SiC 繊維を混合した Al 粉末合金の製造とその摩擦特性

The fabrication and the friction characteristic of an aluminum powder alloy which mixed the SiC fiber

正 林 伸和 (豊田高専) 正 小林 政教 (豊田高専)
○学 畠中 辰哉 (豊田高専専攻科)

Nobukazu Hayashi, Toyota National College of Technology, Eisei-cho 2-1, Toyota-shi, Aichi
Masanori Kobayashi, Toyota National College of Technology
Tatsuya Hatanaka, Toyota National College of Technology, Advanced Engineering Course

1. 緒言

環境への負荷が問題とされている近年、潤滑油を使わない新しい摩擦機構への関心が高まっている。そこで本研究では強度、耐摩耗性の優れる Si を 20% 含む Al 合金を粉末法により製造し、その摩擦特性を検討した。この粉末合金に SiC 粒子を混合し特性が向上したという報告があるため、ここでは混合材の有無さらに粒子形状の影響を見るため、SiC 繊維を混合した場合を検討した。

2. SiC 繊維

今回本研究に用いた繊維は炭化ケイ素系繊維で、元素成分は Si:50%, C:30%, O:18%, Ti:2% であるが、ここでは SiC 繊維と呼ぶことにする。初期形状は、直径 $13\mu\text{m}$ 、繊維長 6mm、引張強度は 3000MPa である。Al 粉末と混合するとき SiC 繊維は‘だま’ (固まり) になり易いため、ミキサーで繊維を切断しながら攪拌した。攪拌後の繊維長の平均は 0.32mm であった。Fig.1 に攪拌時間と繊維長さの関係を示す。攪拌時間 10s では‘だま’ (固まり) になっているところが多くみられ攪拌が十分ではなかった。攪拌時間 15s, 30s では繊維の長さにそれほど差がないため、本研究では攪拌時間を 30s とした。繊維径が $13\mu\text{m}$ であることから長さで繊維径の比が約 25 倍と計算でき、なお十分な長さを持った繊維であるということが言える。

Fig.1 Fiber mixing conditions

3. 実験装置

3.1 押出し装置

コンテナ内径は 30mm、パンチ先穴径は 5mm (押出し比 36) の寸法の熱間後方粉末押出しを行い、棒材を製作した。

3.2 摩擦試験機

Fig.2 に摩擦試験方法を示す。作製した押出し材先端を機械加工により球面に仕上げ摩擦ピンを作る。これをスプリングの縮みにより一定の力 N で摩擦する相手の板材 (摩擦板) に押しつける。その状態で板材に作用する荷重 F を測定しながら移動させることにより摩擦試験を行う。このとき摩擦係数 μ は N/F で求まる。

Fig.2 Method of friction test

4. 実験方法

4.1 押出し材の製造

Si を 20mass% 含有した平均粒子径 0.1mm の Al 粉末に SiC 繊維を重量比 2% (体積比約 2%) の割合で混合し、ミキサーで 30 秒間攪拌した後コンテナに詰める。冷間で予備圧縮をした後、773K まで加熱し、脱ガスのため 1 時間加熱保持した後、熱間押出しにより直径 $\phi 5\text{mm}$ の棒材を作製した。

同様の方法で Al 粉末のみで棒材を作製した。Fig.3 に押出し材製造の流れを示す。

Fig.3 Process for making Al alloy

4.2 摩擦試験

各棒材の先端を半径 26mm の球面に加工し摩擦ピンとした。表面仕上げは #1000 の耐水ペーパー研磨とした。それぞれの摩擦ピンに対し、板厚 0.6mm の工業用純 Al A1050 H24 材を相手材とし、圧縮力 9.8~92.7N、速度 1mm/sec で、ストローク 150mm まで無潤滑の摩擦試験を行った。

5. 実験結果および考察

5.1 摩擦試験結果

Fig.4 に製作した SiC 繊維混合押出し材の断面写真を示す。

Fig.5, Fig.6 に摩擦ピン荷重 19.6N, 92.7N の場合の Al 粉末のみと SiC 繊維混合 Al 粉末押出し材の摩擦試験結果を示す。Fig.7 は種々の摩擦ピン荷重における Al 粉末のみと SiC 繊維混合 Al 粉末押出し材の摩擦係数を示す。なお、Fig.7 の摩擦係数値は、いずれの場合も摩擦力の変動が小さく、ほぼ一定値となるストロークが 100~150mm 付近の値である。

SiC 繊維は均一に分布し、かつ繊維の向きが、棒材の長手方向に一樣にそろっていた。

本研究では、棒状の押出し材を摩擦材として用いるが、Fig.4 から摩擦面がある程度の摩耗が進んでも、SiC が抜け落ちることなく、安定した摩擦材料となっていることが期待できる。

(a) Longitudinal (b) Transverse
Fig.4 Photographs of cross section

Fig.5 Change of friction force in $N=19.6N$

Fig.6 Change of friction force in $N=92.7N$

Fig.7 Relation between friction coefficient and compression load

摩擦ピン荷重が 19.6N (Fig.5) のとき SiC 繊維混合 Al 粉末押出し材ははじめ焼きつきを起こすが、ストロークが 50mm および 60mm を越えると、摩擦力は低く一定値に安定した。荷重が増加し、92.7N (Fig.6) では工程の初期から焼きつきが発生しないことが注目される。

Fig.7 から、摩擦係数は 19.6N では Al 粉末のみの方が低い値を示していたが、92.7N では SiC 繊維混合 Al 粉末押出し材の方が低い値を示したことが非常に興味深い特徴といえる。

5.2 摩擦面観察

(a) No adhesion (b) Adhesion
Fig.8 Photographs of the surface

Fig.8(a) は、92.7N の摩擦痕写真である。焼きつきを起こしていないところでは(a)のように板材に残った摩擦痕は板材がへこんだ様な状態になっている。

Fig.8(b) は、19.6N のグラフ中の焼きつきを起こしているストローク 50mm 付近の摩擦痕の状態を示している。ここでは、板材は摩擦ピンにえぐられた様な状態になっている。ただし、19.6N のストローク 100mm 付近の摩擦痕の状態は、Fig.8(a) より摩擦幅は狭くなるが同様にへこんだ様な痕が残っていた。

このように、焼きつき発生の有無は摩擦面観察によって区別できるが、焼きつかないときのわずかの摩擦係数の違いと表面性状の関係については、今後の課題としたい。

6. 結言

押出し材を製造するプロセスにおいて、以下の結論を得た。

- 1) ミキサーにより Al 粉末と SiC 繊維を攪拌し、熱間後方押出しをすることにより繊維が均一に分散した押出し材を得ることができた。
- 2) SiC 繊維の向きは押出し方向に並んでに整列した。

摩擦ピンとして Al 押出し材、SiC 繊維混合 Al 粉末押出し材を用いたとき、A1050-H24 板を相手材として摩擦試験をしたところ、以下の結論を得た。

- 1) SiC 繊維混合 Al 粉末押出し材は、無潤滑の場合は摩擦ピン荷重 19.6N ではストローク 50~60mm まで周期的に焼きつきを起こすが、92.7N では焼きつきを起こさない。
- 2) 板材に残った摩擦痕の状態は、焼きつきを起こしていない場所では板材にへこんだような跡が残る、焼きつきを起こしている場所では板材は摩擦ピンにえぐられたような痕が残る。
- 3) 摩擦係数は摩擦ピン荷重が 19.6N では、Al 粉末押出し材の方が SiC 繊維混合 Al 粉末押出し材より低い値を示したが、92.7N で SiC 繊維混合 Al 粉末押出し材の方が低い値を示し、新たな摩擦材料としての可能性を示すことができた。