

# 圧縮疲労特性と温間圧縮クリープ特性とを改善した冷間鍛造パンチ用超硬合金「TXG60」

Cemented carbide TXG60 for cold forging punch having improved compression fatigue and creep characteristics at medium temperatures

富士ダイス(株)  
技術開発本部

高橋拓巳、川上優、北村幸三、齋藤実

## ○ はじめに

WC-Co 基超硬合金は、工具鋼などに比べて約 2 倍の硬さ、圧縮強さ、ヤング率を有しており、工具としては長寿命かつ高精度となることから、各種の耐摩耗工具や金型に使用されている。冷間鍛造用パンチに使用する場合は、成形時に繰り返し圧縮応力が作用するため圧縮疲労特性に優れた材種を用いる必要がある。また、被加工材の塑性変形時の発熱により工具温度が上昇するので、その温度でも耐変形性を維持することが必要である。工具の上昇温度はその使用条件によって異なるが、潤滑油の揮発や焼き付きの状況から温間とされる約 400℃まで達していると考えられる。そこで、従来合金の圧縮疲労特性と温間圧縮クリープ特性とを改善することにより、冷間鍛造用パンチ寿命の向上を目指した。その手段として、Co 結合相を固溶強化することとし、Cr および Ni の添加の効果を調査した。その結果、冷間鍛造パンチ用超硬合金 TXG60 を開発した(特許第 5606612 号)。その TXG60 の機械的・熱的特性値の代表例を従来合金(WC-10mass%Co、88.5HRA)と合わせて表 1 に示す。本稿では、TXG60 の圧縮疲労特性と温間圧縮クリープ特性向上の結果について報告する。

表 1 TXG60 および従来合金の機械的・熱的特性値の代表例

材種名	比重	硬さ (HRA)	抗折力 (GPa)	引張り強さ (GPa)	圧縮強さ (GPa)	K <sub>IC</sub> (MPa・m <sup>1/2</sup> )	ヤング率 (GPa)	熱伝導率 (W/mK)
TXG60	14.40	88.5	3.10	2.20	4.60	14.0	550	96
従来合金 WC-10mass%Co	14.50	88.5	3.14	1.72	4.61	12.0	560	105

## ○ TXG60 の開発結果

### (1) 圧縮疲労特性

開発材種 TXG60 の室温での圧縮疲労特性を図 1 に示す。試験応力は、0 ⇔ 各最大圧縮応力(表 1 の圧縮強さの約 70~約 90%)での繰り返しとし、疲労周波数を 30Hz とした。比較用として、同一結合相量で同一硬さをもつ従来合金の結果も併示した。全ての応力範囲で TXG60 は従来合金より優れた圧縮疲労特性を示し、例えば最大圧縮応力 3.75GPa(圧縮強さの約 80%)のとき、TXG60 は従来合金に比べて破断寿命  $N_f$  は約 2 倍となった。

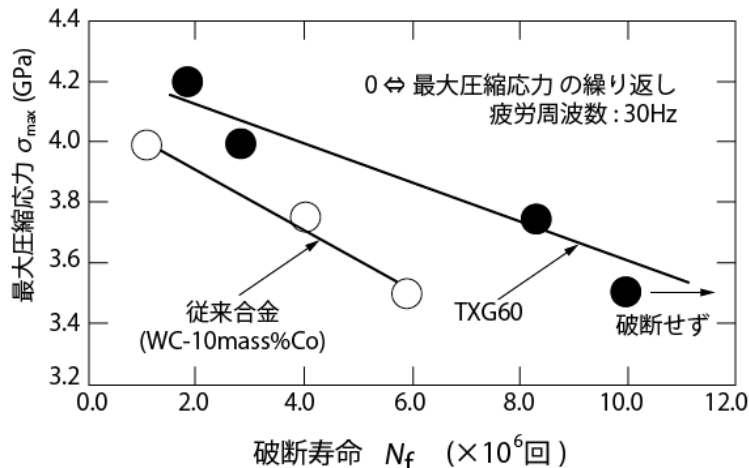


図 1 TXG60 および従来合金の室温圧縮疲労試験結果

さらに想定実用温度である 400°Cでの圧縮疲労特性も調査した。最大圧縮応力 2.95GPa(400°Cでの圧縮強さの約 96%)のとき、従来合金は  $4.7 \times 10^5$  サイクルで破断したのに対して、TXG60 は  $1 \times 10^7$  サイクルでも破断には至らなかった。これは実使用に近い温度条件でも本開発材種の優位性があることを示唆する。

## (2) 温間圧縮クリープ特性の向上

次に、温間圧縮クリープ特性の評価結果について述べる。評価には、高温ビッカース硬さ試験機を用い、試験温度を 400°C、試験荷重を 9.8N とし、超硬合金にビッカース圧子を押し込み、荷重保持時間を 15s および 3600s の 2 種類とした場合のビッカース圧痕の対角長を測定し、各時間の対角長を比較しその増加割合を変形率(%)とした。この変形率が小さいほど、使用環境下でも温間圧縮クリープ特性に優れると考えた。

図 2 に、WC-10mass%Co 超硬合金(WC 粒度：約  $3.0 \mu\text{m}$ )の変形率に及ぼす  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  添加量の影響を示す。 $\text{Cr}_3\text{C}_2$  添加により変形率は急激に減少し、Co 量に対して 5mass%(合金中 0.5mass%)で最小となり、6mass%以上では若干ではあるが増加する傾向となった。これは、5mass%までは結合相中への Cr の固溶により結合相は固溶強化されるが、6mass%以上では超硬合金の強化機構の一つである Co 結合相の  $\gamma \rightarrow \epsilon$  変態が損なわれるためと考えられた。

図 3 に、WC-0.5mass% $\text{Cr}_3\text{C}_2$ -10mass%(Co+Ni)合金(WC 粒度：約  $3.0 \mu\text{m}$ )の変形率に及ぼす Ni 含有量の影響を示す。(Co+Ni)総量に対する Ni 含有量が 3mass%までは変形率は減少し、それ以上では増加に転じた。この原因は、上記と同様に結合相の  $\gamma \rightarrow \epsilon$  変態を大きく損なわないまでの Ni 量では固溶強化の効果が得られたためと考えられた。

以上のように、Co 量に対して  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  を 5mass%添加し、(Co+Ni)総量中の Ni 含有量を 5mass%とすることにより、温間での変形率は Cr と Ni 無添加の場合に比べて 8.8%から 5.4%に抑制された。この新技術を TXG60 に応用した。

## ○ まとめ

耐摩耗工具のうち、WC-Co 基超硬合金が用いられる鍛造工具においてより一層の寿命改善が要求される中、今回は冷間鍛造パンチ用超硬合金として優れた圧縮疲労特性を持つ TXG60 を紹介した。

TXG60 は、WC-Co 基超硬合金の強化機構である  $\gamma \rightarrow \epsilon$  変態が損なわれない範囲で Ni、Cr を添加し、結合相を最大限固溶強化することで、圧縮疲労特性と温間圧縮クリープ特性とを改善し、冷間鍛造用パンチの性能を著しく向上させることに成功した。この方法は、冷間鍛造用パンチでは勿論、冷間鍛造用ダイにも応用できるため、より結合相の多い高靱性材種も開発中である。この新技術により、費用対効果から断念していた鋼製工具への超硬合金の適用を促進し、長寿命の冷間鍛造用パンチ・ダイによる高精度低コスト成形を可能としたい。

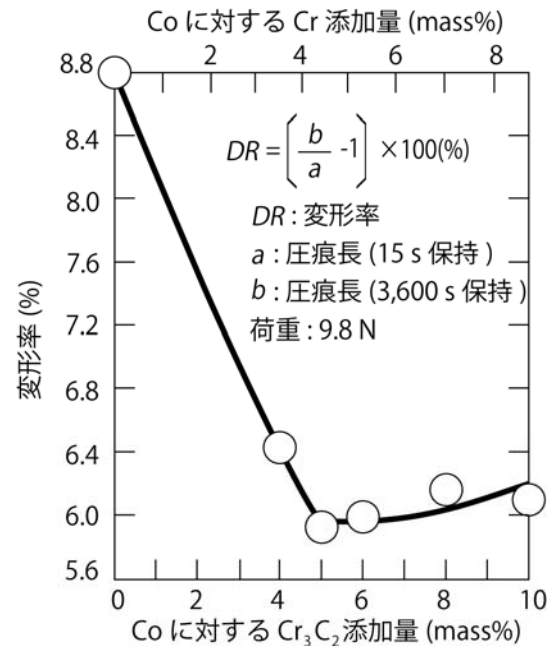


図2 WC-10mass%Co合金の400°Cでの変形率に及ぼす  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  添加量の影響

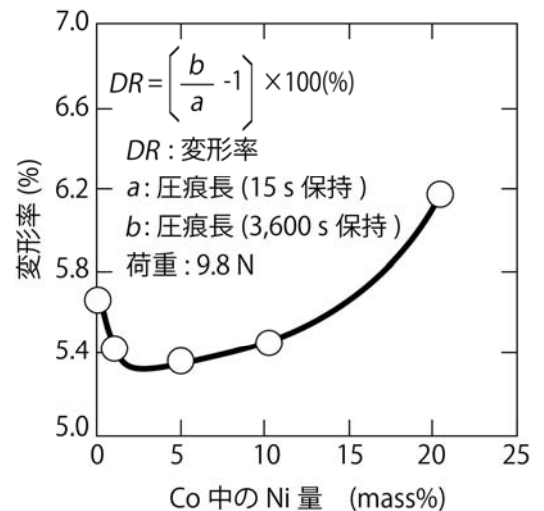


図3 WC-0.5mass% $\text{Cr}_3\text{C}_2$ -10mass%(Co+Ni)合金の400°Cでの変形率に及ぼす Ni 含有量の影響