

241

超薄肉WC-Co合金の抗折強度と破壊靱性

新光電気 (株) 正○中澤 清
信州大院 新実 淳
信州大工 正 小林光征

新光電気 (株) 内田杉雄
信州大工 正 杉本公一
長野精工試 正 増田雪也

1. 緒言

ICリードフレームに代表される電子デバイスの精密せん断加工にはWC-Co合金金型が多く用いられているが、電子デバイスのより一層の高集積化と微細化にともない、打抜きパンチは超極細化・超薄肉化の傾向にある。このためWC-Co合金には高い耐摩耗性、耐チップング性に加え、高い抗折強度、剛性、破壊靱性、疲労強度が求められてきている^{(1)~(3)}。

一般に、WC-Co合金パンチは研削加工により製造される。その抗折強度と破壊靱性はCo添加量などの化学組成および研削条件などによって影響される⁽³⁾。板厚の減少にともない加工層の割合が増加するため、板厚100 μ m程度の超薄肉の世界では、WC-Co合金の抗折強度と破壊靱性は板厚の影響を強く受けることが予想されるが、これに関する研究は現在のところ報告されていない。

本研究では、超薄肉WC-Co合金パンチを実用化するための問題点を明らかにすることを目的として、WC-Co合金の抗折強度と破壊靱性に及ぼす板厚の影響を調査・検討した。

2. 実験方法

供試材には、表1に示すWC-Co合金を用いた。これより、研削加工により板厚0.1~3mm、板幅4mm、長さ18または24mmの短冊状試験片を作製した。

抗折強度は3点曲げ試験（支点間距離10mmまたは20mm）によって測定した。試験機にはインストロン型引張試験機を用い、室温、クロスヘッド速度0.05mm/minとした。破壊靱性値は圧子圧入法⁽⁴⁾：IF法により測定した。

Table 1. Hardness, particle size of WC and chemical composition of WC-Co alloy used.

Hardness (HRA)	Particle size of WC (μ m)	Composition (wt%)			
		Co	Cr	TaC	WC
92.1	0.8	9.5	0.7	0.25	bal.

3. 実験結果及び考察

3.1 抗折強度

図1に抗折強度の板厚依存性を示す。0.1mmまでの薄肉化により曲げ破壊強度は1000MPa程度増加する。t=0.1~0.3mmの範囲において、板厚当たりの抗折強度の増加はとくに大きく、鈴木らの結果⁽⁵⁾の3倍程度にも達する。

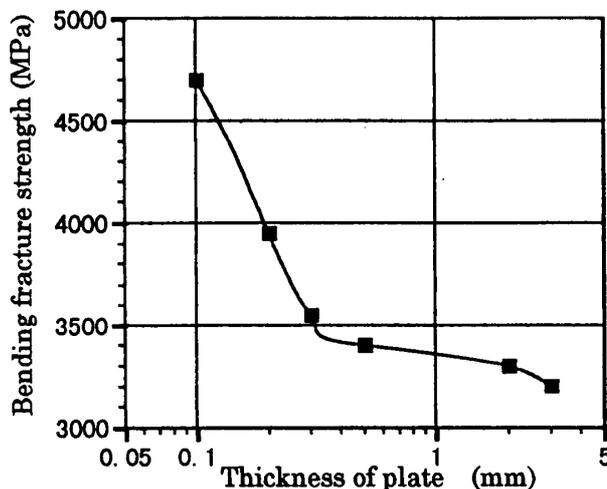


Fig. 1 Plate thickness dependence of mean bending fracture strength.

Table 2. X-ray condition and material constants of stress measurement.

	WC	Co
X-ray	Fe-K α	
Voltage, current	40kV, 30mA	
Slit, irradiation mask	0.5deg, 5 \times 8mm ²	
Scanning speed	1deg/min	
Diffraction plane	α (211)	γ (311)
Young's modulus E	700GPa	207GPa
Poisson's ratio ν	0.194	0.311
2 θ_0	145.178	130.011
	deg	deg

一般に、研削加工を受けたWC-Co合金の表面層には圧縮の高い残留応力が生じ、これが抗折強度を高める働きをする。また、鈴木ら⁽⁵⁾によれば、破壊の起点は表面層内部にあることが多く、その内部深さ Δt は板厚が薄くなるほど減少する傾向がある。表面層のWC相のX線残留応力分布を、 \sin^2 法(並傾法)により、表2に示す測定条件で測定したところ、板厚が小さくなるにつれて表面残留応力は増加するがその差は小さいこと、及び残留応力はいずれの板厚材も表面直下で急減し、2~3 μ m内部でほぼ一定(-200~-300MPa)となった(図2)。曲げ破壊後の試験片表面をSEM観察したところ、3mm材では表面から内部に入った場所で破壊の起点が観察されたが、0.1mm材では内部に破壊の起点

はまったく観察されなかった。これらの事実から、薄肉材では試験片表面に高い圧縮の残留応力が生じたこと、および応力勾配が大きくなり、破壊が表面で生じ易くなったためこの残留応力が曲げ破壊強度の増加に効果的に寄与したことが曲げ破壊強度を高くした原因と考えることができる。もちろん、体積が減少することにより破壊確率が低下することも起因していると考えてよいであろう。

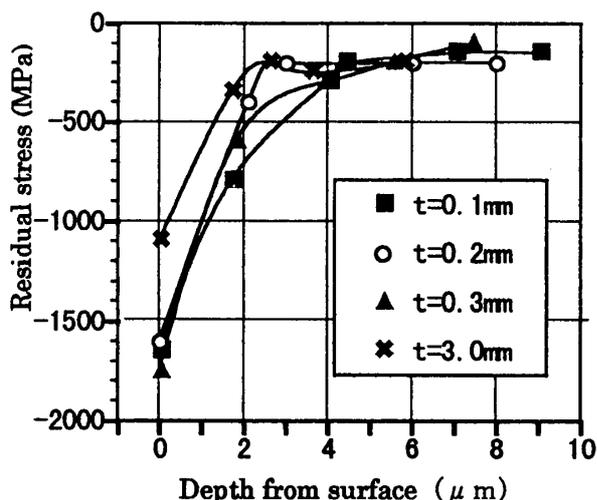


Fig. 2 X-ray residual stress distribution of WC phase in WC-Co alloy.

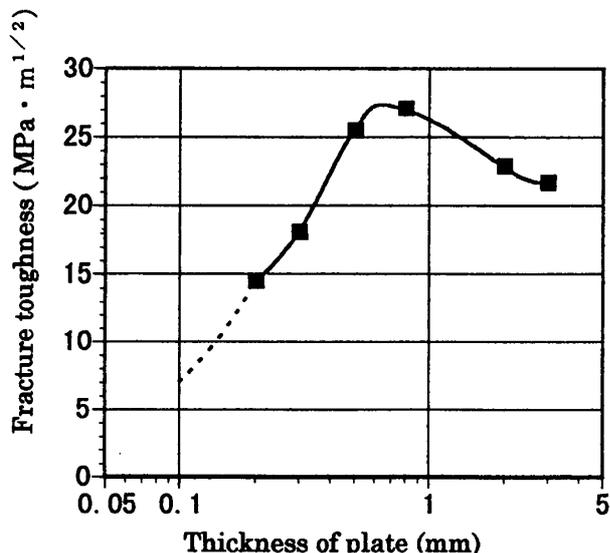


Fig. 3 Plate thickness dependence of fracture toughness.

3.2 破壊靱性

図3に破壊靱性の板厚依存性を示す。破壊靱性も抗折強度と同様に板厚の影響を著しく受けるが、その板厚依存性は大きく異なる。すなわち、破壊靱性は0.8mm厚で最大となった後、板厚が低下するとともに急激に低下する。このような破壊靱性の板厚依存性は金属でも認められている。WC-Co合金の表面層の

残留応力、加工変質層特性はとくに変化していないので、応力状態の変化から生じたものと考えている。

一般に超硬パンチは摩耗すると刃先を再研削する。0.1mm厚材と3mm厚材の刃先を再研削したところ、0.1mm厚材の刃先の角に多数のマイクロチップングが認められた(図4)。このことは、破壊靱性はチップング性の指標として用いることができることを示唆している。

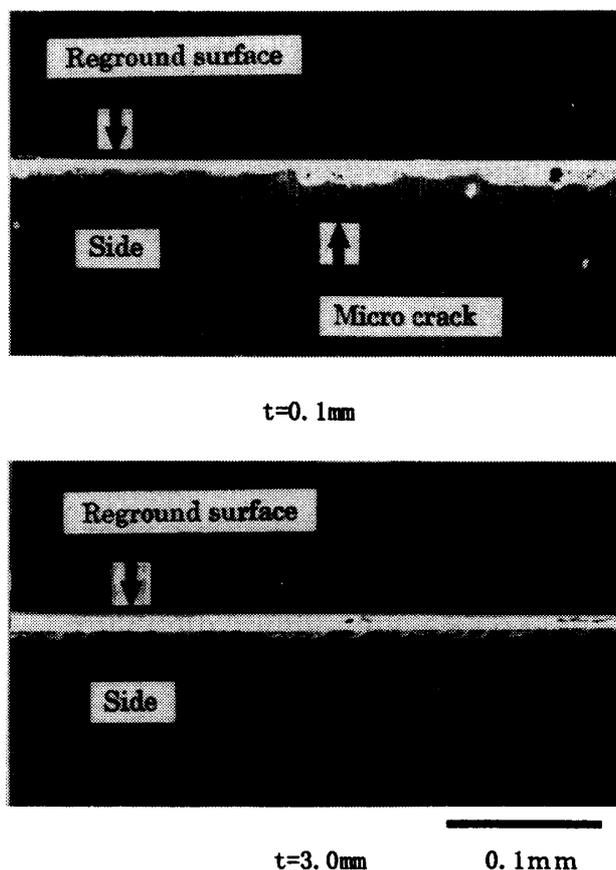


Fig. 4 Scanning electron micrograph of typical reground edge of WC-Co alloy.

4. 結言

研削加工により作製されたWC-Co合金パンチ抗折強度は薄肉化にともない著しく増加するが、破壊靱性は逆に著しく低下した。この事実から、超薄肉パンチにはより高靱性のWC-Co合金が必要なるであろう。

参考文献

- (1) 内田・他2名：型技術，10巻2号，36(1995)。
- (2) 鈴木編著：超硬合金と焼結硬質材料，(1986)，丸善。
- (3) 後藤・他3名：日本機械学会論文集A編，61巻589号，1927(1995)。
- (4) JIS-R1607(1995)。
- (5) 鈴木・他3名：粉体および粉末冶金，24巻8号，232(1977)。