

オゾンマイクロバブルと超音波併用による金属板の精密洗浄

男成 妥夫*

Precision cleaning of metal plates with an ozone microbubble – ultrasonic wave combined technique

Yasuo ONARI

1. はじめに

精密洗浄は、産業界での製造工程に於いて必要不可欠のものとなっている。その方法としては、界面活性剤、酸、アルカリ、酸化剤等の薬液を組み合わせて用いる水系洗浄、有機溶剤を用いる洗浄、等の洗浄法が一般的に用いられている。しかし、これらの方法では、環境負荷が大きかったり、洗浄効果が十分でなかったり等の問題点を抱えており、安心、安全、安価な精密洗浄法が望まれている。

そこで、オゾンマイクロバブルと超音波を併用して金属板表面に付着するプレスオイルを効果的に除去する方法について検討したので、その結果の概要^{1, 2)}を紹介する。

2. 実験方法

2. 1 標準試料の調整

プレスオイル（日本工作油（株）、EM-7220）、300mLをビーカー（Φ73.1 mm）に取り、ステンレス板（（株）山本金属試験機、ハルセル試験用陰極板（SUS304）、1枚、約100×66×0.3 mm）を、1分間ディップし引き上げ、ビーカー中に立て20時間放置し、過剰の油分を流下させ除去する。その後蒸留水中で浸漬洗浄後乾燥し、油膜厚約2.4 μmのステンレス標準試料を作成した。

2. 2 ステンレス標準試料の洗浄

蒸留水8Lを水槽に取り、酸素ガスもしくはオゾン化酸素ガス（O₃:約30 g/Nm³, 36 mL/min）

を連続的にマイクロバブル発生ノズル（ニッタ（株）製 泡多郎、2基）に供給し、マイクロバブル水（バブルサイズ:約2~50 μm（分布のピークは10~20 μm）、バブル密度:4600個/mL以下）を調製し、その一部をくみ取り実験に供した。くみ取り後は、不足する蒸留水を加え水槽中の水量を8Lで一定とした。

①酸素マイクロバブル浸漬洗浄

バブル発生開始10分後の酸素マイクロバブル水500 mLにステンレス標準試料一個を浸漬し、マグネチックスターラーでゆるやかに攪拌しながら15分間洗浄する。洗浄終了後、標準試料を引き上げ、蒸留水を吹きかけリンスして乾燥させる。

②酸素マイクロバブル超音波洗浄

バブル発生開始10分後の酸素マイクロバブル水500 mLにステンレス標準試料一個を浸漬し、超音波照射下（42KHz、40W）で15分間洗浄する。洗浄終了後、標準試料を引き上げ、蒸留水を吹きかけリンスして乾燥させる。

③オゾンマイクロバブル浸漬洗浄

バブル発生開始10分後のオゾンマイクロバブル水（O₃濃度:0.25 mg/L）500 mLにステンレス標準試料1個を浸漬し、マグネチックスターラーでゆるやかに攪拌しながら15分間洗浄する。洗浄終了後、標準試料を引き上げ、蒸留水を吹きかけリンスして乾燥させる。

④オゾンマイクロバブル超音波洗浄

バブル発生開始10分後のオゾンマイクロバブル水（O₃濃度:0.25 mg/L）500 mLにステンレス標準試料1個を浸漬し、超音波照射下（42 KHz, 40 W）で15分間洗浄する。洗浄終了後、標準試料を引

* 材料技術研究課

き上げ、蒸留水を吹きかけリンスして乾燥させる。

3. 結果と考察

オゾンマイクロバブル超音波洗浄後の標準試料では、洗浄前に見られた油膜に由来する干渉色が見られず、油分が除去されたことを肉眼で確認する事が出来た。

洗浄前のステンレス標準試料、酸素マイクロバブル超音波洗浄後及びオゾンマイクロバブル超音波洗浄後のステンレス標準試料の顕微鏡写真例を、図1に示す。これらの顕微鏡写真の比較より、ステンレス標準試料表面に付着する油膜が、オゾンマイクロバブル超音波洗浄によって効果的に除去される事が確認された。



図1 ステンレス標準試料の顕微鏡写真(900倍)
上：無洗浄、中：酸素マイクロバブル超音波洗浄、下：オゾンマイクロバブル超音波洗浄

3. 1 水滴接触角による清浄度評価

ステンレス標準試料の洗浄前後の試料表面における水滴接触角の測定結果を図2に示す。この結果より、以下の事がわかった。

- ① ステンレス標準試料では、バージンのステンレス板自体が強撥水性であるために、油膜の付着により水滴接触角はバージンのステンレス板に比べ相対的に小さくなる。
- ② 浸漬洗浄では無洗浄のステンレス標準試料に比べて水滴接触角に変化がない。
- ③ 超音波洗浄では、ステンレス標準試料に比べ接触角が増大し洗浄効果が認められるが、酸

素マイクロバブル超音波洗浄やオゾンマイクロバブル超音波洗浄に比べ洗浄効果が低いと考えられる。

- ④ オゾンマイクロバブル超音波洗浄では、酸素マイクロバブル超音波洗浄に比べ水滴接触角が小さく、ステンレス標準試料金属表面の酸化による親水化が推察される。

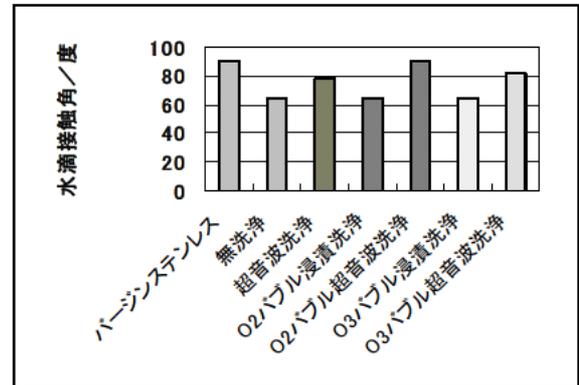


図2 ステンレス標準試料の洗浄前後の接触角

3. 2 FT-IRによる表面清浄度評価

洗浄前後のステンレス標準試料についてATR法によりフーリエ変換赤外吸収スペクトル (FT-IR スペクトル) を測定した。その結果、得られたFT-IRスペクトルより、プレスオイルの主成分である高級脂肪酸エステルに基づく 720cm^{-1} 付近のカルボニルの吸収や 1400cm^{-1} 前後のメチル基に基づくと考えられる吸収等が消失し、オゾンマイクロバブル超音波洗浄によってステンレス標準試料表面のプレスオイルが効果的に除去されている事が確認された。

4. おわりに

オゾンマイクロバブルと超音波を併用する洗浄法は、金属板表面に付着する汚染物質の除去に効果的で、精密洗浄工程での界面活性剤他の薬剤使用量の削減によるコストと環境への負荷低減効果が期待できる。

謝辞

本研究は、独立行政法人科学技術振興機構 (JST) 「平成20年度重点地域研究開発推進プログラム (地域ニーズ即応型) : オゾンマイクロバブルを応用した精密洗浄技術の開発」の下で行われました。関係各位に感謝します。

参考文献

- 1) 男成妥夫, 島田晴示, 浅里信之, 第18回ソノケミストリー討論会講演論文集, p31-32 (2009)
- 2) 男成妥夫, 分離技術, 40(3), p12-17(2010)