

オリジナル超硬合金を活かした 冷間鍛造金型の長寿命化

結城 弘幸*

(株)桐製作所

当社は自動車向けの精密冷間鍛造部品を主力とする部品メーカーである。冷間鍛造業界は常にコストダウンの要求と戦っており、2次加工の切削代を削減するために、成形時の高負荷、難成形を余儀なくされ、金型の破損やかじりをどう抑制するかがカギとなっている。

冷間鍛造技術にとって金型は重要かつ不可欠であり、そのつくり込みや材料選定は大切なノウハウとなる。当社では金型の内製化に平成元（1989）年から取り組んできた。当時、より困難な鍛造成形を行うための超硬合金の需要が高まっていた。そのような中、東北経済産業局および山形県産業技術振興機構の指導のもと、

地域新生コンソーシアム研究開発事業で5年間にわたり当社オリジナルの超硬合金の開発を行うこととなった。

金型設計・製作・超硬合金の3つのノウハウを活かすことで金型の長寿命化を図り、難成形加工に耐え得る硬く破損しにくい超硬合金金型を開発した。それにより金型費の削減や外販による売上げを飛躍的に伸ばすことができた。本稿では、オリジナル超硬合金の特徴や金型への展開例を紹介する。

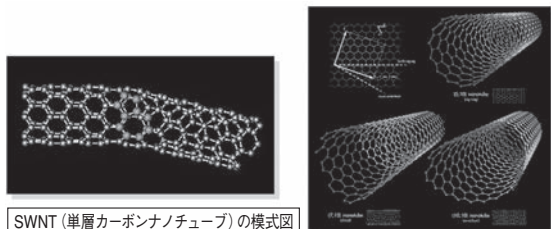
オリジナル超硬合金の特性・特徴

当社の超硬合金は、カーボンナノチューブ（図1）を添加することで、硬さと抗折力を高次元で併せもつ合金である。カーボンナノチューブは直径0.4~50nm、長さ10 μ m、繊維状に細長くアルミニウムの1/2という軽さで、鋼鉄の20倍の強度をもち、特に繊維方向の引張強さはダイヤモンドすら凌駕するカーボン（炭素）原料である。

超硬合金には微量の炭素を触媒として使用するが、この炭素をカーボンナノチューブに置き換えられないかと考えた。どのようにして混合し、どの程度の量を添加するか、焼結条件はどうするのか、試行錯誤を繰り返しながら実験で物性値を確認し、自社の鍛造成形ラインに投入することで超硬合金の配合と物性値、寿命のバランスを見いだした。

図2はコバルト（Co）添加量に対する硬さの変化を表したもので、一般的に硬さは同図のようにCo添加量が増えるほど下がる。また、図3はCo添加量

*Hiroyuki Yuki：超砥粒工部部 営業二課 係長
〒990-2338 山形県山形市蔵王松ヶ丘2-1-5
TEL(023)688-1817



カーボンナノチューブ（Carbon nanotube、略称CNT）は、炭素によってつくられる六員環ネットワーク（グラフェンシート）が単層、あるいは多層の同軸管状になった物質。直径0.4~50nm、長さ10 μ m、重さはアルミニウムの1/2、強度は鋼鉄の20倍。特に繊維方向の引張強さではダイヤモンドすら凌駕する非常にしなやかな弾性力をもつ

図1 カーボンナノチューブ

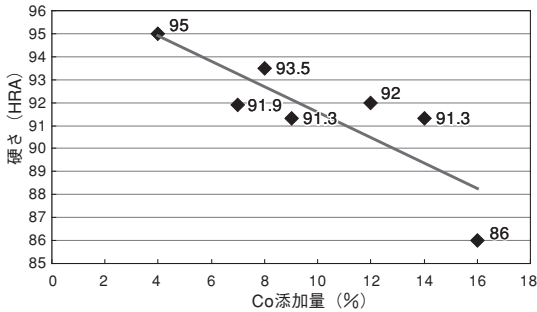


図2 Co添加量に対する硬さの変化

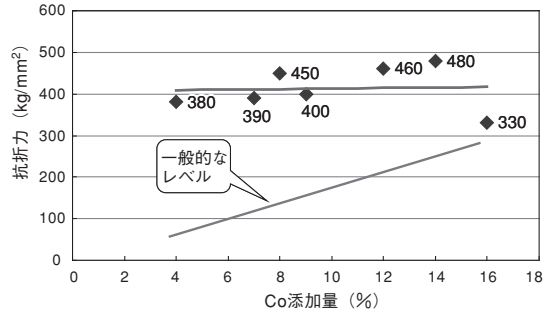


図3 Co添加量に対する抗折力の変化

に対する抗折力の変化を表したものである。一般的にCo添加量が減少するほど抗折力が低くなるが、図4の物性値（硬さと抗折力）に見られるように、当社超硬合金は硬さが変化しても高い水準の抗折力をもつことがわかった。

自社製の超硬合金で金型を製作し、鍛造成形を行う一貫生産体制によって、現場からのフィードバックが早いこと、製品形状や成形荷重、金型のつくり込みなど、他社ではできないアプローチで開発を行うことができた。

超硬金型への展開と開発事例

1. 深穴の冷間鍛造成形のための超硬金型

パンチ（雄型）の超硬材種を変えて、深穴を冷間鍛造成形した事例を紹介する。

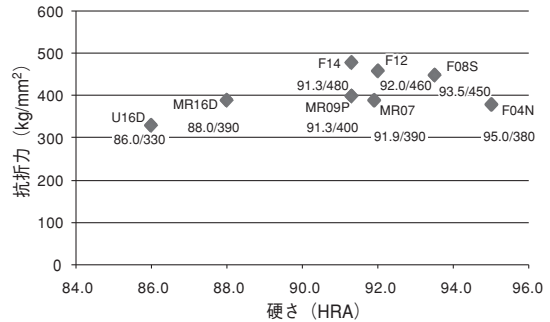
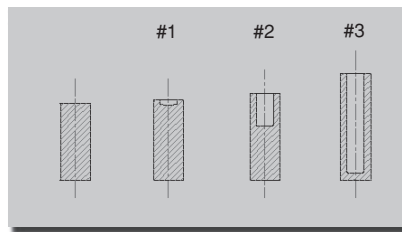


図4 超硬合金素材の物性値

図5に加工テストの内容を、図6に製作したパンチ形状を示す。成形材料はSWRCH-6A、断面減少率は29.6%、L/D（成形長さ/径）は#2成形で2倍、



ワーク材質	SWRCH-6A		
ワーク硬さ	76~77HRB（熱処理なし）		
ワーク重量	29.22g（±0.06g）		
外径寸法	φ12.3D×43.2L（底厚3T）		
内径寸法	φ6.7D×40.2L		
断面減少率	29.6%		
L/D	2（#2）	4（#3）	6（トータル）
コーティング	TiN（PVD）		
プレス設備	L1C-400tプレス（KOMATSU）		

上記部品の後方押しを行う。そのとき、#3成形の金型（パンチ）材質の変化により部品の穴径精度、同軸精度、底厚精度の違いなどを調べる。金型材質は下記のとおり

#3成形パンチ超硬材種	結合相量 (wt%)	粒径 (μm)	特性値		ヤング率E (GPa)
			硬さ (HRA)	抗折力 (kg/mm²)	
他社C	12	1未満	91	330	560
他社D	14	1未満	91	348	520
F04N	4	1未満	95.0	380	620
MR09P	9	2~2.5	91.3	400	570

図5 加工テストの内容

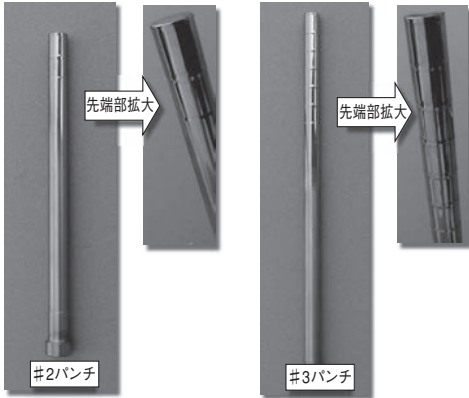


図6 製作したパンチ形状

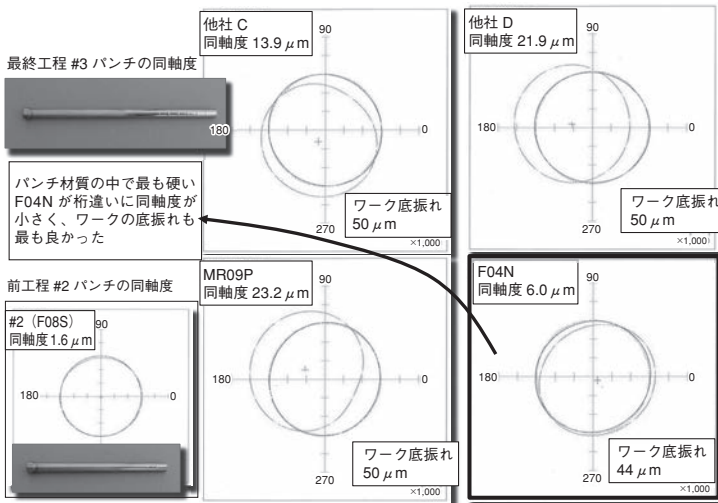
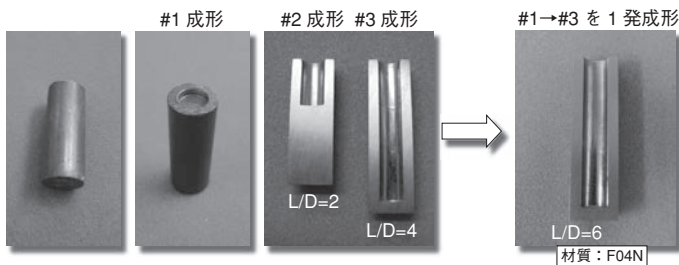


図7 パンチの同軸度とワークの底振れ



#3 成形パンチ 超硬材種	結合相量・粒径 (wt%) (μm)	特性値		ヤング率E (GPa)	#2 底振れ 平均 (μm)	#3 底振れ 平均 (μm)	入口振れ (μm)
		硬さ (HRA)	抗折力 (kg/mm ²)				
他社 C	12・1 未満	91	330	560	0.038	0.050	0.026
他社 D	14・1 未満	91	348	520	0.040	0.050	0.024
F04N	4・1 未満	95.0	380	620	0.038	0.044	0.019
MR09P	9・2 ~ 2.5	91.3	400	570	0.039	0.050	0.020

図8 成形したワークと超硬材種ごとの結果

#3 成形で 4 倍である。後方押出しの #3 成形パンチの材質を変化させ、それぞれの精度にどのような影響が出るかを調べた。

図7~図9に加工テストの結果を示す。#3 成形後、ワークの振れに対してパンチ同軸度を測定した結果、ヤング率の最も高い「F04N」は使用前同軸度 $1.3\mu\text{m}$ に対し、使用后同軸度 $6.0\mu\text{m}$ と他材種と比較し最も優れたデータが得られた (図7)。また、超硬であってもこれだけの塑性変形によるたわみ (同軸のずれ) が生じることがわかった。

F04N は 95 HRA という硬さをもちながら、 380 kg/mm^2 の抗折力と 620 GPa のヤング率が功を奏し、他材種を総合的に上回ることができた。しかし、深穴加工に関しては、超硬素材だけではなく金型設計や設備の要因も大きく関与するため、すべての条件を興味して進める必要がある。

2. シャーリング切断用ブレードへの展開

次に各超硬材種でシャーリング切断用ブレード (シャープブレード) を製作し、寿命を比較した。図10に改善前の課題や加工テストの結果を、図11に超硬材種の変更による効果を示す。

切断ワーク材質 SWRCH-12A (S12C 相当アルミキルド鋼) に対して 5 種類の超硬材種で切断テストをした結果、「MR09P」が最も寿命が長い約 570,000 個という結果が得られた。これまで使用していたものは 60,000~100,000 個の切断で刃先に摩耗・欠損が生じていたため、長寿命材質に変更することで段取り工数の削減がで

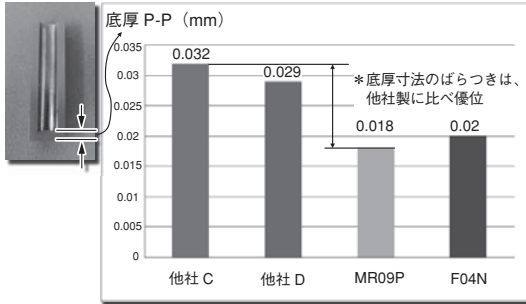
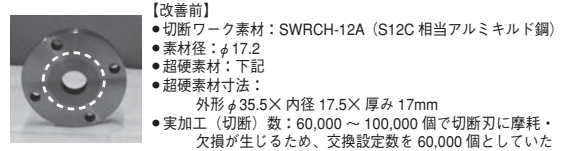
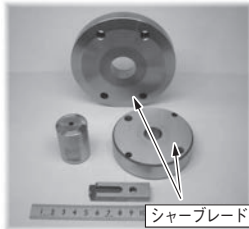


図 9 底厚寸法のばらつき



TRY 超硬材種	結合相量 (wt%)	特性値		切断数 (個)	欠損	摩耗	評価
		硬さ (HRA)	抗折力 (kg/mm ²)				
他社 E	15～18	85.0	300	60,000～100,000	あり	×	×
MR07	7	91.9	390	120,000	あり	○	△
MR09P	9	91.3	400	180,000	なし	○	◎
MR12P	12	90.0	390	170,000	なし	○	○
MR16D	16	88.0	390	120,000	なし	△	△

図 10 シャーリング切断用ブレードの加工テストの内容



	製品	成形 No.	種類	変更材種	平均寿命 (個)	変更後平均 寿命 (個)	効果
1	シャープブレード A (φ18)	切断		MR09P	60,000	477,000	7.9 倍
2	シャープブレード B (φ22)	切断	シャープ	↑	60,000	567,660	9.4 倍
3	シャープブレード C (φ16)	切断	ブレード	↑	60,000	124,000	2.0 倍
4	シャープブレード D (φ20)	切断		↑	60,000	233,500	3.9 倍

【不具合形態】

- ・摩耗
- ・割れ、欠け
- ・溶着
- ・寸法不良
- ・段取り不良

図 11 超硬材種の変更による効果

- 特徴**
- ◆高硬度／高靱性超硬材 (95.0HRA)^{※1} の特性を活かしたシャープエッジによる刃先形状→鋭い切れ味による仕上げ精度向上と耐摩耗性を実現
 - ◆加工被削材は、61HRC 以上の高硬度鋼 (SKH-51 など) が最適
 - ◆高回転が必要とされる cBN インサートに対し、汎用的な設備で使用が可能
 - ◆従来の工具と比較し寿命が向上→費用効果大^{※2}

型番	ノーズ R	ロット数
TNGA160402	0.2	10 個
TNGA160404	0.4	

※1 特許取得品
※2 他社メーカー類似形状品比

★メーカー推奨加工条件

- 被削材：61HRC 以上の高硬度焼入れ鋼全般
- 周速：40m/min
- 送り速度：0.10mm/rev
- 切込み量：ap0.10mm (φ0.20mm)
- ダブルクランプホルダ使用
- 水溶性クーラント

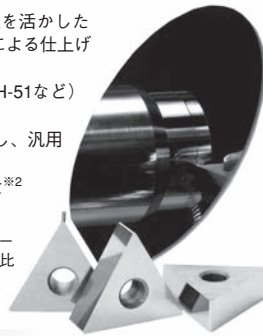


図 12 高硬度鋼用旋削加工インサート「VELTIO」

き、生産アップにもつながった。

ほかにも当社では、超硬合金素材の新たな展開の一つとして高硬度鋼用旋削加工インサートの開発を行い、商品名「VELTIO (ベルティオ)」として販売している (図 12)。95 HRA と高硬度でありながら、同等材の中では欠けにくい靱性を持ち、他社製と比較しても

摩耗が少ない工具として、焼入れ鋼の旋削加工を行う金型、部品加工ユーザーから高い評価を得ている。