

金属加工屑の焼結 / 再結晶を利用した微細粒材料の作製

1. 目的

研削屑は研削加工により排出される加工屑であり、処分場の逼迫などにより従来の埋め立て処理が困難になりつつある。また微細形状のため再溶融によるリサイクルが困難であることから、新たな再資源化処理技術の開発が求められている。

これまでに研削屑を Fe 源として粉末冶金的手法により金属間化合物 FeAl の作製など、廃棄物を利用した高機能材料の作製を試みてきた。近年、加工屑のリサイクル技術として、加工屑中の歪みに注目し、再結晶現象を積極的に利用した微細粒材料の作製が注目されている。固体リサイクルと呼ばれるその方法はアルミニウムやマグネシウムなど低融点材料への適用はみられるものの、加工屑の排出量が圧倒的に多い鉄鋼材料については高融点、高強度の点から報告は少ない。

本研究では放電プラズマ焼結 (SPS) 装置により研削屑の固化成形を試み、その際の再結晶現象を利用した微細粒材料の作製を目的とした。

2. 実験方法

研削屑は鍛造品 (SUJ2) を研削加工したものをを用いた。遠心分離器を用いて研削液を分離後、353K で 1 日乾燥させたものを供試材料とした。

SPS 装置として住友石炭鉱業製 SPS-1050 を用いた。焼結型は 30mm/10.5mm × 30mm の中空円筒ダイスおよび 10mm × 30mm のパンチを用いた。いずれも高強度黒鉛 (ISO68) を用いた。ダイス内壁に 0.2mm 厚の黒鉛紙を用いて焼付きを防止し、粉末を充填後、上下電極により加圧 (<60MPa) した。そしてチャンパー内を真空 (<5Pa) に排気後、通電加熱により焼結温度 (<1273K) まで昇温 (1.67K/s)、保持 (<1800s) を行った。温度は R タイプの熱伝対を用いてダイスの内壁から 1mm 位置で測定した。

得られた試料の観察は 5% ナイタルで腐食後、光学顕微鏡および走査型電子顕微鏡で行った。機械的特性についてはピッカース硬度および 3 点曲げ強度試験を行った。

3. 結果および考察

まず研削屑の緻密化挙動について調査した。高温、長時間、高圧力の条件において、緻密化が進行した。また相対密度 80% 以下では形状が保持できず、焼結条件の制御のみでは多孔体の形成は困難であった。一般に塑性流動によって緻密化が進行する場合、相対密度 D 、焼結温度 $T(K)$ および保持時間 $t(s)$ の間に

はアレニウス型の温度依存性を示す定数 $K(T)$ を用いて (1) 式が成り立つ。

$$\ln(1-D) = K(T) \cdot t \quad (1)$$

これより縦軸を $\ln(1-D)$ としたアレニウスプロットの結果、低温、短時間側では良好な直線関係が得られたことから、研削屑の緻密化初期段階においては塑性流動が律速過程であると考えられる。また高温、長時間側で直線関係からずれが生じたが、これは緻密化過程が途中から体積拡散が律速すること、および研削屑の大きさにばらつきがあり塑性流動と拡散による緻密化が同時に進行したためと考えられる。

組織についてはパージン材では数 mm 程度の球状炭化物がパーライト中に分散した状態であるが、焼結したものは再結晶により生じた非常に微細なパーライト組織であった (Fig. 1)。

特性については研削屑を利用すると、砥粒および微細組織のため硬度が上昇することがわかった。また SPS 装置を用いると焼結時に浸炭現象が生じ、内部から表面へ向かって傾斜的に硬化することがわかった (Fig. 2)。

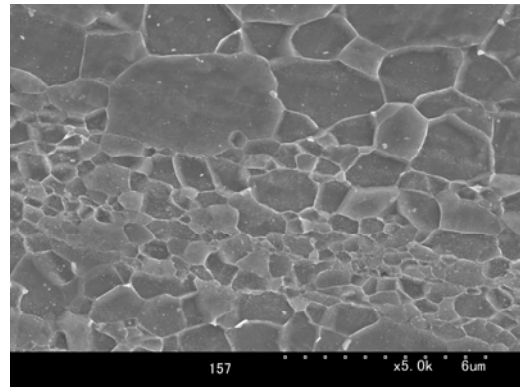


Fig.1 Microstructure of sintered specimen. (SPS condition:700 , 180s holding, 60MPa)

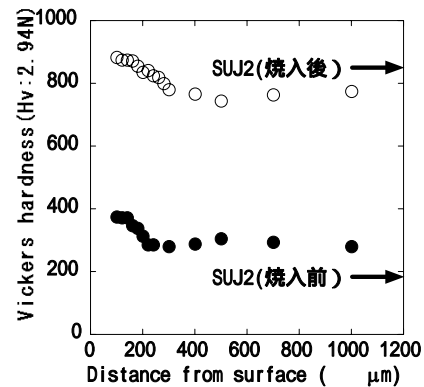


Fig.2 Vickers hardness distribution.