515

微粒子ピーニングを施した 工業用純鉄の元素拡散能の評価

慶應義塾大学[院] 〇廣田遥 慶應義塾大学[院]

小茂鳥潤

菊池将一

Effect of Fine Particle Peening (FPP) Treatment on Elemental Diffusivity of Pure Iron Yo HIROTA, Shoichi KIKUCHI and Jun KOMOTORI

1緒 言

近年,複数の表面処理を組合せた複合表面改質処理の 開発¹⁾とその実用化が期待されている.なかでも著者ら は,窒化や酸素拡散処理などの元素拡散を伴う熱処理の 前処理として微粒子ピーニング(Fine Particle Peening; FPP)を利用することを目的として研究を行っている²⁾.

ピーニングを施した場合,被処理材の表面では結晶粒 が微細化し,高転位密度の組織が形成される.一般に, 転位は元素の拡散路となることから,FPP処理面は高い 元素拡散能を有する可能性がある.FPP処理面がこのよ うな機能を有する場合,熱処理の前処理としてFPP処理 を利用することにより,熱処理を単独で用いる場合と比 較して多量の元素を処理面に添加し,高い表面改質効果 を実現できるものと考えられる.

本研究では、種々の熱処理の前処理としての FPP 処理 の有効性について検討を加えるため、FPP 処理を施した 工業用純鉄の元素拡散能について調べることとした.具 体的には、FPP 処理後に酸素拡散(Oxygen Diffusion; OD) 処理を施した試験片を作製し、FPP 処理により形成され る組織が酸素拡散挙動に及ぼす影響について検討・考察 を加える.

2 実験方法

供試材として異種元素の含有量が少ない工業用純鉄 を用いた.同材を厚さ4mm, Ø15mmの円盤型に機械加 工した後,表面を#320-#1000の耐水研磨紙を用いて研 磨した.これに対して高速度工具鋼(SKH59)の投射粒 子(946HV,直径63µm)を用いてFPPを施した.なお, FPPは,吸引式投射装置を用い,投射圧力0.6MPa,投射 間距離100mm,投射時間0.05秒~30秒の条件の下で行 った.また,FPP処理材の元素拡散能を評価するために, 未処理材およびFPP処理材(30秒)に対してOD処理を 施した試験片を作製した.(以下,ODシリーズ)なお, OD処理条件は,処理温度500℃,処理時間30分間,加 熱雰囲気は窒素80%,酸素20%とした.

各試験片の表面分析には, 走査型電子顕微鏡 (Scanning Electron Microscopy; SEM), X線回折 (X-Ray Diffraction; XRD) 装置, グロー放電発光分光分析装置 (Glow Discharge Optical Emission Spectrometry; GDOES) および エネルギー分散型 X 線分析装置 (Energy Dispersive Spectroscopy; EDS) を用いた.

3 実験結果および考察

慶應義塾大学

3.1 表面組織の変化に及ぼす FPP 処理時間の影響

Fig.1 に FPP 処理材(10 秒,30 秒シリーズ)の縦断面 を SEM により観察した結果を示す.同図より,FPP 処 理材の表面近傍には渦状の特異な組織が存在している ことがわかる.また,10 秒シリーズと30 秒シリーズの 渦状組織を比較すると,処理時間の増加に伴いその厚さ が増加する傾向が認められる.

さらに、SEM を用いて 30 秒シリーズの表面近傍に形成 された渦状組織を高倍率で観察した結果を Fig.2 に示す. 同図より,渦状組織の内部には、多数の空隙が存在して いることがわかる.このことから,渦状組織は粒子の衝 突により生じた基材表面の凹凸や割れがさらなる粒子 の衝突により繰返し折畳まれることにより形成された ものと考えられる.したがって,処理時間の増加に伴い, 折畳み過程の回数が増加し、その結果,渦状組織の厚さ が増加したものと考えられる.

このような組織について詳細な考察を加えるため, XRDによる処理面の結晶構造分析を行った.その結果, FPPによる回折プロファイルの変化は認められなかった ものの,各ピークの幅(半価幅)は処理時間の増加に伴 い変化することが明らかとなった.Fig.3に(110)面の半 価幅の測定結果を示す.半価幅は組織の転位密度と高い 相関性を有しており、半価幅が大きいほど高転位密度で



Fig.1 SEM images of FPP treated specimen



Fig.2 SEM image of the local stratification pattern (0.6MPa, 30sec)



あると考えることができる.同図より,比較的短時間(1 秒間)の処理により半価幅が急激に増加している.これ は,処理の初期段階において多量の転位が発生している ことを示すものである.また,1秒を超えた領域では, 半価幅の値は飽和する傾向が認められる.前述したよう に,長時間の処理では処理面の折畳み変形により,深さ 方向に変形が進展し渦状の特異な組織が形成される.こ のことを考慮すると,渦状組織は最表面と同様に多量の 転位を含むものと考えられる.

3.2 FPP 処理により形成される組織の元素拡散能

FPP 処理を施した試験片の元素拡散能を評価するため, FPP 処理材および未処理材に OD 処理を施した試験片に 対して,GDOES による処理面極近傍(深さ2.5μm 程度) の元素量分析を行った.Fig.4 にその結果を示す.同図よ り,未処理材と FPP 処理材の結果を比較すると,前処理 として FPP 処理を施すことにより,酸素拡散層の厚さが 増加する傾向が認められる.これは FPP 処理により発生 した転位により酸素の拡散が促進されたことに起因す るものと考えられる.

次に処理面からより深い領域での酸素の拡散状態を 観察するため,OD 処理を施した各試験片の処理面近傍 の縦断面を EDS により分析した.Fig.5 にその結果を示 す.同図より,未処理材の場合には,酸素元素は最表面 でのみ認められる.それに対して FPP 処理材の場合には, 厚い酸素拡散層が形成されており,とくにその拡散箇所 は FPP 処理により形成された渦状組織と一致している



Fig.5 SEM and EDS images of OD series



Fig.6 Higher magnification SEM and EDS images of FPP/OD series

ことがわかる. さらに, FPP 処理材の酸素拡散層を詳細 に観察した結果を Fig.6 に示す. 同図より, FPP 処理材 の場合には,最表面だけでなく内部にも酸素の拡散層が 存在することがわかる. とくに,酸素は渦状組織の空隙 に沿って拡散している. これは酸素ガスが FPP 処理時の 折畳み変形で形成された空隙を介して内部に侵入した ためと考えられる.

以上の結果より, FPP 処理材はその表面に多量の転位 と空隙を含むため,未処理材と比較して厚い酸素拡散層 を形成することが明らかとなった.このことは FPP 処理 材が高い元素拡散能を有することを示しており,種々の 熱処理の前処理として FPP 処理を導入することの有効 性を示すものである.

4 結 論

本研究では,種々の熱処理の前処理として FPP 処理を 用いる有効性について検証するため,FPP 処理により形 成される表面組織の結晶構造およびその組織の元素拡 散能について検討を加えた.以下に得られた知見を示す.

- (1) FPP 処理により純鉄表面には比較的短時間で高転位 密度の渦状組織が形成されることが明らかとなった.
- (2) FPP 処理材はその表面に多量の転位と空隙を含むため、未処理材と比較して高い元素拡散能を有することが明らかとなった.この結果は、FPP 処理が熱処理の前処理として有効であることを示すものである. 参考文献
 - 江上登,加賀谷忠治,井上宣之,竹下弘秋,水谷
 馨,日本機械学会論文集A編, 66,118(2000).
 - S.Kikuchi, J.Komotori, Proc. M&M international symposium for young researchers, 173(2008).

-363-