鉄系焼結金属の摩耗特性 (第2報)*

—焼結金属と炭素鋼とのすべり摩耗試験結果—

上田 太郎** 田中 政夫*** 田中 芳雄****

Wear Characteristics of Iron-Based Sintered Metals (2nd Report)

—Results of Sliding Wear Test under Combination of Sintered Metal with Carbon Steel—

Taro UEDA, Masao TANAKA, Yoshio TANAKA

In previous report, the wear characteristics of the self-lubricating sintered metals which are used for machine parts were studied under combination among sintered metals with identical chemical composition, sintered density and heat treatment.

In present report, sliding wear tests have been made between a rotor of sintered metal (Fe or Fe-C) and a stator of carbon steel (S35C). The results obtained are as follows :

1. When the self-lubricating iron-based sintered metals are used for wear resisting machine parts, they should be much impregnated with lubricant by lowering of density and hardened by heat treatment. This results are the same as ones in previous report.

2. When as sintered metals without "quench-hardening" are used, the combination of sintered metal with carbon steel has higher resistance to wear than that with sintered metal.

3. In the case of quench hardened sintered metals, the combination of sintered metal with sintered metal is more resistive than that with carbon steel.

1. 結 言

一般機械部品用焼結金属材料の耐摩耗性を明らかにするため、前報¹⁾においてはFe, Fe-C系焼結金属のすべり摩耗試験を実施しその摩耗特性に及ぼす諸因子の影響を考察した。その結果、同一の材質、焼結密度、熱処理を持つ焼結金属同志の組み合わせによるすべり摩擦においては一般に焼結密度を小さくして、含浸油量を多くするとともに焼入れ処理により、硬度を高めるのが得策であることを明らかにした。しかし実用には摩擦相手が異なる場合の組み合わせも多いので、今回は、これらの摩耗特性を検討するため、引き続き、実施したFe, Fe-C系焼結金属と、普通鋼S35Cとのすべり摩耗試験結果について報告する。

2. 供試材および摩耗試験法

すべり摩耗試験法は、前報において述べたと同じ四連

* 本研究は精機学会「焼結機械要素とその加工性に関する分科会」の事業の一部として行なわれたものである。昭和40年4月精機学会関西支部講演会、昭和40年11月精機学会秋季大会講演会にて発表

** 正会員 岐阜大学工学部

*** 正会員 大阪大学工学部

**** 学生会員 大阪大学工学部

式摩耗試験機を使用し、回転片と固定片との間ですべり摩擦を行なわせる方法である。摩擦相手が異なる組み合わせとしては種々の場合が考えられるが、本研究では回転試験片を含油焼結金属とし、固定試験片をS35C鋼とした場合について試験した。

なお、供試した焼結金属は前報において使用したものと同一のFeおよびFe-C系で、焼結密度5.8, 6.2, 6.7g/cm³の焼結のままの非焼入れ材と、焼結後熱処理して硬化させた焼入れ材とである。またS35C鋼は表1に示す焼鈍のままの非焼入れ材と、850°Cから水焼入れした焼入れ材の2種を使用した。

以上の供試材を用いて今回は表2に示す24組の組み合わせの場合について試験した。

表1 S35C鋼の化学成分およびかたさ

化 学 成 分 %						ロ ッ ク ウ ェ ル 硬 度	
C	Si	Mn	P	S	Cu	非焼入れ材*	焼入れ材**
0.36	0.27	0.70	0.014	0.015	0.11	H _R B80	H _R C56

* 860°C 焼鈍

** 850°C 30分間加熱後水焼入れ

表2 すべり摩耗試験における組合わせ

組合わせ 番 号	回 転 片 (含油焼結金属)			固 定 片 (S35C) 鋼	
	質 別	密 度	熱 処 理		
1 2 3	Fe系	5.8g/cm ³ 6.3 " 6.8 "	非焼入材	非 焼 入 材	
4 5 6		5.8 " 6.3 " 6.8 "	焼 入 材		
7 8 9		Fe-C系	5.8 " 6.2 " 6.7 "		非焼入材
10 11 12	5.7 " 6.2 " 6.7 "		焼 入 材		
13 14 15	Fe系		5.8 " 6.3 " 6.8 "		非焼入材
16 17 18		5.8 " 6.3 " 6.8 "	焼 入 材		
19 20 21		Fe-C系	5.8 " 6.2 " 6.7 "	非焼入材	
22 23 24	5.7 " 6.2 " 6.7 "		焼 入 材		

すべり摩耗試験条件としては接触圧力を 2.3, 4.6, 6.9kg/cm² に, すべり速度を115, 200m/minに変化させ焼結金属自身の含浸油のほかは外部より給油を行なわない状態で試験した。またすべり摩耗試験に際しては, 試験開始に先立って, すべり面をラップ仕上して, 回転片と固定片とが全面接触するようにした。

試験中の摩耗量は前報で述べたと同じく, すべり摩擦距離 5, 15, 35, 55×10⁴m ごとに試験機の運転を止め, 回転試験片の直径の減少量を測定することにより, 評価した。またすべり面の温度測定, すべり面の顕微鏡観察なども同時に実施して, 焼結金属の摩耗特性究明の一助とした。

3. 試験結果および考察

図1(a)は試験結果の一例として表2に示す No.1~3 および No.7~9 の組合わせ (回転片: 焼結金属の非焼入れ材, 固定片: S35C鋼の焼なまし材) に対し, 接触圧力を2.3kg/cm² として, すべり摩擦させた場合の回転片直径の減少量を示したものである。いずれの場合も, すべり摩擦時間とともに回転片直径は減少し, すべり速度が大きく, 焼結密度の大きいものは短時間で焼付きが生ずる。

図1(b)はNo.13~15およびNo.19~21の組合わせ (回転片: 焼結金属の非焼入れ材, 固定片: S35C鋼の焼入れ材) に対し, 同じく接触圧力を2.3kg/cm² としてすべり

(a) 回転片: 焼結金属 (非焼入れ材)
固定片: S35C鋼 (非焼入れ材)

(b) 回転片: 焼結金属 (非焼入れ材)
固定片: S35C鋼 (焼入れ材)

図1 すべり摩耗試験における回転直径の減少

(a) 回転片: 焼結金属 (焼入れ材)
固定片: S35C 鋼 (非焼入れ材)

(b) 回転片: 焼結金属 (焼入れ材)
固定片: S35C 鋼 (焼入れ材)

図2 すべり摩擦試験における回転直径の減少

(a) 回転片: 焼結金属 (非焼入れ材)
固定片: S35C 鋼 (非焼入れ材)

(b) 回転片: 焼結金属 (非焼入れ材)
固定片: S35C 鋼 (焼入れ材)

図3 すべり摩擦試験における摩擦温度の変化

り摩擦させた場合の回転片直径の減少量を示したものである。この場合も同様な結果を示すが、全体的にみて、図1(a)の場合より回転片直径の減少量は少ないようである。

図2(a)はNo.4~6およびNo.10~12の組合わせ(回転片: 焼結金属の焼結後浸炭焼入れ、あるいは普通焼入れした焼入れ材、固定片: S35C鋼の焼鈍のままの非焼入

れ材)に対し、接触圧力を4.6kg/cm²としてすべり摩擦させた場合の回転片直径の減少量を示したものである。この場合も図1(a)の場合と同様に、すべり速度が大きく、焼結密度の大なるものは短時間で焼付きが生ずる。しかし焼入れによって硬度が大なるために、図1に示す2.3kg/cm²の場合は良好な摩擦特性を示す。

図2(b)はNo.16~18およびNo.22~24の組合わせ(回

(a) 回転片: 焼結金属 (焼入れ材)
固定片: S35C 鋼 (非焼入れ材)

(b) 回転片: 焼結金属 (焼入れ材)
固定片: S35C 鋼 (焼入れ材)

図4 すべり摩耗試験における摩擦温度の変化

転片: 焼結金属の焼入れ材, 固定片: S35C 鋼の焼入れ材) に対し, 接触圧力を 4.6kg/cm^2 としてすべり摩擦させた場合の回転片直径の減少量を示したものである。この場合も図2(a)と同様な結果を示す。

図3~4は以上の摩耗試験中において, すべり面より1mm離れた位置の温度を測定した結果である。これらの図から, 定常摩耗状態ではいずれの組合せにおいても, 上記位置の温度は前報で述べた焼結金属同志の組合せのすべり摩耗試験の場合より少し高いが, 焼結金属が非焼入れ材の場合には, 約 100°C , 焼入れ材の場合には約 120°C を越えることはない。

以上は回転片を焼結金属, 固定片を S35C として, すべり摩耗試験した時の結果の数例を示したにすぎないが, 同様の試験を各種試験条件で実施し, それらの結果から, 鉄系焼結金属の耐摩耗性に及ぼす諸因子の影響を求め, 前報の焼結金属同志の結果と比較検討した。

その結果を前報と同様, 因子別に整理して示すと次のようである。

(1) 材質の影響 (図5 参照)

S35C 鋼と Fe あるいは Fe-C 系焼結金属と組合わせたときの耐摩耗性の差異は前報で述べた焼結金属同志の組合せの場合と同様, あまり明瞭ではない。

(2) 熱処理の影響 (図6 参照)

回転片が焼結のままの非焼入れ材では固定片が焼結金属, S35C 鋼いずれの場合でも接触圧力が 4.6kg/cm^2 の

図5 すべり距離 $5 \times 10^5 \text{m}$ における回転片直径の減少量に及ぼす配合成分の影響

図6 すべり摩擦距離 $5 \times 10^5 \text{m}$ における回転片直径減少量に及ぼす熱処理の影響

ときはもちろん, 2.3kg/cm^2 の場合でも焼結密度の高いときは焼付きを起こす。しかし焼結後焼入れした回転片では 4.6kg/cm^2 の場合はほとんど, また 6.9kg/cm^2 の場

合でも焼結密度が低い場合には焼付きを起こさない。

(3) 焼結密度の影響 (図7 参照)

回転片の焼結密度が $5.8 \sim 6.7 \text{ g/cm}^3$ の範囲内では固定片が焼結金属、S35C鋼を問わず、回転片の密度の高いものほど早く焼付きを生ずる。これは主として密度の高いものは焼結金属中の含浸油量が少ないことが原因であると考えられる。また回転片が焼結のままの非焼入れ材の場合は固定片がS35C鋼焼入れ材の組合せにおいて最も良好な耐摩耗性を示す傾向にある。これは回転片、固定片両者の硬度および組織が著しく異なるために、すべり面に凝着が起りにくいことが原因するものと考えられる。しかし焼結後焼入れした回転片とS35C鋼の組合せの場合はS35C鋼が焼入れ材であっても非焼入れ材であっても、その組合せによる耐摩耗性の優劣はあまり明瞭でない。

(4) 接触圧力の影響 (図8 参照)

接触圧力を $2.3, 4.6, 6.9 \text{ kg/cm}^2$ に変化させて試験したが、焼結金属同志の組合せの場合と同様、接触圧力が大きくなるほど回転片直径の減少量は大きくなり、焼付きも早く起こる。

(5) すべり速度の影響 (図9 参照)

摩耗試験におけるすべり速度の影響は固定片が焼結金属、S35C鋼いずれの場合も接触圧力と同様、大きくなると焼付状態が早くあらわれる。これはすべり速度が大きくなれば、すべり面の摩擦温度が高くなり、その結果、すべり面付近の含浸油が時間的に早く消耗してしまうためと考えられる。

(6) 摩擦相手材料の影響 (表3 参照)

上記の試験の範囲内で鉄系焼結金属のすべり摩耗にお

ける許容荷重を前報と同様PVの形で示すと、本試験結果ならびに前報の結果から、表3に示す値が得られる。ここにPが許容接触圧力 (kg/cm^2) Vがすべり速度 (m/min)である。

表3より回転片が焼結金属の非焼入れ材のときは固定片を焼結金属とするよりもS35C鋼と組合わせる方が良く、また回転片が焼結金属の焼入れ材のときはS35C鋼との組合せよりむしろ焼結金属同志の組合せにする方が良好な摩耗特性を示すことが認められる。これらは前者においては上述のように回転片と固定片両者の硬度、組織の著しい差によってすべり面が凝着し難く、また後者においては両者のすべり面が焼入れ硬化されているため、非焼入れ材のようにすべり面の凝着ならびに塑性流動が起こり難く、したがって含浸油の潤滑作用が良好に行なわれることに原因すると考えられる。

図8 すべり摩擦距離 $5 \times 10^5 \text{ m}$ における回転片直径の減少量に及ぼす接触圧力の影響

図7 すべり摩擦距離 $5 \times 10^5 \text{ m}$ における回転片直径の減少量に及ぼす焼結金属密度の影響

図9 すべり摩擦距離 $5 \times 10^5 \text{ m}$ における回転片直径の減少量に及ぼすすべり速度の影響

表3 鉄系焼結金属の許容PV値

回 転 片 (焼 結 金 属)			最大許容PV値* (kg/cm ² ・m/min)			
			固定片(焼結金属)		固定片(S35C鋼)	
質 別	熱 処 理	焼結密度	非焼入材	焼 入 材	非焼入材	焼 入 材
Fe系	非焼入材	5.8g/cm ³	450	—	450	600
		6.3 "	200	—	300	350
		6.8 "	—	—	200	300
	焼入材	5.8 "	—	950	950	950
		6.3 "	—	900	800	800
		6.8 "	—	700	600	600
Fe-C系	非焼入材	5.8g/cm ³	300	—	450	600
		6.2 "	200	—	300	350
		6.7 "	—	—	200	300
	焼入材	5.7 "	—	950	950	950
		6.2 "	—	800	600	800
		6.7 "	—	600	500	600

* すべり摩擦距離 $5 \times 10^5 \text{m}$ の試験結果から求めた値

4. 総 括

Fe系およびFe-C系含油焼結金属を回転片とし、S35C鋼を固定片にして両者間のすべり摩擦試験を行ない、その結果と、前に報告した同一焼結金属同志のすべり摩擦試験結果とを比較検討した。その結果、前報でも述べたように、一般に鉄系焼結金属を耐摩耗性を必要とする

機械部品に応用するときには、どのような場合も焼結金属としては焼結密度を小さくして、含浸油量を多くするとともに焼入れ処理により硬度を高めて用いるのが良策であることが再び確認された。そして焼入れ硬化せずに焼結のまま用いる焼結金属においては、焼結金属同志の組合わせとするよりも、普通鋼との組合わせにする方がよく、また焼入れ硬化して用いる焼結金属の場合は反対に焼結金属同志の組合わせにする方がよい結果が得られることが判明した。

終りに本研究を行なうにあたり焼結金属材料を提供された住友特殊金属(株)に厚く感謝する。

(1966, 4月4日受付)

参 考 文 献

- 1) 上田, 田中(政), 田中(芳): 鉄系焼結金属の摩耗特性 (1), 精密機械, 31巻1号 (1965) 94.