

ミニ特集 「超強加工により形成する組織写真集」 ～従来の加工組織との共通点・相違点～ に寄せて

Preface to the Mini Special Issue "Photograph Collection of Microstructures Produced by Severe Plastic Deformation"

梅本 実 豊橋技術科学大学
生産システム工学系 教授
Minoru Umemoto

はじめに

本ミニ特集は超強加工によって形成する組織を理解いただくために、種々の加工方法で超強加工して形成された組織写真を集めたものです。バルク材や材料表面で超強加工を受けた材料の組織写真17編が掲載されています。本ミニ特集は種々の材料、種々の加工方法で形成された超強加工特有の組織をビジュアルに比較し、超強加工材の組織の共通の特徴を理解して頂くことを目的としています。掲載記事の内容は1) 超強加工バルク材の組織・力学特性、2) バルク超強加工材の組織、3) 表面・局部超強加工により形成する組織、4) 現場で生じる超強加工により形成する組織、に分類できます。これらは2005年4月から活動している、日本鉄鋼協会材料の組織と特性部会傘下の「超強加工の材料科学研究会」の研究成果の一部を纏めたものであります。

鉄鋼材料の超強加工としてはパーライト鋼の伸線加工が代表的です。フェライトとセメンタイトのラメラ構造が伸線加工後も保持されることから、加工硬化率が大きく、フェライト単相と比較して小さな歪みで高い強度が実現できます。そのため伸線パーライト鋼線は橋梁用ロープや自動車用タイヤのスティールコードとして使われています。伸線パーライト鋼線は真歪が大きくなると加工硬化率がさらに大きくなることから、セメンタイトの分解固溶が強化に寄与しているのではないかと注目されています。つまり超強加工は組織を機械的に微細化するだけでなく、炭化物の分解固溶をもたらし、そのことが高強度化を一層促進します。このように、パーライト鋼では超強加工はすでに工業的に利用され、実用化されています。パーライト鋼線のように製造段階で超強加工を加える場合以外に、使用中に大きな変形を繰り返し受ける場合があります。レールの表面や、金属同士が接触する機械部品表面です。歪速度が高い場合には加工発熱による温度上昇によってオーステナイトに変態し、冷却中にマルテンサイトに変態し白層として観察される場合もあります。また軸受けのように転がり疲労で局所的に大きな歪みが蓄積され、結果的に超強加工を受けたのと非常によく似た組織を呈する場合もあります。

これら金属材料における超強加工による組織と特性の変化を解明することは、材料の高強度化や部品の長寿命化に取って重要であります。しかし、これまでは超強加工を加工条件を制御して定量的に施す適切な手段がなかったため十分な研究は行われてきませんでした。1980年代に、ECAP (Equal-Channel Angular Pressing) 法、ARB (Accumulative Roll Bonding、繰り返し重ね接合圧延) 法、HPT (High Pressure Torsion、高圧ねじり) 法などの「形状不変加工」と呼ばれる新しい加工方法が開発されました。これらの加工法は試験片の形状が加工前と加工後で変わらない事の特徴としており、原理的には無限大の大きさの歪みを与えることが可能です。また試験片サイズの影響を含まない加工の効果を測定する事が可能です。これらの形状不変加工方法を使って真歪4以上の大きな加工領域の研究が進められました。その結果、転位セル組織を越えて加工を加えると、結晶粒界が加工により作られ、元の結晶粒が分断されるという現象“grain subdivision”が起こることが見いだされました。この組織は焼鈍しても従来の静的再結晶を起こさず、粒成長のみを示します。そのため超強加工で超微細結晶粒組織が生成する現象は連続再結晶と呼ばれています。また表層の超強加工では粒径が10-20nmの等軸ナノ結晶組織が生成することが明らかとなりました。本ミニ特集ではこれらの新しい加工方法による最新の研究成果を集めました。

本ミニ特集では従来の加工と異なる超強加工特有の組織写真を集め、読者の理解を得ることを目的に企画しました。超強加工に関しては「鉄と鋼」の特集号「金属材料の組織と機械的特性に対する超強加工の効果」(2008年12月号)にレビュー論文を掲載していますので是非お読み下さい。このミニ特集が超強加工への皆様の関心を集め、超強加工を利用した新しい材料開発の糧となる事を期待しています。

(2008年10月30日受付)