

403 微粒子ピーニングとELID研削との複合処理により創製した表面テクスチャがSUS316L鋼の摩擦摩耗挙動に果たす効果

(独) 理化学研究所 ○亀山 雄高, Sichuan Univ. Yu Zhou
(独) 理化学研究所 加藤 照子, (独) 理化学研究所 大森 整

Effect of surface texturing with a combination of fine particle peening and ELID grinding on the tribological properties of SUS316L steel

Yutaka KAMEYAMA, Zhou Yu, Teruko Kato and Hitoshi Ohmori

1 緒言

摺動部や締結部を有する人工関節や骨固定プレートなどの金属製医療用インプラントに摩耗が生じると、腐食や疲労が促進され、生成した摩耗粉の毒性に伴い周辺の生体組織に病変が生じるなどの悪影響がもたらされる。したがって金属系生体材料にとって摩耗の抑制は特に重要な課題である。摩擦・摩耗特性を支配する要因の一つとして、表面の微細な凹凸形状(テクスチャ)が挙げられる¹⁾。本報では、骨固定用プレートなどに用いられるSUS316L鋼の摩擦・摩耗特性を改善することを目指として、微粒子ピーニングとELID(電解インプロセスドレッシング)研削加工を複合的に施すことによりテクスチャ面を形成する手法を提案した。作製したテクスチャ面が摩擦係数や摩耗挙動に及ぼす影響について検討・考察を加えた。

2 実験方法

SUS316L鋼をφ25mm, t=4mmの円盤状に機械加工した後、片面をELID研削により平滑な状態に仕上げた(Eシリーズ)。この面に対して、微粒子ピーニングとELID研削加工を組み合わせることで、3種類のテクスチャ面を作製し試験片とした。すなわち、微粒子ピーニングを施した試験片(Fシリーズ)、Fシリーズに対してELID研削により凹凸面の上端から深さ方向に0.5μmおよび1.5μmの範囲を除去した試験片(FE0.5シリーズ、FE1.5シリーズ)である。なお、微粒子ピーニングは自作の吸引噴射式ピーニング装置(ノズル径φ7)を用いて行った。その際の条件は、粒子#360SiC(粒径約φ50μm)、投射圧力0.55MPa、ノズル距離30mmとした。また、被処理材はX-Yステージ上に設置し、試験面全面が均一に処理されるように3回繰返して走査した。走査速度はX方向150mm/s、Y方向1.75mm/sとした。また、ELID研削の仕上げ加工時にはメタルレジンボンドダイヤモンド砥石(#8000)を用いた。

以上に述べた試験片について、ボールオンディスク往復摺動形式の摩擦・摩耗試験を行った。試験は全て室温、大気中、無潤滑下において行った。相手材にはφ10mmのアルミナボールを用いた。垂直荷重は1.96N、摺動距離は片道5mm、摺動速度は10mm/minとした。なお、本実験

では、作製したテクスチャ面の基本的な摩擦・摩耗特性を明らかにすることに主眼をおいたため、生体類似環境中での試験は行っていない。

3 実験結果および考察

作製したテクスチャ面の形状的特徴について評価するため、FE0.5シリーズの表面をSEMにより観察した結果をFig.1に示す。同試験片の表面には、平坦な領域(以下Plateauと称する)が存在していることがわかる。同じような特徴は、FE1.5シリーズの表面においても認められた。このPlateauは、微粒子ピーニング処理により形成されたテクスチャの凸部がELID研削で除去され形成されたものである。それに伴ってこれらの試験片の表面粗さは、Fシリーズのそれよりも小さな値を示している(Table1)。Table1には共焦点レーザー顕微鏡を用いてPlateauが占める面積率を解析した結果も併せて示してある。ELID研削の総切込量が大きいFE1.5シリーズにおいて、Plateauの面積率が大きくなっていることがわかる。

Fig.2に摩擦・摩耗試験の結果を示す。表面にPlateauを有するFE0.5シリーズとFE1.5シリーズの摩擦係数は、極めて対照的な挙動を示している。すなわち、大面積のPlateauを有するFE1.5シリーズの場合にはF、Eシリーズよりも摩擦係数が高い値を示している一方で、



Fig.1 Typical feature of surface texture (FE0.5 series)

Table1 Surface roughness and ratio of plateau area

	F	FE0.5	FE1.5	E
R_a	0.428	0.351	0.231	0.0062
R_z	2.86	2.27	1.64	0.056
Plateau ratio	0%	13%	52%	100%

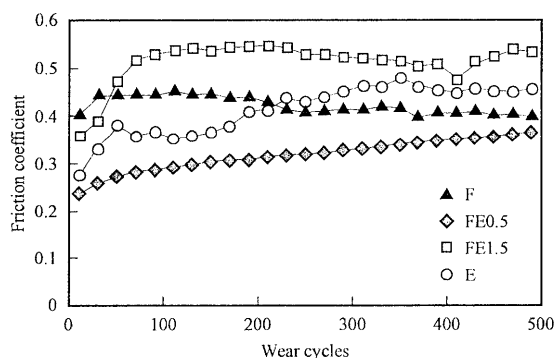


Fig.2 Friction coefficient as a function of wear cycle

小面積のPlateauを有するFE0.5シリーズの摩擦係数はF、Eシリーズのそれよりも低い値を示す傾向が認められる。この結果は、表面に形成されたPlateauの面積率に依存して摩擦・摩耗挙動が著しく変化することを示唆している。今回実験を行った範囲では、比較的小さな面積率のPlateauを作成することで、平滑面や微粒子ピーニング処理面よりも摩擦の低減を図れることが明らかとなった。

1000往復の摩擦・摩耗試験後に各試験片の摩耗面を観察した結果をFig.3に示す。摩耗面は試験片の種類ごとに異なる様相を示している。まず、Eシリーズの摩耗面(同図(a))には摺動方向に沿って規則的かつ明瞭なスクラッチ痕が認められる。同じような様相はPlateau面積率の大きいFE1.5シリーズの摩耗面(同図(b))でも部分的に認められる。一方、同シリーズの摩耗面には摩耗粉がフィルム状に堆積(トライボフィルム)した部分も認められる。Fシリーズ(同図(d))の摩耗面の場合にはほぼ全体がトライボフィルムに覆われている。また、Plateau面積率の小さいFE0.5シリーズ(同図(c))は他者と比較して摩耗が軽微であり、凹部が完全には摩耗せず残存している様子が観察される。

以上に述べた摩耗痕の様相から考えられる摩耗メカニズムを以下に述べる。まず、表面が平滑であるEシリーズの場合には、生成した摩耗粉は摺動面上から排除されずに相手材と試験片との間に介在した状態となっていたものと考えられる。介在した摩耗粉による三元アブレシブ摩耗によって、Fig.3(a)のように摩耗面に多数のスクラッチ痕が形成されたものと考えられる。一方、Fシリーズの摩耗初期においては、テクスチャの凸部が脱落して摩耗粉が生成し、それらが凹部にトラップされて摺動面から排除されるという挙動が生じていたものと考えられる。その結果、Eシリーズで生じていたような三元アブレシブ摩耗は生じず、摩耗形態はマイルド摩耗となっていたものと推測される。この推測は、Fシリーズの摩耗面の幅がEシリーズのそれと比較して小さいという事実(Fig.3(a)および(d))と矛盾しない。観察されたトライボフィルムは、マイルド摩耗によって生成した微細な摩耗粉が堆積した結果形成されていたものと考えられる。すなわち、表面

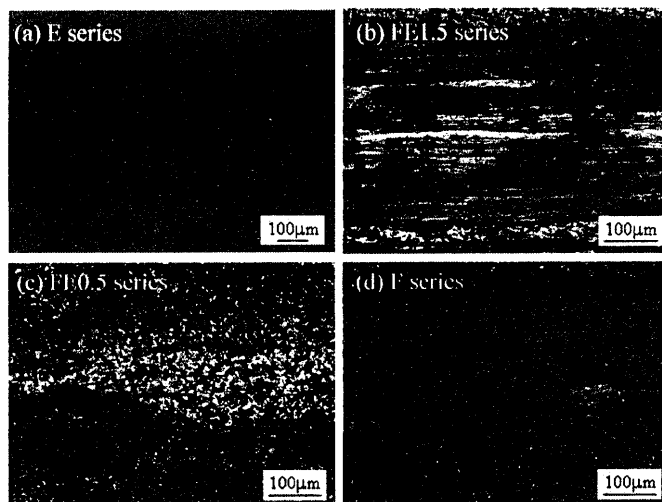


Fig.3 Typical feature of wear track after 1000 cycles of wear test

のテクスチャは摩耗粉を摺動面から除外し、摩耗を抑制する効果があるものと考えられる。

このような微粒子ピーニング面へPlateauを形成した場合には、表面の凸部が除去されているため初期摩耗の抑制が期待できる半面、凹部の体積が減少するため摩耗粉を摺動面から排除する作用が少なくなることが考えられる。すなわち、Plateau面積率の大きいFE1.5シリーズの場合には、Plateau部において生成した摩耗粉の一部が凹部にトラップされることなく残存し、結果としてEシリーズと同様なスクラッチ痕が形成される場合があったものと考えられる。一方、FE0.5シリーズの場合には初期摩耗が効果的に軽減されるとともに、テクスチャ凹部による摩耗粉排出作用が効果的に作用し、極めて摩耗の少ない状態が実現できたものと考えられる。また、形成されたテクスチャが長期にわたって残存することで、相手材と試験片との真実接触面積が少ない状態が維持され、結果として同材の摩擦係数が他者よりも低い値を維持したものと推測される。以上のように考えれば、Fig.3に示した摩耗面の様相とFig.2に示した摩擦係数の経時変化挙動について、合理的に説明することができる。

4 結言

本研究では、台地状の平坦部(Plateau)を有するテクスチャを作製することによって、SUS316L鋼の摩擦・摩耗特性の改善を試みた。その結果、適当な面積率のPlateauを有する表面を作製することによって摩耗が軽減でき、ドライ環境下での低摩耗化も図れることを見出した。これらの効果は、Plateauの形成により初期摩耗が抑制されること、テクスチャの凹部に摩耗粉がトラップされ、アブレシブ摩耗が抑制されることによってもたらされるものである。

5 文献

- 1)西村他：精密工学会誌，66，10，pp.1594-1598，(2000)