W-EDM C	0.11~0.16

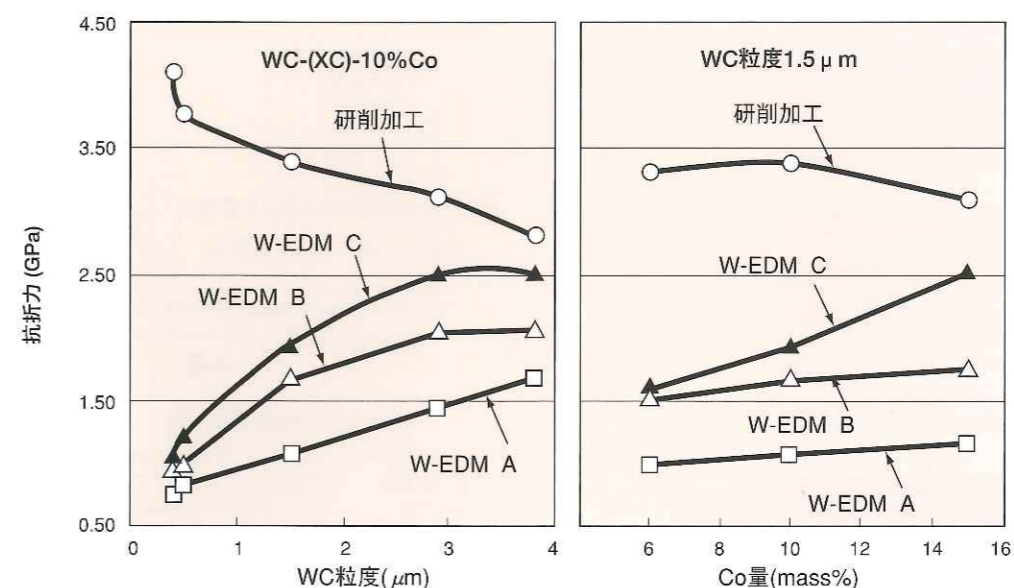


図9 抗折力と張力面の加工方法、WC粒度およびCo量の影響

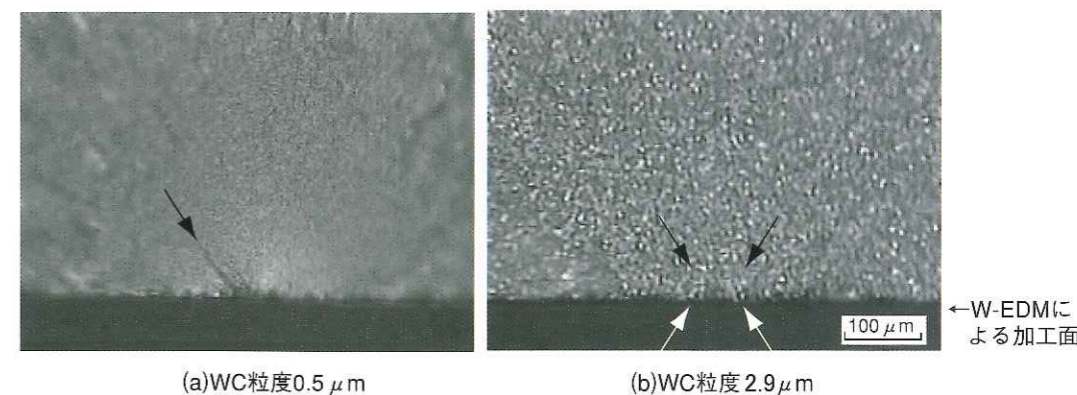


写真3 WC-(XC)-10%Co超硬合金のW-EDM後の破壊の起源

なお、放電加工では腐食にも注意が必要です。フジロイでは、前述のVシリーズ(VF12、VD45、VG60など)が放電加工後の抗折力低下量及び腐食深さが同水準の硬さの材種より小さくなるようにした材種です。

また、弊社は従来品と比べて、加工スピードが早く、低消費の特徴がある、型彫り放電加工用電極の銅タン合金CE-08も製造販売しておりますのでご用命下さい。

フジロイCVDコーティング

富士ダイスは、超硬合金はもちろんSUS440CのCVD*コーティングも行っています。

(処理後の真空熱処理も行っています)

CVDコーティングとは、図10に示すような装置を用いて、~1000°C中で処理され、4~8μmのコーティング被膜が施されます。

TiC(炭化チタン)、Ti(C,N)(炭窒化チタン)、TiN(窒化チタン)の単層または複層被膜を、緻密で均一な高密着力の被膜として、付き回り良く被覆しています。

(* Chemical Vapor Deposition; 化学蒸着)

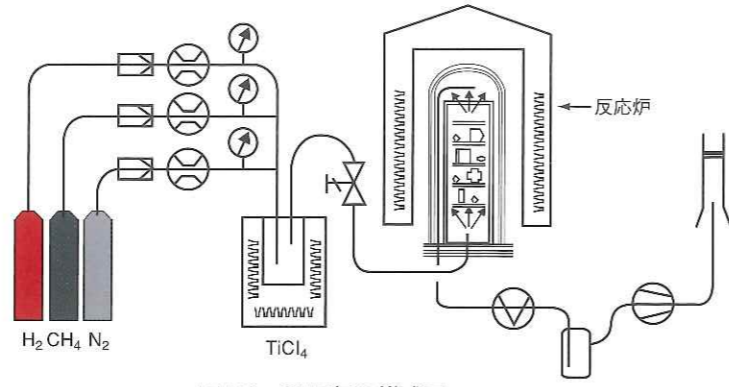
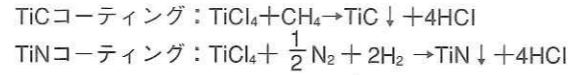


図10 CVD炉の模式図

表9 フジロイCVD被膜の特徴

被膜の断面組織例	10μm	被膜種類	被膜厚さ	成膜可能サイズ	被膜の特徴
	TiC	TiC	4μm	φ265 × 500mm 内径 φ1mm 以上	耐摩耗性が優れる 密着力が高い
	TiN TiC	TiC+TiN	3+4μm		耐焼付き性が優れる 金色の表面
	TiN Ti(C,N) TiC	TiC+Ti(C,N)+TiN	2+3+2μm		耐焼付き性が優れる 耐摩耗性が優れる 剥離強度も高い 金色の表面 汎用性が高い

CVDコーティングにより、耐摩耗性能の向上などのメリットが得られますが、強度が低下します。図11に示したのはその例ですが、被膜厚さが厚くなるほど抗折力が低下します。また微粒~中粒合金の強度低下は、粗粒合金より低下量が大きいことが分ります。強度設計で必ず考慮してください。

この他、ラップ仕上げが難しく、表面粗さは、超硬合金の鏡面より劣ることが多く、ご注意ください。

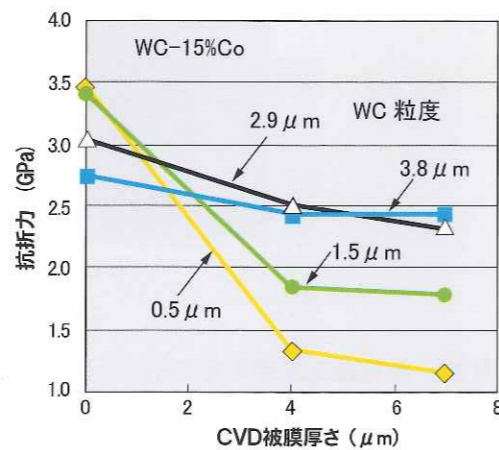


図11 抗折力と被膜厚さの関係

フジロイPVDコーティング

富士ダイスは、PVDコーティングも行っています。PVD*はCVDと比べて処理温度が500°C以下と低い特徴があります。

富士ダイスが自社開発し密着性を改良したDLC被膜は、自社耐摩耗工具へ応用し、滑り特性に優れ、かつ焼付きが少ないと好評です。

アーキオンプレーティング(AIP)法による各種PVD被膜も自社工具へ被覆しています。特にドロップレットが少ないと好評です。

(* Physical Vapor Deposition; 物理蒸着)

表10 被膜構成物質の一般的な特性例

	硬さ(HV)	熱膨張係数(MK ⁻¹)	ヤング率(GPa)	熱伝導率(W/m·K)
DLC	1000~8000	2.6(20°C~200°C)	100~760	0.2~30
TiN	1800~2100	8.3(200°C~400°C)	250	19
TiC	2900~3200	7.4(200°C~400°C)	315~450	17~24
AlN	1000~1230	4.5(RT~400°C)	340~360	90~200
CrN	1100~1800	2.3(20°C~800°C)	320	12

AIP法は、蒸発金属源を陰極として真空のアーキ放電により蒸発、成膜する方法で、試料の取付、配置が容易であること等の特徴があります。

表11 フジロイPVD被膜の特性例

	DLC	TiN	Ti(C,N)	(Ti,Al)N	CrN
コーティング方法	イオン化蒸着	アーキオンプレーティング			
標準被膜厚さ	1μm	2μm			
摩擦係数	0.1~0.15	0.4~0.5	0.3~0.4	0.5~0.6	0.3~0.4
被膜硬さ(HV)	2500~3000	2300~2500	2500~2800	2700~3000	1500~1800
被膜密着力	70N	100N	100N	100N	100N
表面粗さ	◎◎	◎	◎	○	◎
成膜可能サイズ	外周φ200mm×250mmH以内 内径φ80mm・H/D=1以上		180mm×180mm×100以内 内径φ10mm・H/D=1以上		

*各データはフジロイD40材種に被覆した場合の値です。
摩擦係数は相手材SUS440Cとした場合のボールオンディスク方式(大気中、100mm/sec)です。

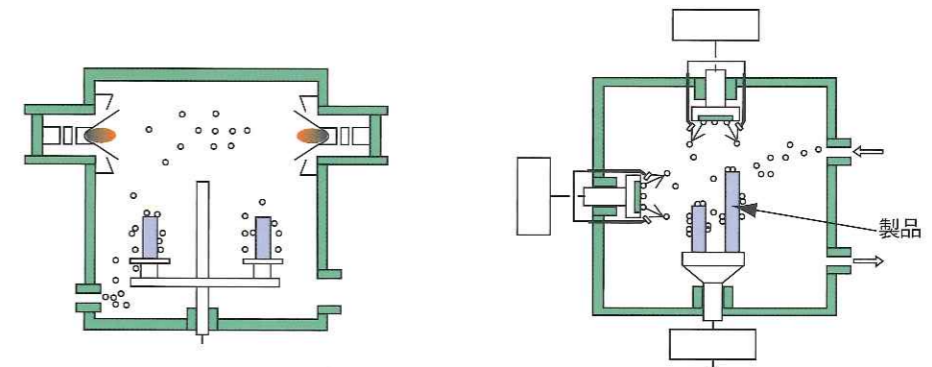


図12 PVD炉の模式図

表12 PVDコーティングに関する注意事項

	DLC	TiN, Ti(C,N), (Ti,Al)N, CrN
1 母材材質	約150°Cで処理しますので、そのとき変形、変寸、変質、ガス発生恐れ無しの、ロウ付け異常のないもの(Zn, Cd含有は不可)。	約300°Cで処理しますので、そのとき変形、変寸、変質、ガス発生恐れ無しの、ロウ付け異常のないもの(Zn, Cd含有は不可)。
2 母材表面状態	処理面に錆、酸化、黒皮、加工変質層の他、めっき、窒化、塗装等の表面処理、改質層が無いこと。表面粗度が小さいほど、良好なコーティング皮膜が得られます。	
3 母材形状	穴、溝の内側面は処理に制約があります。詳しくはお問い合わせ願います。	穴、溝の内側面は処理に制約があります。外周はφ180mm×100mm以内、内径は10mm以上必要です。
4 組立、焼ばめ	組立品は事前にご連絡願います。焼きばめ品は処理前にガス抜きを行います(半日)。	
5 マスキング	コーティング禁止部分がある場合は、事前にご連絡くださいますようお願いいたします。	

参考：JIS B 0601:2013 の Ra、Rz、RzJS の標準数値と従来の仕上げ記号との関係

算術平均粗さ Ra		最大高さ Rz (1994 版は Ry)	十点平均粗さ RzJS	Rz・RzJS の基準長さ l (mm)	従来の仕上げ記号
標準数値	カットオフ値 f (mm)	標準数値	標準数値		
0.012a	0.08	0.05s	0.05z	0.08	▽▽▽▽
0.025a	0.25	0.1s	0.1z	0.25	
0.05a		0.2s	0.2z		
0.1a	0.8	0.4s	0.4z	0.8	
0.2a		0.8s	0.8z		
0.4a		1.6s	1.6z		
0.8a		3.2s	3.2z		
1.6a	2.5	6.3s	6.3z	2.5	▽▽
3.2a		12.5s	12.5z		
6.3a		25s	25z		
12.5a		50s	50z		
25a	8	100s	100z	8	▽
50a		200s	200z		~

参考：硬さ換算表

ビッカース	ロックウェル		ブリネル	ショア	ビッカース	ロックウェル			ブリネル	ショア
	HV	HRA				HRC	HBW	HS		
294N ダイヤモンド 圧子	588N ダイヤモンド 圧子	1470N ダイヤモンド 圧子	2940N 超硬合金 球	23N ハンマ	294N ダイヤモンド 圧子	588N ダイヤモンド 圧子	1470N ダイヤモンド 圧子	980N 1.59mm 鋼球	2940N 超硬合金 球	23N ハンマ
2200	95.1	-	-	-	490	74.9	48.4	-	460	-
2100	94.6	-	-	-	480	74.5	47.7	-	452	64
2000	94.2	-	-	-	470	74.1	46.9	-	442	-
1900	93.7	80.5	-	-	460	73.6	46.1	-	433	62
1800	93.2	79.2	-	-	450	73.3	45.3	-	425	-
1700	92.7	77.9	-	-	440	72.8	44.5	-	415	59
1600	91.8	76.6	-	-	430	72.3	43.6	-	405	-
1500	91.0	75.3	-	-	420	71.8	42.7	-	397	57
1450	90.4	74.6	-	-	410	71.4	41.8	-	388	-
1400	90.0	74.0	-	-	400	70.8	40.8	-	379	55
1350	89.6	73.4	-	-	390	70.3	39.8	-	369	-
1300	89.1	72.7	-	-	380	69.8	38.8	110.0	360	52
1250	88.6	72.1	-	-	370	69.2	37.7	-	350	-
1200	88.1	71.5	-	-	360	68.7	36.6	109.0	341	50
1150	87.6	70.9	-	-	350	68.1	35.5	-	331	-
1100	87.1	70.3	-	-	340	67.6	34.4	108.0	322	47
1050	86.6	69.6	-	-	330	67.0	33.3	-	313	-
1000	86.2	68.9	-	-	320	66.4	32.2	107.0	303	45
940	85.6	68.0	-	97	310	65.8	31.0	-	294	-
920	85.3	67.5	-	96	300	65.2	29.8	105.5	284	42
900	85.0	67.0	-	95	295	64.8	29.2	-	280	-
880	84.7	66.4	767	93	290	64.5	28.5	104.5	275	41
860	84.4	65.9	757	92	285	64.2	27.8	-	270	-
840	84.1	65.3	745	91	280	63.8	27.0	103.5	265	40
820	83.8	64.7	733	90	275	63.5	26.4	-	261	-
800	83.4	64.0	722	88	270	63.1	25.6	102.0	256	38
780	83.0	63.3	710	87	265	62.7	24.8	-	252	-
760	82.6	62.5	698	86	260	62.4	24.0	101.0	247	37
740	82.2	61.8	684	84	255	62.0	23.1	-	243	-
720	81.8	61.0	670	83	250	61.6	22.2	99.5	238	36
700	81.3	60.1	656	81	245	61.2	21.3	-	233	-
690	81.1	59.7	647	-	240	60.7	20.3	98.1	228	34
680	80.8	59.2	638	80	230	-	18.0	96.7	219	33
670	80.6	58.8	630	-	220	-	15.7	95.0	209	32
660	80.3	58.3	620	79	210	-	13.4	93.4	200	30
650	80.0	57.8	611	-	200	-	11.0	91.5	190	29
640	79.8	57.3	601	77	190	-	8.5	89.5	181	28
630	79.5	56.8	591	-	180	-	6.0	87.1	171	26
620	79.2	56.3	582	75	170	-	3.0	85.0	162	25
610	78.9	55.7	573	-	160	-	0.0	81.7	152	24
600	78.6	55.2	564	74	150	-	-	78.7	143	22
590	78.4	54.7	554	-	140	-	-	75.0	133	21
580	78.0	54.1	545	72	130	-	-	71.2	124	20
570	77.8	53.6	535	-	120	-	-	66.7	114	-
560	77.4	53.0	525	71	110	-	-	52.3	105	-
550	77.0	52.3	517	-	100	-	-	56.2	95	-
540	76.7	51.7	507	69	95	-	-	52.0	90	-
530	76.4	51.1	497	-	90	-	-	48.0	86	-
520	76.1	50.5	488	67	85	-	-	41.0	81	-
510	75.7	49.8	479	-						
500	75.3	49.1	471	66						

注：赤字は測定適用範囲外を示しています。範囲内でも高硬度では圧子や試料が損傷することがあります。

本カタログは目安であり、このカタログを用いて発生した如何なる損害に対しても一切補償等いたしません。また、予告無く変更することがあります。

富士ダイス株式会社 本社 〒146-0092 東京都大田区下丸子2-17-10 Tel:(03)3759-7181 Fax:(03)3756-0290

URL <http://www.fujidie.co.jp/> E-mail sales.div@fujidie.co.jp