

平成15年度共同研究実施報告書

研究題目	精密プレス加工用超合金の摩耗特性のデータベースの構築
共同研究者 (所属・職)	研究代表者 吉野 泰弘 (岩手大学工学部機械工学科・助手)、 清水 友治 (岩手大学工学部機械工学科・助教授) 岩淵 明 (岩手大学工学部機械工学科・教授) 菊池 寛 ((有) サンアイ精機・代表取締役) 赤平 英之 ((財)さんりく基金・主任研究員)
研究代表者 連絡先	電 話：019-621-6417 FAX：019-621-6417 Eメール：tyoshino@iwate-u.ac.jp U R L：
研究目的 本研究は、コネクタの製造に関わる精密プレス加工の金型材料としてよく使われる超合金の種類と摺動材の組み合わせを変え摩擦実験を行い、それらの摩耗特性のデータベースを構築することを目的とする。	
研究結果の概要 1 はじめに (研究の背景等) 精密プレス加工用の金型では、その材料として主に超合金が使用されている。超合金は高硬度で耐摩耗性に優れているとされるが、いずれ摩耗し、寿命を迎える。この摩耗特性、あるいは摩耗メカニズムを解明することは、金型の長寿命化、高精度化には欠かせない研究である。 平成14年度の研究では、超合金に含まれるWC粒子の粒径や、Co含有量の違いで摩耗が変化することがわかった。また、その摩耗挙動を観察し、摩耗メカニズムのモデルを提案した。 ところで、金型を設計する際、金型材料の選定は、現場の経験や、試行錯誤で決定することがおおいいため、どうしても無駄な工程が多くなってしまふ。さらなる短納期、高精度化を達成するには、それらの摩擦摩耗データベースが必要である。 そこで、平成15年度の研究では、昨年度の結果を踏まえ、精密プレス金型材料として使われている超合金と、被加工材の摩擦摩耗実験を行い、これらのデータベースを構築することを目的とした。	
2 実験方法および材料 図1に、本実験で用いたブロック・オン・シリンダー型摩擦試験機の概略図を示す。この実験装置は、ブロック試験片を、旋盤によって回転された丸棒試験片に押し付け摩擦させるもので、おもりにより死荷重を与えることが出来る。また、試験片ホルダーはひずみリングに取り付けられており、これによって荷重と摩擦力を検出し、パーソナルコンピュータによってデータファイルとして保存した。ブロック試験片には、共立合金製の超合金を6種用意した。その形状と寸法を図2に示す。	

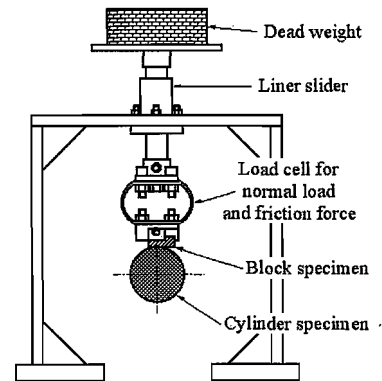


図1 摩擦摩耗試験機概略

ハッチング部が摩擦面である。摩擦面は表面状態を一定するため平面研削盤（#1200）により200 μ m研削した。その後、スライサーで切断し、縦5mm、横20mm、幅0.5mmとした。また、各種超硬合金の硬さとCo含有量を表1に示し、表面のSEM写真を図3に示した。硬さの比較は式(1)のようにG1からG6にかけて硬さの値が低くなり、KD20とEF20はG3の硬さとほぼ同様であった。

$$G1 > (G3 \approx KD20 \approx EF20) > G5 > G6 \quad \dots(1)$$

これらの違いは図3でもわかるように、Co含有量とWC粒子の粒径の差から生じている。Co含有量の比較は式(2)のようにになっている。

$$G1 < G3 < (G5 \approx KD20) < (G6 \approx EF20) \quad \dots(2)$$

丸棒試験片は ϕ 45~55mmで、炭素鋼（S45C）、リン青銅（C5191B）、ステンレス鋼（SUS304）、アルミニウム合金（A5052B）、マグネシウム合金（AZ31）、および純チタン（JIS第二種）を使用した。これらの化学組成とビッカース硬さを表2に示す。実験前に、旋盤で1000rpm、送り0.1mm、切込み0.25mmの条件で切削し、偏芯が10 μ m以下になるように取り付けた。

実験条件は、荷重56N、すべり距離800m、すべり速度約230mm/s、無潤滑で行った。試験後のブロック試験片の摩耗量は三次元表面粗さ計により、すべり方向に25本、10 μ m間隔でトレースして求めた。

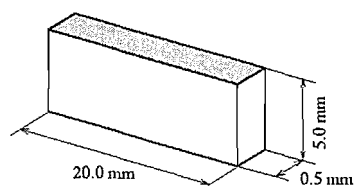


図2 ブロック試験片の形状

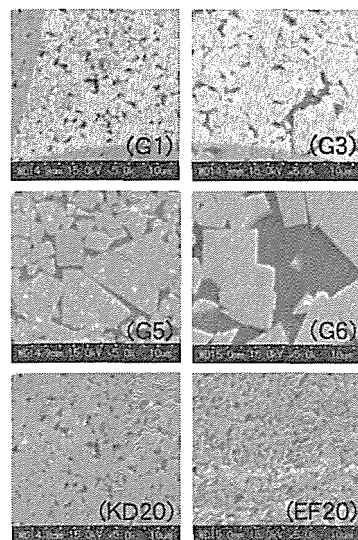


図3 超硬合金の表面観察

表1 超硬合金の硬さとCo含有量

	G1	G3	G5	G6	KD20	EF20
硬さ (HV)	1742	1455	1214	1113	1492	1452
Co含有量 (wt.%)	6.25	8.64	13.92	17.22	13.40	17.70

表2 被加工材の硬さと化学組成

	S45C	C5191B	SUS304	A5052B	AZ31	Ti
硬さ (HV)	288	203	249	105	58	252

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Fe
S45C	0.42-0.48	0.15-0.35	0.60-0.90	≤ 0.030	≤ 0.035	-	-	BALANCE
SUS304	≤ 0.08	≤ 1.00	≤ 2.00	≤ 0.045	≤ 0.030	8.00-10.50	18.00-20.00	BALANCE

	Sn	P	Cu
C5191B	5.5-7.0	0.03-0.35	BALANCE

	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Al
A5052B	≤ 0.25	≤ 0.40	≤ 0.10	≤ 0.10	2.2-2.8	≤ 0.10	0.15-0.35	BALANCE

	Al	Zn	Mn	Fe	Ni	Cu	Si	Ca	Mg
AZ31	2.5-3.5	0.6-1.4	0.20-1.0	≤ 0.005	≤ 0.005	≤ 0.05	≤ 0.10	≤ 0.04	BALANCE

	O	Fe	H	N	C	Ti
Ti	≤ 0.20	≤ 0.25	≤ 0.015	≤ 0.03	≤ 0.08	BALANCE

図4に示すように、粗さのトレースの基準線から下の部分を摩耗量 V_w 、上に出た部分を移着量 V_T とし、それぞれの面積 A_i と B_i をY方向のピッチで積算することで体積を求めた(式(1)、式(2))。求めた摩耗量から式(5)により比摩耗量を算出した。ここで、 P は荷重、 L はすべり距離である。

$$V_w = \sum_{i=1}^{25} A_i \times \Delta Y \quad [\text{mm}^3] \quad \dots(3)$$

$$V_T = \sum_{i=1}^{25} B_i \times \Delta Y \quad [\text{mm}^3] \quad \dots(4)$$

$$W_s = V_w / (P \cdot L) \quad [\text{mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}] \quad \dots(5)$$

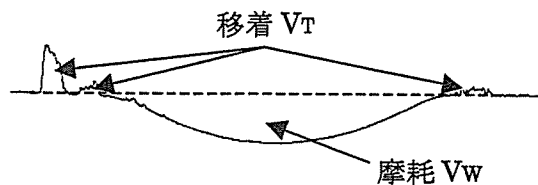


図4 摩耗量と移着量の算出法

また、各表面のSEM観察と、EDXによる元素分析を行なった。

3 結果と考察

被加工材に対する各種超硬合金の比摩耗量と移着量、摩擦係数を比較した。図5に比摩耗量、図6には移着量の結果を示した。比摩耗量は被加工材によってオーダーが二桁違ったので、グラフを二つに分けている。二つのグラフには、Tiを除き、次のような傾向が見られた。比較的硬いS45C、C5191BおよびSUS304ではG5とG6が摩耗しやすい結果になった。A5052BとAZ31では、逆に、G5とG6で摩耗しにくい結果となった。またA5052BとAZ31は移着量が多く、正確な摩耗量を測定できていない可能性はあるが、硬い被加工材に対しては硬い超硬合金が適しており、逆に軟い被加工材には軟い超硬合金が適しているといえる。Tiでは、摩耗痕を埋め尽くすほどの移着が見られ、摩耗量を正確に測定できなかった。

現段階の最適な超硬合金を選定するならば以下のようになる。S45Cに対してはG3が適当であり、一番摩耗したG5の約1/3である。C5191Bに対しては硬いほど摩耗しにくい結果で、硬さが似通っているG3とKD20、EF20を比べると微粒子のKD20の方が摩耗が少なく、超微粒子のEF20はさらに摩耗が少ない。C5191Bには一番硬いG1が適当である。SUS304ではEF20が最も摩耗が少なく、一番摩耗したG5に比べ約1/20であった。A5052BとAZ31は、上の3つとは違い、G5、G6の比較的粒径の大きな超硬合金が適しているといえる。ただし、この二つとTiは移着が多

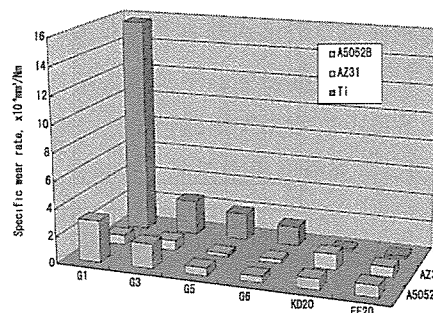
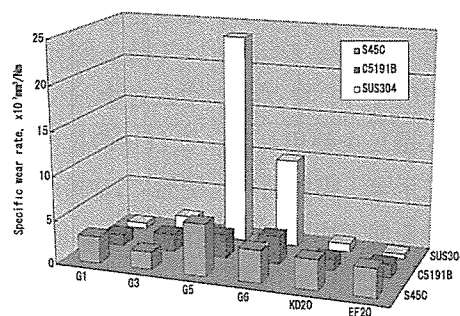


図5 超硬合金の比摩耗量

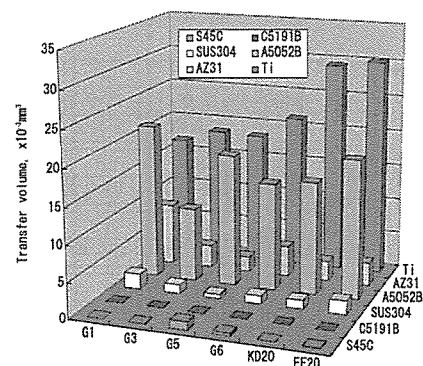


図5 超硬合金の比摩耗量

く、実際は潤滑油を使用するなどの対策が必要であり、潤滑環境での摩耗試験を行い検討する必要がある。

摩擦係数とすべり距離の関係を図7に示す。実験開始と同時に急激に上昇し、20~30m後には安定している。すべての結果で安定していた600~800mを摩擦係数の代表値として平均して求め、その結果を図8に示した。超硬合金の違いによる摩擦係数の違いは見られなかったが、移着の少ないS45C、C5191B、SUS304では摩擦係数が大きく、移着の多いA5052B、AZ31、Tiでは小さく、一番軟いAZ31に対する摩擦係数が一番小さい結果となった。

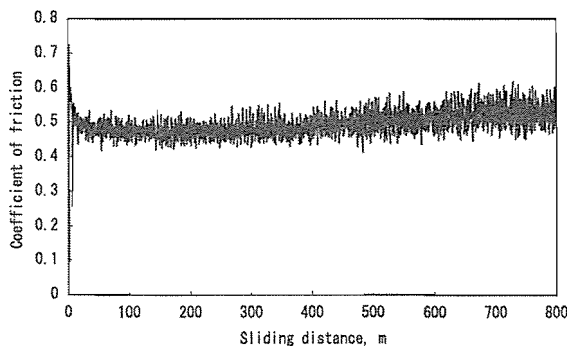


図7 すべり距離と摩擦係数(G3 vs. US304)

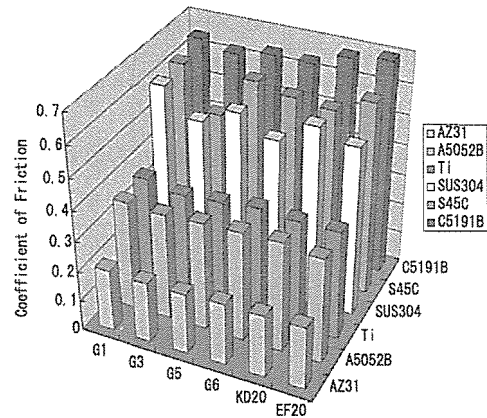


図8 超硬合金と被加工材の摩擦係数

4 結論

超硬合金の摩擦摩耗データベースを構築するため、被加工材との摩擦摩耗実験を行った結果、以下の結論を得た。

硬い被加工材には硬い超硬合金、軟い被加工材には軟い超硬合金を適用することで、摩耗を減少させることが出来ることがわかった。具体的には、S45C-G3、C5191B-G1、SUS304-EF20、A5052B-G6、AZ31-G5の組み合わせがもっとも摩耗を減少させた。ただし、Tiは移着が激しく摩耗の評価はできなかった。

地域振興への展開

本研究で得られた摩耗データベースを利用し、各被加工材に最適な超硬合金を選定することができる。これにより、三陸地域のコネクター用金型製造プロセスの簡略化が期待でき、納期の短縮、また、製品精度の向上などが期待される。ただし、より最適な金型材料を選定するには、今後、今回使ったメーカー以外の材料も試験し、データを蓄積する必要がある。

備考