

## 1. はじめに

引張強さ ～ 級の鉄系焼結部品には、従来、  
% 系拡散合金鋼粉 を一般的なメッシュベルト炉  
で焼結した材料が広く用いられている。この合金鋼粉は、  
微細な非鉄金属（ ， $\text{Mn}$  ，  $\text{Ni}$  ）を純鉄粉粒子表面に拡散付  
着させた構造をしており、純鉄粉をベース粉に使用してい  
るため圧縮性が高い、焼結後に合金成分の不十分な拡散に  
起因した不均一な組織が生成するなどの特徴がある。この  
材料の問題点としては、

多量の合金を添加しているにもかかわらず、低強度の  
組織が存在するため、引張強さは ～  $\text{MPa}$

☒

純鉄粉の表面に拡散付着している合金成分（ $\text{Ni}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Mo}$ ）  
の焼結時の拡散が不十分なため、合金濃度に応じて

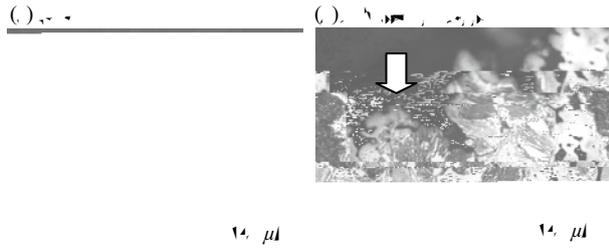


写真 2 FM600および 4Ni系合金鋼粉で作製した焼結体の疲労破面の断面組織

Photo 2 Fatigue crack propagation path observed at the cross-section of fatigue fracture surfaces of the sintered compacts made of FM600 (a) and the 4Ni alloyed steel powder mixture (b)

んど応力集中部である焼結ネック部を進展し、微細パーライト組織は進展していない。

焼結体では、 $\square$  プレアロイ粉を用いたことにより、微細パーライト組織になり、低強度のフェライトパーライト組織が生じていない。また、 $\blacktriangledown$  の添加による焼結促進と固溶強化により、疲労き裂が伝播する焼結ネック部も強化されているため、 $\square$  焼結体では高疲労強度が得られたと考えられる。

図に示した焼結体の優れた被削性は、写真に示したように、 $\square$  の焼結体は、 $\square$  系合金鋼粉焼結体に存在する高硬度のマルテンサイト組織および軟質のオーステナイト組織がなく、硬度差の少ない均質な組織であるため、切削時の断続衝撃が低減し、工具摩耗が低減したものと考えられる。

### 3. ベルト炉焼結 - 熱処理材用合金鋼粉 FM1000 の特性

#### 3.1 試料および実験方法

##### 3.1.1 原料粉

I に、アトマイズ  $\blacktriangledown$  粉 (平均粒径  $\mu\text{m}$ )  $\%$ 、天然黒鉛粉 (平均粒径  $\mu\text{m}$ )  $\%$ 、高密度成形用潤滑剤  $\%$  を添加し、偏析防止処理を行った粉末 (以下、 $\square$ ) を用いた。I シグマロイ  $\square$  に天然黒鉛粉  $\%$ 、ステアリン酸亜鉛粉  $\%$  を混合した粉末 (以下、系合金鋼粉) を比較材とした。

##### 3.1.2 試験片作製条件

これらの供試粉を成形圧力  $\text{MPa}$  で、長さ  $\text{mm}$ 、幅  $\text{mm}$ 、高さ  $\text{mm}$  の試験片に成形した後、メッシュベルト炉で、吸熱型プロパン変成ガス中、 $\text{MPa}$  で  $\text{h}$  の条件で焼結した。その後、浸炭熱処理 (浸炭:  $\text{h}$ 、カーボンポテンシャル  $\%$ 、焼入れ:  $\text{油中}$ 、焼もどし:  $\text{h}$ ) を行った。

また、切削試験用に、成形圧力  $\text{MPa}$  で、外径  $\text{mm}$ 、内径  $\text{mm}$ 、厚さ  $\text{mm}$  のリング状試験片に成形

した後、メッシュベルト炉で、吸熱型プロパン変成ガス中、 $\text{MPa}$  の条件で焼結した。

#### 3.1.3 評価方法

引張試験は、平行部径  $\text{mm}$ 、長さ  $\text{mm}$  の小型丸棒試験片を焼結後に機械加工により作製し、浸炭熱処理後に I に基づき評価した。シャルピー衝撃値は、I に準拠したノッチなしの長さ  $\text{mm}$ 、幅  $\text{mm}$ 、高さ  $\text{mm}$  の試験片を用いて測定した。ロックウェル硬度、ピッカース硬度を、I に従い測定した。回転曲げ疲労試験は、平行部径  $\text{mm}$ 、長さ  $\text{mm}$  の平滑丸棒試験片を焼結後に機械加工により作製し、浸炭熱処理後に小野式回転曲げ疲労試験機により回転数  $\text{rpm}$ 、応力比  $\%$  の条件で実施した。耐久限度は繰返し数  $\text{回}$  において破壊しない応力として求めた。組織観察は、焼結浸炭熱処理材の切断研磨面を  $\%$  硝酸アルコール溶液で腐食した後、光学顕微鏡を用いて行った。

切削試験は、 $\square$  種の超硬工具 (住友電工ハードメタル (株) 製、材質:  $\square$ 、型番:  $\square$ ) によりリング状試験片の外周を切削速度  $\text{m/min}$ 、切込み量  $\text{mm}$ 、送り  $\text{mm/rev}$  の条件で、乾式で切削した。切削時は、切削距離ごとに工具の横逃げ面の磨耗幅を観察した。

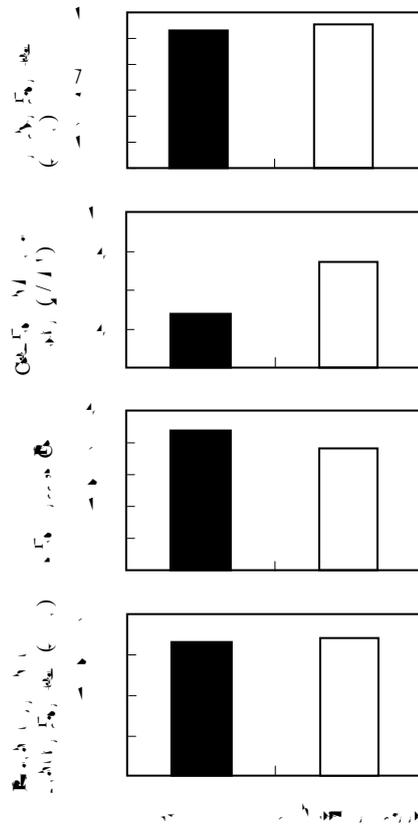
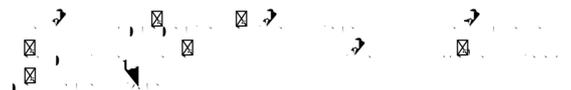


図 4 FM1000および 4Ni系合金鋼粉で作製した焼結体の機械的特性



### 3.2 実験結果

および 系合金鋼粉で作製した焼結浸炭熱処理材の機械的特性を図 4 に示す。 で作製した焼結浸炭熱処理材では、引張強さ、回転曲げ疲れ強さについては、 系合金鋼粉と同等の値が得られる。ただし、衝撃値が低く、硬さが高い。

加も疲労強度を低下させる原因として影響している可能性が高いと考えられる。

#### 4. おわりに

% Ⅹ プレアロイ鋼粉に Ⅳ 粉, 黒鉛粉および高密度成形用潤滑剤を混合し偏析防止処理を施した合金鋼粉「シリーズ」の焼結体特性を調べた。得られた主な結果を以下に記す。

- % Ⅹ プレアロイ鋼粉に %の Ⅳ 粉, %の黒鉛粉および %の高密度成形用潤滑剤を混合し偏析防止処理を施した合金鋼粉( )を用いた焼結体の引張強さ( )および回転曲げ疲れ強さ( )は, Ⅰ系合金鋼粉焼結体とほぼ同等の値が得られた。

- % Ⅹ プレアロイ鋼粉に %の Ⅳ 粉, %の黒鉛粉および %の高密度成形用潤滑剤を混合し偏析防止処理を施した合金鋼粉( )を用いた焼結浸炭熱処理材の引張強さ( )および回転曲げ疲れ強さ( )は, Ⅰ系合金鋼粉焼結体とほぼ同等の値が得られた。

, Ⅰ系合金鋼粉焼結体と比べ、いずれの焼結体も、旋削時の工具摩耗は, Ⅰ系合金鋼粉焼結体に比べ 分の1以下となっており、非常に優れた被削性を示す。

シリーズは、従来の焼結方法、条件にて焼結可能で、雰囲気などの制約はなく、被削性に優れているため、焼結部品の加工費の大幅なコストダウンが可能になり、自動車のエンジン・駆動系部品への適用が期待

えられる。これらの影響のため、粗大な気孔は引張強さより疲れ強さに対して強い影響を及ぼすと考えられる。

また、低 Ⅹ プレアロイ鋼粉を用いた焼結焼入れ材では、%の Ⅳ の添加により、き裂進展速度が %大きくなるという報告もある。Ⅳ 添加量が %に増加したときに、引張強さは低下せず、疲れ強さが低下した要因について、き裂進展速度の影響は小さくないと考えられる。

以上の結果から、%の Ⅳ 添加では、Ⅳ 液相生成による焼結促進効果が Ⅳ 液相の流出孔に起因する最大気孔径の増加に優り、疲労強度は向上するが、%の Ⅳ 添加では、最大気孔径の増加に加え、Ⅳ 添加によるき裂進展速度の増