905 複合電解研磨法による金型の鏡面仕上げ

Mirror finishing of mold using combined electropolishing

○学 中田 雄三 (岩手大院)
正 岩淵 明 (岩手大)

正 清水 友治 (岩手大)

Yuuzou NAKADA, Iwate University, 4-3-5 Ueda, Morioka 020-8551

Tomoharu SHIMIZU, Iwate University

Akira IWABUCHI, Iwate University

Key words : Polishing, MR fluid, Combined electropolishing, Passivation

1. 緒言

金型加工方法の1つとして用いられている放電加工は、超合金のような他の機械加工法では加工が困難な高硬度材料でもきわめて容易に加工できるという特徴がある。一方で加工表面が激しい熱影響を受け、油の分解により生じた炭素が高温高压下で浸炭し、炭素含有量の高い状態で硬度の高く粗い梨肌状の加工変質層を形成する。この粗い表面は金型の表面の精度を悪化させ、また金型自身の寿命を悪化させるため十分に表面の研磨を行い、粗さを取り除く必要がある。この梨肌状を呈した加工変質層の研磨の多くは、未だにオイルストーン、ラッピングストーン等の手工具や、ハンドグラインダ等の電動工具による手作業に頼り数段階に分けて研磨が行われており、研磨時間が全加工工程時間に占める割合は少なくないというのが現状である。

本研究では、電解研磨法に機械的摩擦を加えた複合電解研磨法を金型研磨に適用する。複合電解研磨法では電気化学的作用と機械的摩擦の相乗効果により、いっそう激しい表面反応が生じ研磨時間が短縮できるものと考えられる。これまでの研究では#800の砥粒を用い、アルミナ球により研磨を行った。その結果、 R_y で $3\mu\text{m}$ 程度の表面を得ることができた⁽¹⁾⁽²⁾。しかし、この方法では鏡面まで仕上げることは困難であった。本報告では、金型の鏡面仕上げを目標に、複合電解研磨法にMR流体(Magneto rheological fluid)を用いて往復運動の摩耗試験機により研磨の基礎実験を行う。

2. 複合電解研磨実験

2.1 実験装置及び試験片

本研究で使用した実験装置の概略図をFig. 1に示す。本装置は、モータの回転運動を偏心機構を介して直線往復運動に変換する往復直線すべり摩耗試験機である。上部試験片として、永久磁石によって保持されたMR流体が取り付けられており、研磨を効率よくするためにそのMR流体の中には#800アルミナ砥粒1g、また Na_2SO_4 溶液中にも5gが混ざっており、死荷重により上部試験片を下部試験片に押し付けた。ここでは磁力の影響を避けるため下部試験片には、SUS304を使用した。形状は直径16mm、長さ20mmの円筒状であり、上部試験片との接触面側には、放電加工が施されている。

2.2 電気化学的構成

電解液は、濃度 0.1mol/l の Na_2SO_4 溶液(pH:7.0)150ccを使用し、参照電極として飽和カロメル電極(SCE)を用いた。また対極電極として白金電極を用いた。作用電極は、ポテンショスタットを用いて所定の電位に制御した。

2.3 実験条件及び実験方法

下部試験片は実験前にアセトン中で10分間、超音波洗浄を行い脱脂した。実験条件は全振幅10mm、繰り返し速度5Hzで実験を行った。電位をかけて行う実験では10分間、 -1300mV でカソード処理を行った後、所定の電位をかけ、死荷重を加えて実験を行った。また電解液に Na_2SO_4 溶液を用いて、フリーポテンシャルの状態、蒸留水での研磨実験も行った。

Fig.1 Schematic diagram of the experimental apparatus

2.4 分極曲線

下部試験片であるSUS304の電気化学的特性を調べるために分極曲線を2種類の方法で求めた。1つは通常に分極曲線で、非摩擦面の特性に対応するもので、表面皮膜を有する試験片の静止電位からカソード電流を、さらにそこから静止電位に戻りアノード電流を 50mV/min の掃引速度で求めた。また、摩擦面である新生面の分極曲線に対応する電位急変法を用いて次のように求めた。下部試験片を試験機に取り付け、試験片を表面の酸化膜がなくなる電位(-1300mV)に保った後、 5000V/min の掃引速度で所定の電位に変化させたときの電流変化をサ

ンプリングタイム 50 μ sec で求めた。

3. 結果及び考察

3.1 分極特性

Fig.2 に Na_2SO_4 溶液における SUS304 の分極曲線を示す。グラフより、通常分極曲線の電流密度が +500mV 付近で電流密度が一定になることが分かった。この現象は、 Na_2SO_4 溶液を電解液とした場合に現れる特徴である。この電位範囲では、非摩擦面の電流密度と新生面（摩擦面）の電流密度の大きさに約 4 オーダーの差があり非摩擦面は不動態化し、ある程度の耐食性があることを示している。摩擦面のみで研磨が進行するように、複合電解研磨法はこのような現象を利用する。したがて、このことより、本実験ではこの +500mV を実験電位とした。

Fig.2 Polarization curve

3.2 研磨後の表面粗さ

実験結果として、+500mV の電位、フリーポテンシャル、また蒸留水で研磨した場合を示す。ここで、加えられた死荷重、繰り返し数は、すべて 10N、6000 回(20min)である。その表面の断面トレースを Fig.3 に示す。3 種類の研磨後の表面の様子を観察すると、 Na_2SO_4 溶液で +500mV の電位をかけた場合は、蒸留水で研磨した場合の表面粗さよりも約 50% 減少し、 Na_2SO_4 溶液でフリーポテンシャルの場合では約 30% 減少した。しかし、最も良い +500mV の場合でも R_y が 5 μ m 程度で、鏡面までには達することができなかった。これは研磨時間が短く、もとの粗さを十分に取り除くことができなかった為である。

3.3 研磨量

3 種類の条件での研磨後の研磨量の測定結果を Table1 に示す。これより蒸留水の場合と Na_2SO_4 溶液でフリーポテンシャルの場合を比較すると、フリーポテンシャルの場合の研磨量は蒸留水の研磨量の約 1.5 倍になった。このことより研磨の際、腐食溶液を使用するだけで研磨量を増加させることが可能と思われる。また、 Na_2SO_4 溶液で +500mV とフリーポテンシャルの場合を比較すると +500mV の電位をかけたほうの研磨量が約 10% 程度増加した。これにより複合電解研磨法が研磨量を増加させるのに有効であると思われる。

(a) Before polishing

(b) +500mV

(c) Free potential

(d) Deionized water

Fig.3 Surface roughness

Table 1 Removed volume and surface roughness (R_y)

	Removed volume, mm ³	R_y , μ m
Before polishing	—	31.2
+500mV	0.632	5.2
Free potential	0.570	7.5
Deionized water	0.386	11.2

4. 結言

MR 流体を利用した複合電解研磨法による SUS304 の放電加工面への基礎研磨実験を行い、その表面状態を観察した。その結果、本手法を用いれば研磨量、表面粗さを向上させるのに有効であると思われる。しかし、まだ十分な結果が得られていない。今後、研磨条件を変化させ最良の研磨条件を調べる必要がある。

参考文献

- (1)岩渕ら、機構論、東北支部秋田講演会、(1991)、151
- (2)岩渕ら、機構論、東北支部第 32 期講演会、(1997)、143