

北大院 ○清水竜也 北大工 浜田弘一, 義家敏正, 高橋義美, 岡田亜紀良, 石田巖

【目的】

金属材料が様々な加工を受けて実用に供される場合、製品表面には、それぞれの加工方法に応じて内部素地とは異なる加工表面層をもつために製品の摩耗、耐久性、精度などに影響を及ぼす。本研究では加工法の特性を評価するために、数種の加工（研磨、切削、放電加工、レーザー加工）を施した純 Ni と SUS 316 の加工表面層の表面から深さ方向への微視的組織の変化を、クロスセクション法及びバックシンニング法を用いて透過電子顕微鏡（TEM）での観察を行った。さらに、放電加工した試料についてはEDX分析を行った。

【試料】

使用した試料は、純 Ni（純度 99.99%）と SUS 316 である。これらを 0.2mm と 0.5mm に圧延したものを、結晶粒を粗大にするために、Niは真空中900°C、1時間の焼鈍、SUS 316 は真空中 1050°C、1時間の焼鈍および急冷による溶体化処理を行った。

【加工方法】

- (a) 研磨: ダイヤモンドペースト（粒径 0.3 μm）によるバフ布上での研磨。
- (b) 切削: 旋盤によりイグタロイ三角チップ使用
切削速度: 0.37 m / sec, 送り: 0.05 mm
切込み: 0.05 mm
- (c) 放電加工: 三菱放電加工機（DIAX DK280）
工具電極: 銅（+）, パルス幅: 2 μs
休止時間: 2 μs
- (d) レーザ加工: 東芝 LAR - 114 型
発振波長: 694.3 nm, パルス幅: 約 1 ms,
出力: 0.1, 0.3, 0.9, および 2.0 Joule
- 以上、(a)～(d)の加工を各試料の片面にのみ施した。

【TEM試料作製法】

- (a) バックシンニング法
加工を施した試料から、直径 3 mm のディスクを打ち抜き、表面を観察する場合は、加工表面に向い合わせに試料と同材質でやや厚めのディスクをかぶせて、両面から電解ジェット研磨を行った。また、内部を観察する場合は、見たい深さを考慮して試料よりやや薄いディスクをかぶせて、両面から電解ジェット研磨を行った。

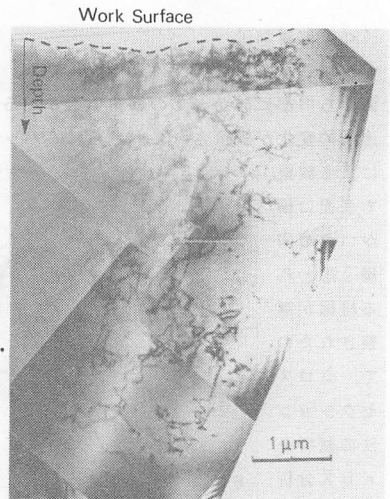
(b) クロスセクション法

加工を施した試料の両面に Ni を厚くメッキしたものを、加工面に垂直にスライスし、それを直径 3 mm のディスクにした後、加工面とメッキ面の界面付近を電解ジェット研磨で薄くした。

【実験結果】

(a) 研磨

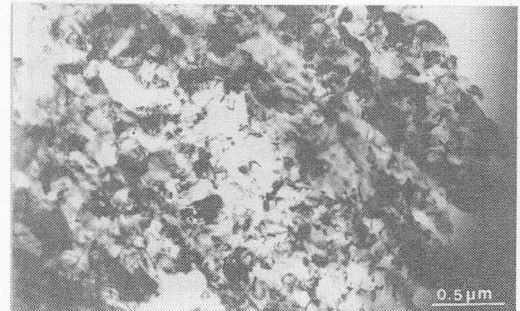
表面には非常に細かいセル組織が存在した、そして内部に向かって徐々に連れて転位のタングルへと変化し約3~5 μm の深さで内部素地とほぼ同じになっていた。



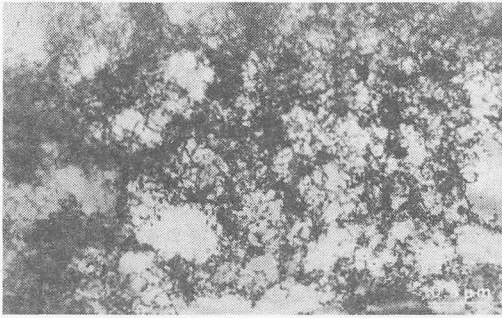
研磨した Ni の
クロスセクション法による TEM 像

(b) 切削

表面には切削方向にのびた強加工組織と一部それが回復したものがみられた。表面より内部では、回復が進行したセル組織、細かなセル組織、大きなセル組織へと変化していた。また、この加工組織はセル間の方位差が大きい特徴があった。



切削した Ni の
バックシンニング法による TEM 像（表面）



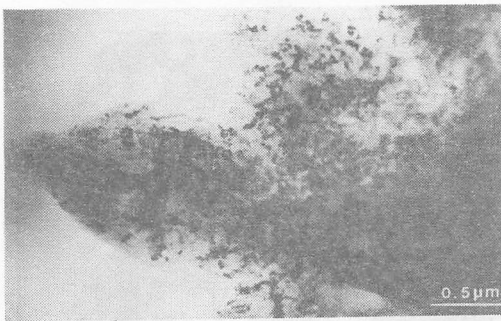
切削した Ni の
バックシンニング法による TEM 像 (75 μm)

(c) 放電加工

クロスセクション法による観察では、写真のように表面から内部に向かっての細かいセルから大きなセルへの連続的变化が観察された。さらに、バックシンニング法による観察



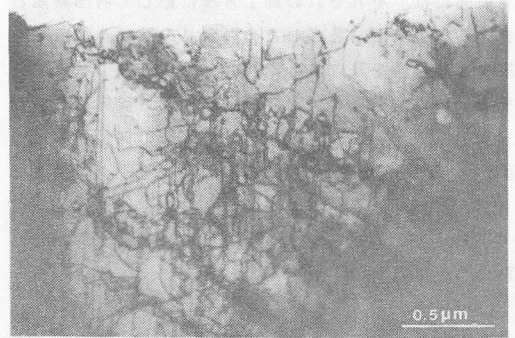
放電加工した Ni の
クロスセクション法による TEM 像



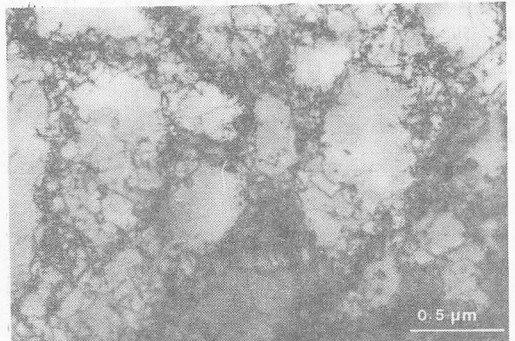
放電加工した Ni の
バックシンニング法による TEM 像 (表面)

(d) レーザ加工

バックシンニング法による観察で、溶融した表面には転位は転位網として存在し、内部に向かうにつれてセル組織を形成していた。またレーザー照射によりあけられた孔周辺にのみ転位組織が観察された。その範囲は、クロスセクション法による観察によると、孔の中心から半径約 1 mm (Ni 、出力 2.0J の場合) であった。



レーザー加工した Ni の
バックシンニング法による TEM 像 (表面)



レーザー加工した Ni の
バックシンニング法による TEM 像 (100 μm)

【まとめ】

- 1) 切削加工と比較し、研磨は加工熱や塑性変形量が小さいために、その加工表面には強加工組織や回復組織が形成されないと考えられる。
- 2) 放電加工にみられるセル組織は疲労組織に類似しているが、これは放電時の加工表面の急激な溶融、凝固による繰り返り熱応力で形成されたと考えられる。
- 3) レーザ加工の表面も放電加工と同じく、急激な温度変化を受けているが、そこには放電加工のような微細な再凝固層は存在しなかった。これは加工が空気中で行われたことや、溶融部分が放電加工に比べて大きかったことなどの理由により、再凝固における温度降下がゆるやかであったためと思われる。