

# PS-12 無電解 Ni-P-B めっきの耐キャビテーション・エロージョン性 および生物付着性

構造基盤技術系 \*菅澤 忍, 秋山 繁  
芝浦工業大学 工学部 機械機能工学科 植松 進

## 1. はじめに

プロペラに損傷を与える原因の一つがキャビテーションの発生に伴うエロージョンである。現在では、設計技術の向上によってエロージョンによる損傷を生じにくくなっているが完全になくなったわけではない。一方、エロージョンに強くなればプロペラの翼面積を従来に較べて小さくすることが可能になり、その結果推進効率の向上すなわち燃費の向上および CO<sub>2</sub> 排出の低減が期待できる<sup>(1)</sup>。そのため、エロージョンを防止する技術の開発が期待されるが、新材料をゼロから開発するにはコストがかかるだけでなく、開発した材料自体を安価に製造できる保証はない。そこで、我々は自動車、航空等の陸上の産業分野で広く使われている無電解ニッケルリンめっき (EL-Ni-P) に着目した。EL-Ni-P は高い硬度を持ち優れた耐摩耗性や耐腐食性を持つだけでなくプロペラのような複雑な曲面を持つ部材に対してもマイクロメーターオーダーで均一な皮膜を成膜できるという特徴を持つ。また熱処理によって硬さを Hv1000 近くまで向上させることも可能である。一方、EL-Ni-P は機器を海上および海中での使用を前提とする海事産業分野で使用された事例はほとんどない。そこで我々はプロペラへの適用を前提にプロペラ材料に使われるアルミニウム青銅铸件 3 種 (JIS : CAC703) に EL-Ni-P を成膜し、キャビテーション・エロージョン試験および生物付着試験を行った。その結果、低リン型の EL-Ni-P はプロペラ材料に対して、耐キャビテーション・エロージョン性および耐生物付着性が大きく向上することを明らかにした<sup>(2)</sup>。更にその後の試験により EL-Ni-P にホウ素を微量に加えた EL-Ni-P-B (カニボロン®<sup>(3)</sup>) は EL-Ni-P と較べて耐キャビテーション・エロージョン性が向上するだけでなく、同等の耐生物付着性を持つことがわかった。

そこで本発表はプロペラ母材の CAC703 に無電解 Ni-P-B を成膜し、キャビテーション・エロージョン試験および生物付着試験を行った結果について報告する。

## 2. 試験法および試験結果

### 2. 1. 1 キャビテーション・エロージョン試験

キャビテーション・エロージョン試験は超音波振動方式を採用し、米国試験材料協会の規格 ASTM G32-03 に基づいて行った。超音波の振動数は 20kHz、超音波ホーンの先端の振幅は 50 μm p-p、試験面は水面から 10mm の位置になるよう固定

した。試料水としてイオン交換水を使用し水温は約 25 ± 0.5°C になるよう制御した。試料への EL-Ni-P-B の成膜は、無電解 Ni-P-B を専門に行っているめっき工場で行い、一般の部材がめっきされるのと同じ工程になるようにした。なお、皮膜の膜厚は 30μm、試料の試験面は成膜前に鏡面になるまで研磨を行った。

EL-Ni-P-B は熱処理により皮膜の硬さが変化する。すなわち、熱処理しない状態 (as plating) で Hv750 程度、400°C の熱処理で Hv950 程度まで上昇する<sup>(3)</sup>。そこでまず熱処理温度と耐キャビテーション・エロージョン性の関係について試験を行った。熱処理温度は、200°C から 600°C まで 100°C ずつ変化させて試料を作製した。200°C 以外の試料は熱処理によって表面が変色した。試験結果を図-1 に示す。プロペラ材料との比較も示した。

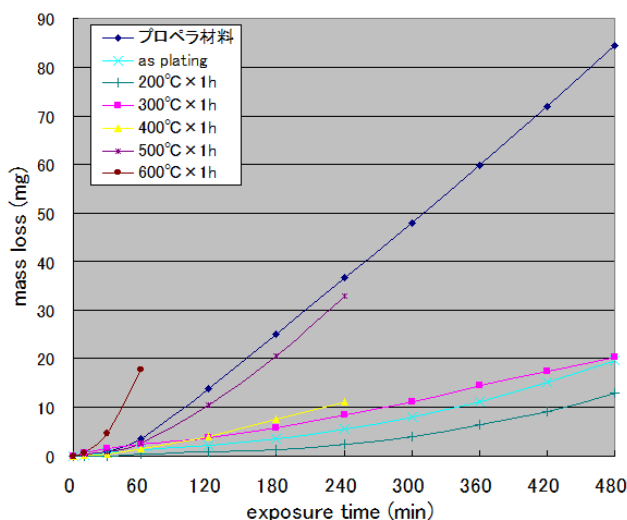


図-1 EL-Ni-P-B の熱処理温度と耐キャビテーション・エロージョン性の関係

熱処理温度と耐キャビテーション・エロージョン性の関係は以下の順番でよくなった。

600°C < 500°C < 400°C < 300°C < as plating < 200°C

熱処理温度 200°C が一番よい結果となった。すなわち、一般に信じられているように硬さの上昇とともに耐キャビテーション・エロージョン性が向上するわけではない。この原因

としては、熱処理によって硬さは増大するが、一方では靱性が低下し、いわゆる硬くて脆い状態になるからと考えられる。また、プロペラ材料と比較して 480min の試験時間で、熱処理しない状態では壊食量は 23%、200℃の熱処理で 15%とそれぞれ低下した。以上の結果から EL-Ni-P-B をプロペラ材料に成膜することによって、耐キャビテーション・エロージョン性は大幅に向上することがいえる。

### 2. 1. 2 生物付着試験

プロペラの推進効率を低下させる原因の一つはフジツボなどの海洋生物が付着することによる抵抗増大が挙げられる。特にフジツボは接着力が強い一度プロペラに付着するとプロペラの回転でも脱落しにくく問題になる。キャビテーション・エロージョンの発生する場所ではキャビテーションの衝撃力によって付着生物は破壊され脱落するが、それ以外の場所では生物の付着は避けられないため材料の生物付着性の評価が重要となる。そこで、EL-Ni-P-B とプロペラ材料の生物付着試験を行い比較を行った。

試験は東京海洋大学水圏科学フィールド教育研究センター清水ステーション（静岡県折戸湾）において、平成 27 年 7 月から 7 ヶ月間行った。試験は以下のように行った。プロペラ材料を 100mm×150mm×t10mm の形に加工したものを 2 枚用意し、一方はそのままの状態、他方は EL-Ni-P-B を膜厚 30mm で成膜し、その後、シリコン系防汚塗料を塗った塩ビの枠にプラスチックバンドで固定した。そして、試料が海面から常に一定の深さになるようにするため筏から吊した。大体一ヶ月に一度海中より試料を取り出し経過観察を行った。試験結果を図-2 に示す。フジツボの付着に関して言えばプロペラ材料では一度フジツボが付着するとそのまま成長するのに対して、EL-Ni-P-B の方は EL-Ni-P の時<sup>(2)</sup>と同様にフジツボが付着しても大きくなる前に脱落するという傾向を示した。一方、ゴカイ、コケムシ、藻類といった生物は EL-Ni-P-B の方が付着しやすかった。また、フジツボが長期間付着した場所ではすき間腐食による皮膜の損耗が観察された。

### 3. まとめ

プロペラ材料に EL-Ni-P-B を成膜することによって、耐キャビテーション・エロージョン性および耐生物付着性が大幅に向上することがわかった。今後はこの結果を実船試験で実証し、将来的には高効率プロペラの開発を目指していきたいと考えている。現在稼働中の商用のめっき設備を利用する限りでは、EL-Ni-P-B の施工は直径 800mm 程度のプロペラが限界であるため、まずはこの大きさのプロペラを持つ船舶を対象とする予定である。関係各方面のご協力が得られれば幸いである。

### 謝辞

本研究は、かもめプロペラ（株）殿との共同研究および請負研究により実施しました。また、生物付着特性を調べるた

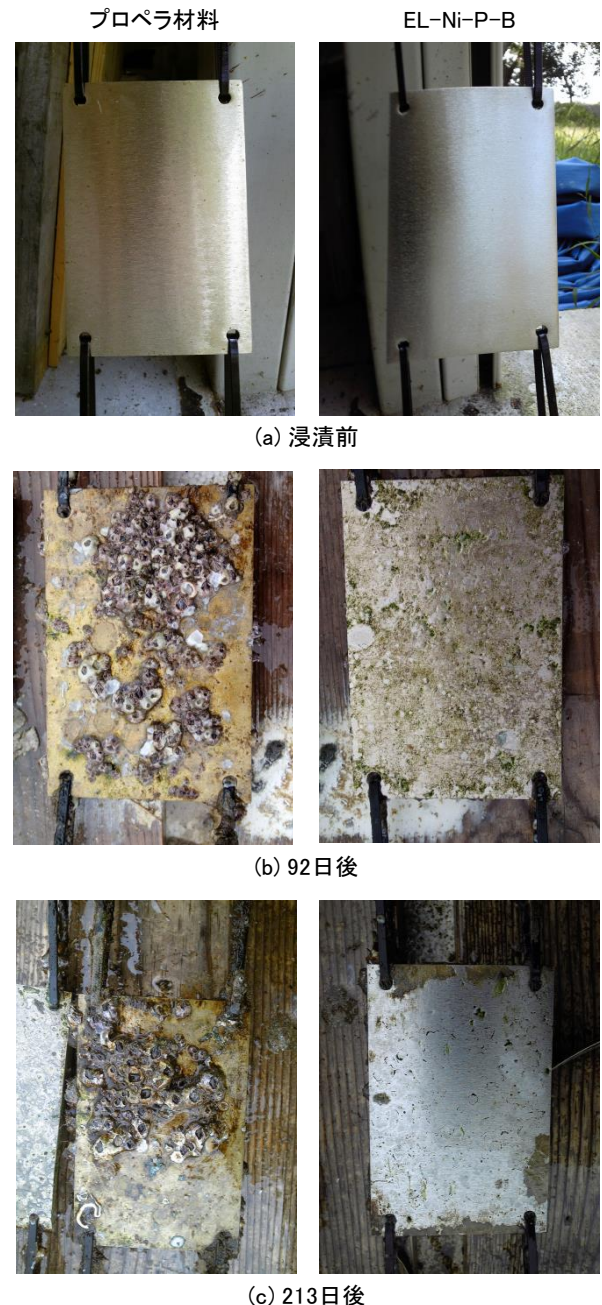


図-2 生物付着試験結果（左がプロペラ材料、右が EL-Ni-P-B）

めの長期海洋浸漬試験では、東京海洋大学教授元田慎一先生にご指導・ご協力いただいたことに感謝いたします。

### 参考文献

- 1) 錦戸他：ステンレス系船用プロペラ材料“MCRS”の開発、西部造船会会報、No. 81 (1991), pp. 209-220.
- 2) 菅澤他：無電解ニッケル-リンめっきのキャビテーション・エロージョン性および生物付着性、海上技術安全研究所報告、第 11 巻第 1 号 (2011), pp. 1-28.
- 3) 日本カニゼン（株）ホームページ：  
[http://www.kanigen.co.jp/product\\_p03.php](http://www.kanigen.co.jp/product_p03.php).