

工業用純チタンの焼付き防止策の検討

Key words : Titanium, seizing, lubricant, ring compression test, surface roughness

1. 緒言

チタンは耐食性が非常に優れており、軽量で高強度な特性から、工業製品として幅広い分野で用いられている。しかしながら、熱伝導性が悪く、親和性の強さにより他の金属と容易に結合するため、加工時に焼付きが生じやすい。

チタンの焼付き防止策として一般的なものは、酸化被膜処理法^{(1),(2)}であるが、この方法は手間がかかりコストも高い。また、加工後に酸化被膜の除去が必要とされるため、量産加工に適さない。

村中ら⁽³⁾は、チタン加工用工具の表面に焼付き防止策を講ずる方法について検討し、市販の油性塗料を被膜として塗布する方法で、ある程度の焼付き防止効果があるとしている。

本研究では、油性塗料中の焼付き防止に効果的な成分を特定するため、油性塗料の原料である各種染料で作製した数種類の塗膜剤を工具表面に塗布する焼付き防止策を新たに提案する。摩擦係数測定法として一般的なリング圧縮試験を行い、加工後の試験片表面状態の変化と摩擦係数を調査した。酸化被膜処理の有無や工具への塗膜剤の違いを詳細に調査し、焼付き防止に有効な塗膜中の元素や組成、染料の物理的性質を考察した。

2. リング圧縮試験

リング圧縮試験は短い中空円筒（リング）形状の試験片を圧縮加工し、加工に伴う試験片の形状変化から工具と試験片間の摩擦係数を求める方法である。Fig.1 にリング圧縮試験に用いる摩擦係数決定の校正曲線⁽⁴⁾を示す。

リング圧縮試験で求めた摩擦係数を調査することで、試験片の焼付き具合や塗膜剤の焼付き防止性を評価した。

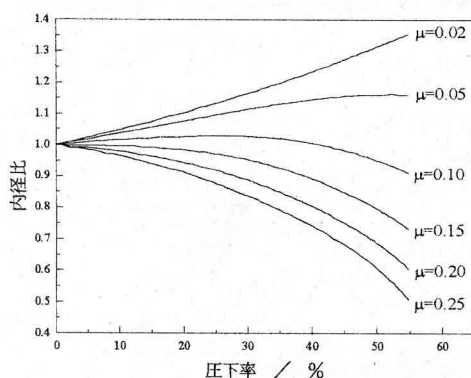


Fig.1 校正曲線

3. 実験装置および実験方法

3.1 リング圧縮試験実験装置

Fig.2 に本実験で用いた実験装置の外観を示す。実験装置は油圧式万能試験機（(株)島津製作所製、UH-500kNI）のテーブル上に搭載して使用する。

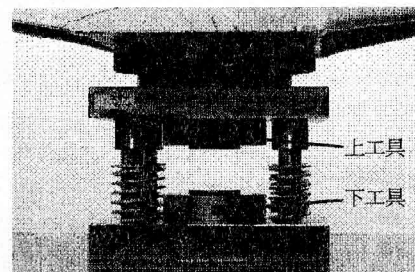


Fig.2 実験装置外観

3.2 工具

工具の材質は合金工具鋼 SKD11 で、熱処理によりビッカース硬度 $H_v=650$ 程度に仕上げている。また、圧縮面は平面研削加工により算術平均粗さ $R_a=0.10\mu\text{m}$ 程度に仕上げた。

3.3 供試材

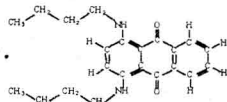
供試材として工業用純チタン（JIS 規格 2 種）を用い、高さ 4mm、内径 6mm、外径 12mm のリング状に仕上げたものを実験に供した。また試験片表面は、生肌のままの状態と陽極酸化被膜処理によってコーティングした状態の 2 種類を用意した。なお、加工前の試験片表面粗さは $R_a=0.18\mu\text{m}$ 程度である。

3.4 潤滑剤および塗膜剤

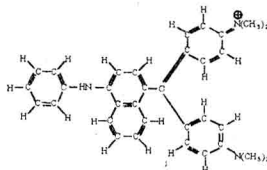
潤滑剤として、チタン成形用潤滑剤として実用されているノンフリック CF-230S を使用した。また、工具表面に塗布する塗膜剤は、市販の油性塗料（寺西化学工業株式会社、マジックインキ青、赤、黒）と 3 種類の染料を溶剤で溶かしたものを用いた。Table 1 に本実験で用いた染料の一覧を示す。また、Fig.3 に各染料の構造式⁽⁵⁾を示す。染料は市販されている青系染料の代表的なもので、分子構造や、融点などが異なるものを選出した。

Table 1 染料

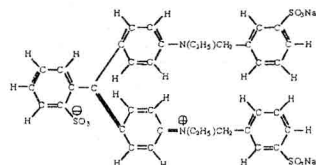
染料名	C.I.Solvent Blue 35	C.I.Basic Blue 26	C.I.Acid Blue 9
分子式	$C_{22}H_{26}N_2O_2$	$ClC_{33}H_{32}N_3$	$C_{37}H_{34}N_2O_9S_3Na_2$
特性	油性（油溶性）	水性（塩基性）	水性（酸性）
融点 $[^{\circ}C]$	104-105	206	283
溶剤	メタキシレン	イソブチルアルコール	イソブチルアルコール



(a) C.I. Solvent Blue 35



(b) C.I. Basic Blue 26



(c) C.I. Acid Blue 9

Fig.3 染料の構造式

3.5 実験方法

工具表面に潤滑剤または塗膜剤を塗布した後、試験片を圧縮加工する。この工程を同じ条件で5回繰り返した。試験条件は、圧下荷重を120kN、加工速度は0.7mm/minで一定とし、試験片の表面状態と工具表面に塗布する塗膜剤および潤滑剤を種々変化させ、それらを適宜組み合わせる実験を行った。

Table 2 に試験条件を示す。

Table 2 試験条件

方法名	塗料膜付与法	染料膜付与法	陽極酸化被膜処理法
試験片表面状態	生肌	生肌	酸化被膜
塗膜剤	油性塗料 (青, 赤, 黒)	C.I.Solvent Blue 35 C.I.Basic Blue 26 C.I.Acid Blue 9	—
潤滑剤	—	—	ノンフリック CF-230S

4. 実験結果および考察

4.1 摩擦係数の変化

4.1.1 染料による摩擦係数の変化

Fig.4 に各試験条件による摩擦係数と実験回数との関係を示す。実験回数5回目の摩擦係数を比較すると、染料膜付与法ではC.I.Solvent Blue 35 を用いたとき、最も摩擦係数が小さくなった。C.I.Acid Blue 9 と C.I.Basic Blue 26 は水性染料であり、C.I.Solvent Blue 35 だけが油性染料であることから、水性染料に比べ油性染料の方が摩擦係数を低減できると考えられる。

C.I.Solvent Blue 35 の構造に着目するとCH₂で構成される直鎖状の分子構造が確認できる。このためC.I.Solvent Blue 35 は、境界潤滑剤としての特性を有しており、摩擦の低減に効果があると考えられる。

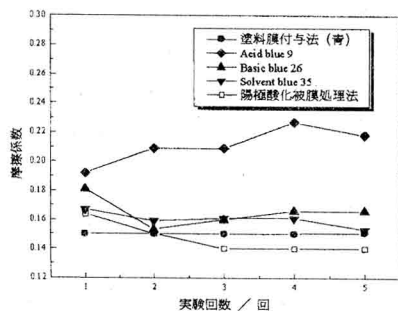


Fig.4 摩擦係数と実験回数の関係

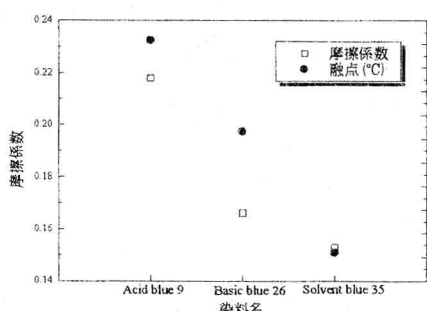


Fig.5 摩擦係数と融点の関係

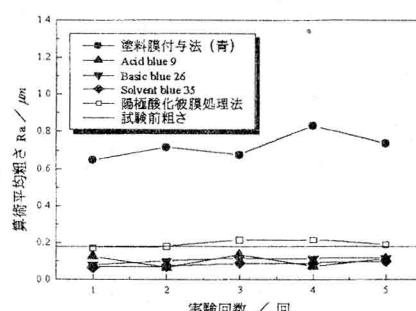


Fig.6 算術平均粗さと実験回数の関係

4.1.2 摩擦係数と融点の関係

Fig.5 に染料膜付与法において摩擦係数と各染料の融点の関係を示す。図より、融点が高い染料ほど摩擦係数は小さくなった。摩擦係数を小さくするためには融点の低い染料を選定することが効果的と考えられる。

4.2 試験片の表面粗さの変化

Fig.6 に各試験条件による実験回数と試験片表面の算術平均粗さの関係を示す。図より染料膜付与法では、3種類の染料とも表面粗さの値はほとんど同じである。また、陽極酸化被膜処理法よりも試験片の表面粗さの値が小さくなった。

3種類の染料に共通する構造や成分として環状のベンゼン環構造を有しており、この構造が試験片の表面粗さの変化に影響していると考えられる。

5. 結言

チタン成形時の焼付きを防止策として、染料を利用する染料膜付与法を提案し、焼付き防止に効果的な染料の特性を説明することを目指した。得られた結果を以下に示す。

- (1) 油性で、鎖状構造を有するC.I.Solvent Blue 35 を用いたとき、摩擦係数を小さくすることができる。
- (2) 融点の低い染料ほど摩擦係数が小さくなる傾向がみられ、最も融点の低いC.I.Solvent Blue 35 を用いたとき摩擦係数を最も小さくできる。
- (3) 材料表面の粗さは陽極酸化被膜処理法を用いる場合より、染料膜付与法を用いた場合が小さくなり、本実験で用いた染料の違いによる粗さの差はみられなかった。

参考文献

- (1) 吉田武志;プレス技術 第43巻 第7号, (2005), 日刊工業新聞社, P.60~64.
- (2) 森謙一郎;プレス技術 第40巻 第3号, (2002), 日刊工業新聞社, P.37~41.
- (3) 村中貴幸, 吉村年弘;H19年度卒業論文 工業用純チタンの焼付き防止策の検討, (2008), P.1~19.
- (4) 日本塑性加工学会;静的解法FEM-バルク加工, (2003), コロナ社, P.187~189.
- (5) 有機合成化学協会;新版染料便覧, (1970), 丸善株式会社, P.8~13, P.236~240, P.865, P.460, P.550.