

無電解メッキ皮膜の耐摩耗性・耐食性

1.1 無電解メッキ皮膜の耐摩耗性

耐摩耗性と関係の深いものとして、硬さがある、無電解ニッケルメッキの硬さについては、JIS H 8645（無電解ニッケル-リンメッキ）に記載されている。

（1）メッキ皮膜の硬さ

メッキ皮膜の硬さは、ビッカース硬さ、ヌープ硬さにより評価されている。ISO/DIS 4527では、ビッカース硬さのみで評価しているが、メッキ厚さの薄い皮膜（30 μ m以下）を測定する場合には、同一荷重でヌープ硬さの方が圧子の侵入深さが、ビッカース硬さの圧子の侵入深さの約1/2と少ないために、下地材料に影響されないで正確な値が得られる。いずれの方法でも正確な値を求めるには、50 μ m以上の厚さを必要とする。このメッキの硬さは、リン含有率によって異なる。これを熱処理すると、例えば以下の表に示すような硬さを示す。この表から、400 $^{\circ}$ Cにおける熱処理が最も高い硬さを示す。

リン含有率の異なるメッキ皮膜の熱処理温度と硬さの関係
(窒素雰囲気中)

熱処理温度 (1時間保持) ($^{\circ}$ C)	硬 さ Hv	
	リン含有率 約8%	リン含有率 約12%
熱処理しないもの	540	580
200	550	650
300	780	810
400	900	970
500	770	880
660	640	780

それより高い熱処理温度、低い熱処理温度では、硬さは低い値を示す。次に、熱処理温度とその保持時間との関係を下記の表に示す。熱処理温度200 $^{\circ}$ Cの場合は、保持時間が長くなっても硬さの向上が認められない。400 $^{\circ}$ Cでは、保持時間20分で最高の硬さに到達する。600 $^{\circ}$ Cでは、保持時間の短い5分で最高硬さに到達し、その硬さは保持時間と共に低下する。硬さは熱処理温度の保持時間との深い関係があることがわかる。

無電解Niメッキの高温時の硬さについては、200 $^{\circ}$ C付近と400 $^{\circ}$ C付近にピークのある硬さ変化を示すことが認められている。

熱処理温度保持時間と硬さの関係（大気中）

	熱処理温度 (°C)	熱処理保持時間 (分)	硬さ (Hv)
リン含有率約8%	200	5	550
		10	550
		20	550
		30	550
		60	550
	400	5	610
		10	880
		20	910
		30	900
		60	890
	600	5	820
		10	750
		20	700
		30	660
		60	640

(2) メッキ皮膜の耐摩耗性

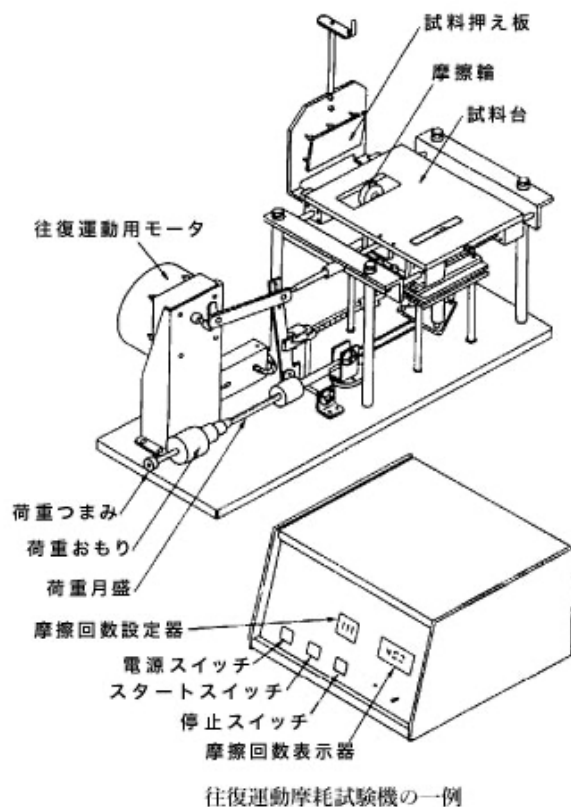
JIS H 8503（メッキの耐摩耗性試験方法）には砂落し摩耗試験、噴射摩耗試験、往復摩耗試験、平板回転摩耗試験、両輪駆動摩耗試験が記載されている。JIS H 8645 では試験結果の再現性が最も良く、試験面積が小さくて実験できるなどから往復摩耗試験を採用することにした。往復摩耗試験を実施するにあたって、あらかじめ予備摩耗を本実験と同様に、例えば、荷重 400gf、研磨紙としてシリコンカーバイト#400 を使い 50DS（往復）を行い、メッキ面の粗さを父母一定にする。そのためには、メッキ皮膜の厚さ 20 μm 以上必要である。耐摩耗性は、400°C で熱処理した場合が硬さと同様に最も高い値を示した。

耐摩耗性を往復運動摩耗試験方法によって調べる場合、評価方法として 1 μm を摩耗するのに要する往復運動数で表す方法と、往復運動回数 200 回または 300 回と定めて、その回数による摩耗量を測定し、次に示す式によって摩耗性を評価する方法とがある。

$$\text{摩耗性 } WR = N / (W_1 - W_2) \text{ (DS/mg)}$$

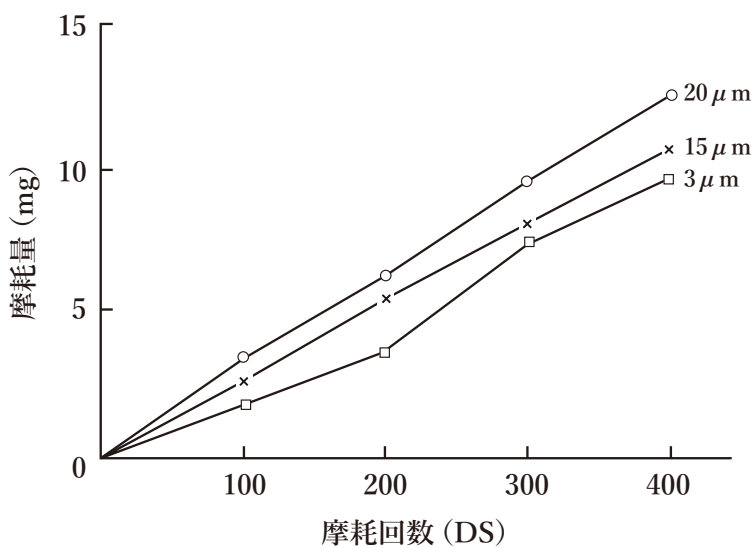
N は所定の往復運動回数、 W_1 は予備摩耗後の質量 (mg)、 W_2 は所定の往復運動回数の質量 (mg)。

以上の 2 つの方法のうち、摩耗厚さで摩耗性を評価する方法はメッキ厚さを正確に測定することが必要である。無電解 Ni-P メッキの場合は P の含有率によって厚さの校正をしなければならぬので、正確な厚さを測定することが困難である。よって、摩耗量による方法が質量を測定するので正確な値が得られる。

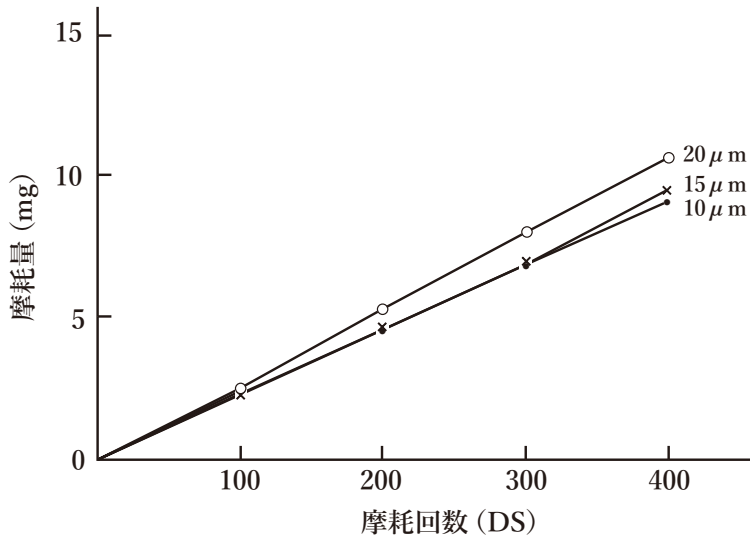


以下のグラフに Fe 素地上の無電解 Ni メッキ、Cu 素地上の無電解 Ni メッキ、Al 素地上の無電解 Ni メッキの摩耗量と摩耗回数との関係を示した。

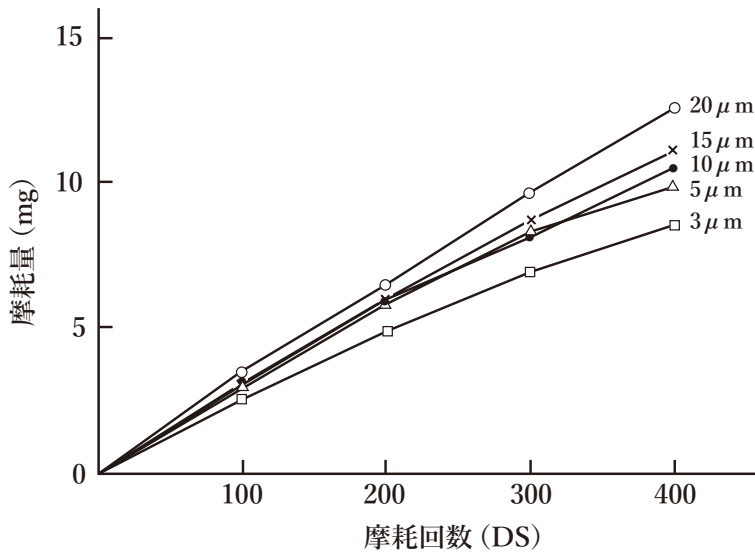
それらの結果は、いずれの素地上のメッキでも、メッキ皮膜の薄い方が摩耗量が小さく、メッキ皮膜が厚くなるにつれて、摩耗量が大きくなる傾向を示した。



Fe 素地上の無電解 Ni メッキの摩耗量と摩耗回数の関係



Cu 素地上の無電解 Ni メッキの摩耗量と摩耗回数の関係



Al 上の無電解 Ni メッキの摩耗量と摩耗回数関係

この試験は、荷重 400gf で、研磨紙はシリコンカーバイト#400 で、予備摩耗として、50DS（往復運動）を行った後、試験片を秤量して、摩耗量を求めたものである。

以上の結果を用いて摩耗性を、すでに示した式で求めた結果を以下の表に示す。

無電解Niメッキの摩耗性（400DSの場合）

素地の種類	メッキ皮膜厚さによる摩耗性 (DS/mg)				
	3 μm	5 μm	10 μm	15 μm	20 μm
鉄	41.0	—	—	37.7	32.0
銅	—	—	44.0	41.7	37.4
アルミニウム	47.0	40.8	38.1	35.1	31.7

上記の表より、無電解Niメッキ1mgを摩耗するのに必要な往復運動回数（DS）が求められた。それによると薄いメッキ皮膜の摩耗性が良いことから、素地に近い部分の方が耐摩耗性が良いことを示している。

この試験片はメッキしたままのものなので、水素脆性除去または熱処理などを施したものは、400℃熱処理が最も良く、次に200℃、メッキのまま、600℃の順になっている。

1.2 無電解メッキ皮膜の耐食性

無電解Ni-Pメッキは、メッキの後処理によって耐食性が異なる値を示すために、メッキの後処理および外観評価について注意を払うことが必要である。

一般的な後処理としては、クロム酸処理がなされている。この処理を行わない場合は、塩水噴霧試験で素地材料に関係なく、下記の表に示すように黄変の縞模様が発生する。

後処理なしの無電解Niメッキの塩水噴霧試験

素地	アルミニウム			鉄			銅		
メッキ厚 (μm)	10	15	20	10	15	20	10	15	20
20 h 後	9.8-2	9.8 2	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし
40 h 後	黄変の縞模様発生	黄変の縞模様発生	黄変の縞模様発生	黄変の縞模様発生	黄変の縞模様発生	黄変の縞模様発生	黄変の縞模様発生	黄変の縞模様発生	黄変の縞模様発生
	9.8-2	9.8 2	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし
80 h 後	黄変全体に広がる	黄変全体に広がる	黄変全体に広がる	3個ふくれ発生	2個ふくれ発生	2個ふくれ発生	黄変全体に広がる	黄変全体に広がる	黄変全体に広がる
	9.8-2 さび	9.8 2 さび	9.8-2	9.8-3	9.3-1	9.5-2	変化なし	変化なし	変化なし
93 h 後	9.8-2	9.8-2	9.8-2	黄変全体に広がる	黄変全体に広がる	9-2 白さび 流れ出す	変化なし	変化なし	変化なし
				9.5-3 白さび 流れ出す	9-2 白さび 流れ出す				
122 h 後	9.5-2	9.8-2	9-3	8-2	8-2	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし

これは、メッキ皮膜の酸化物による干渉色で、下地材料の拡散による変化ではない。素地からの腐食は、10 μm 以上の厚さでは、メッキ皮膜の状態の悪いもの（鉄の15, 20 μm ）のさび発生は見られるが、その他は、この試験時間では問題がない。