

2007年 1月 15日

機能材料 工学専攻	学籍番号	049202
申請者氏名	Li Jinguo	

指導教員氏名	梅本 実
--------	------

論 文 要 旨(博士)

論文題目	Formation of ultrafine grained structure by severe plastic deformation in steels (鉄鋼材料の強加工による超微細粒組織の形成)
------	--

(要旨 1,200字程度)

超微細粒組織を有する金属材料の作製は、金属材料の機械的特性を向上させる有力な方法のひとつである。これまでに、多くの微細粒組織形成の方法が提案されてきたが、その中でも強加工(severe plastic deformation : SPD)は、汚染や気孔の混入のない超微細粒組織を形成することができるため、現在注目を集めている。しかしながら、SPDによる超微細粒組織形成の条件については明らかとなっていない。そこで本研究では、炭素鋼に機械加工(ドリル加工及びハードターニング加工)、摩擦加工、高圧下ねじり (high pressure torsion : HPT) 加工などのSPDを行い、加工後に形成される組織について調査した。

機械加工及び摩擦加工を行った試料の組織観察から、加工後の組織は加工条件、母相の硬さ及び変形過程に大きく影響することがわかった。機械加工において、母相の硬さや切削速度が低い時、表面に高転位密度の変形組織が形成された。一方で、母相の硬さが高い試料に対して高切削速度で機械加工を行った場合、表面に白層(white etching layers : WELs) が形成されることが分かった。加えて、ドリル加工により形成されたWELの最表面に、等軸ナノ結晶粒(平均結晶粒径数10 nm)組織が形成されていることが分かった。また、ハードターニング加工により形成されたWELの最表面には等軸サブミクロン組織が形成されていた。WELの厚さは送り速度、切削速度及び母相の硬さの増加に伴いが増加した。また、WELは黒色層と明瞭な境界を示し、母相と比較して非常に硬く、熱的安定性に優れていることが分かった。XRD測定の結果から、機械加工中にマルテンサイト( $\alpha'$ )相から $\gamma$ 相への加工誘起相変態即ち動的相変態(Dynamic phase transformation : DPT)が起こっていることがわかった。微細粒組織に基づく歪量、歪勾配及び温度上昇の評価から、高速機械加工では表面近傍において高歪量、大歪勾配及び顕著な温度上昇が導入されることが明らかとなった。つまり、超微細粒組織は高歪速度及び大歪勾配を伴うSPDにより誘起されたDPTが起きたWELに形成される組織であると考えられる。

ハードターニング加工により形成された試料表面のWELに対してより詳細な解析を行った結果、一定条件において、切刃先端、右下及び切刃後部において3種類の異なる変形過程が観察された。二度のDPTを起こした切刃後部では、一度だけDPTを起こした切刃先端と比較してより微細な結晶粒となっていた。さらに、ドリル加工ではより微細な結晶粒が得られた。これはドリル加工では切削、摩擦及びすべりのような多種の加工がドリル穴表面に生じるため、複合的なDPTを起しやすいためである。また、高速度摩擦加工試料表面の組織を観察したところ、複合的なDPTを起こした表面において等軸ナノ結晶粒が観察された。比較的低温でDPTを起こすことができるSUS304に対して室温でHPT加工を行った結果、高回転速度・回転回数でHPT加工を行った試料において 相の等軸ナノ結晶粒が生成していることが確認された。XRD測定から、高回転速度でのHPT加工中に、SPD誘起動的相変態( $\alpha \rightarrow \gamma$ )及び動的逆変態( $\gamma \rightarrow \alpha$ )が起きていることが明らかとなった。

以上より、高歪速度及び大歪勾配を伴ったSPDにより誘起されるDPTが、超微細粒組織を得るための最も有利な条件である。加えて、複合的なDPTはさらに微細な組織を得ることができる。