

Influence of mechanical properties on the adhesion strength of the nickel plating

— ニッケルめっきの密着強度におよぼす機械的性質の影響 —

鷹合滋樹* 安井治之* 上村彰宏** 井上智実** 桜井健次***

緒言

ニッケル(以下 Ni-P)めっきは、音楽 CD の金型や電子部品など耐摩耗性と耐食性が要求される様々な用途に使用され、硬質であるとともに高い密着力が求められている。国際規格 ISO や日本工業規格 JIS に決められためっきの密着性評価手法は、曲げ試験や熱衝撃試験により剥離の有無を調べる定性的な評価であり、定量的な評価をする方法ではない。一方、窒化チタンなどのドライプロセスによるセラミックコーティング膜では、スクラッチ試験による密着性の定量評価が行われているが、Ni-P めっきなどの金属めっきに対する検討はほとんど行われていない。そこで本研究では、Ni-P めっきの密着性評価にスクラッチ試験を適用し、密着性を評価するための条件の最適化を試みた。具体的には、圧子先端形状に着目し、密着性におよぼす機械的性質(硬さ、残留応力)の影響について検討した。

実験方法

試験片には、冷間圧延鋼板(JIS-SPCC, ビッカース硬さ 112HV)に Ni-P めっき(膜厚 $30\mu\text{m}$, めっき中のリンの析出量は約 8%)を用いた。図 1 に試験片断面の金属組織を示す。母材の鋼はフェライト組織である。

Ni-P めっきは熱処理により硬さが変化するため、 $200\sim 600^{\circ}\text{C}$ の真空雰囲気中で 1 時間保持後に炉冷し、温度と密着性の関係を調べた。

膜の密着性評価にはスクラッチ試験機(CSM・Revetest)を使用した。試験は図 2 の概略のように、圧子(ダイヤモンド製)を試験片表面に接触させ、試験荷重を $1\sim 100\text{N}$ まで漸次増加させながら引っかいた。この時の移動速度は $10\text{mm}/\text{min}$, スクラッチ距離 5mm で行った。

スクラッチ試験後の表面観察結果を図 3 に示す。圧子のスクラッチ方向は左から右に進行させた。なお、圧子進行方向に対して垂直にき裂を発生した位置における荷重を臨界剥離荷重とした。なお、スクラッチ領域における負荷状態を変化させるため、先端半径 $0.2, 0.4$ および 0.8mm の 3 種類の圧子を用いて、それぞれ評価を行った。

めっき表面の硬さの測定には、マイクロビッカース硬さ試験機((株)アカシ・MVK-H2)を用いた。また残留応力については X 線応力測定機(リガク(株)・MSF-PSPC)を用いた。

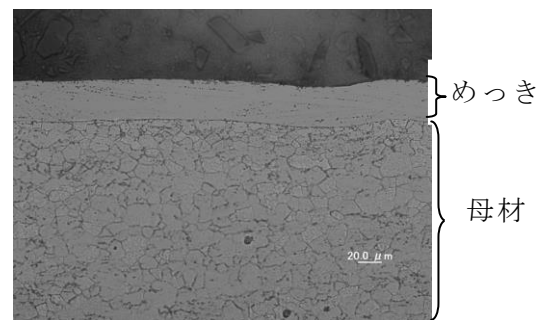


図 1 Ni-P めっきの断面金属組織

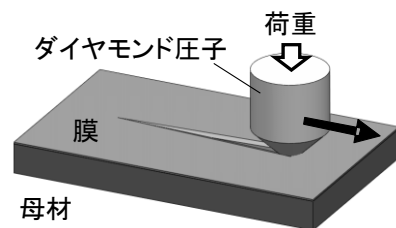


図 2 スクラッチ試験の概略

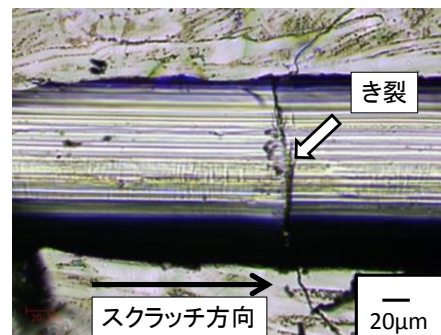


図 3 試験後の表面観察結果 (き裂発生箇所)

*機械金属部 **化学食品部 ***物質・材料研究機構

結果および考察

図 4 に各圧子先端半径(R)における臨界剥離荷重と熱処理温度との関係を示す。臨界剥離荷重は 300℃で最小値を示し、それ以上の温度では増加に転じる傾向を示した。めっきの硬化が起こらない 200℃以下の場合では、R が大きくなるにつれて臨界剥離荷重が大きくなった。なお、熱処理温度 200℃は、密着力を高めるベーキング処理温度に一致するため、最も高い値を示す R=0.8mm の圧子による測定が有効なことを示している。

図 5 に R=0.8mm の圧子を用いた場合の臨界剥離荷重とめっき硬さの関係を示す。臨界剥離荷重は硬さの増加とともに減少した。めっき硬さが増加すると、じん性低下によるき裂進展が起こりやすくなるため、密着性が低下する原因となったのではないかと考えられる。

図 6 にめっきの臨界剥離荷重と残留応力との関係を示す。この時、残留応力は X 線応力測定が可能な結晶性をもつ 300℃以上の試料に対してのみ行った。残留応力は 80~20MPa の範囲で引張であり、密着性との相関性は見られなかった。したがって、これらの領域では密着性に対する残留応力の影響は小さいと考えられる。なお、めっき直後の膜はアモルファスであり、そのため 200℃以下の試験片については、X 線回折法では応力測定ができなかった。このことは、めっきの結晶性が密着力に寄与していることを示唆している。

結言

- (1) Ni-P めっきでは、スクラッチ方向と垂直にき裂が発生し、このき裂発生時の荷重を用いることで、めっきの密着性を定量的に測定することができる。また、スクラッチ圧子先端の半径 R を大きく(R=0.8mm)した方が、臨界荷重値は増加した。
- (2) Ni-P めっきの密着力に及ぼす機械的性質の影響では、密着力は硬さの増加とともに減少し、熱処理により結晶化した後は、めっきの残留応力は密着力に寄与しないことがわかった。

論文投稿

Japanese Journal of Applied Physics (応用物理学会), 2014, vol. 53, No. 5FH08, pp. 1-4.

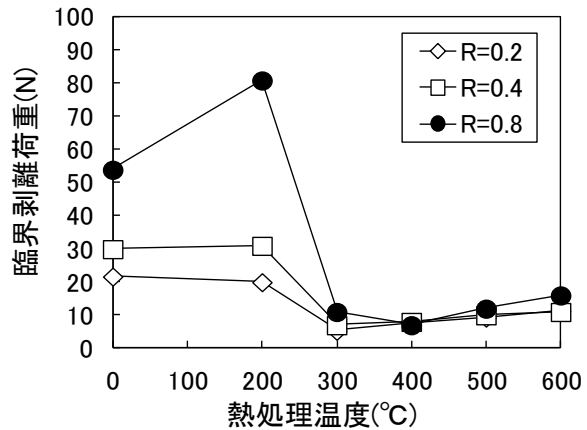


図 4 臨界剥離荷重と熱処理温度の関係

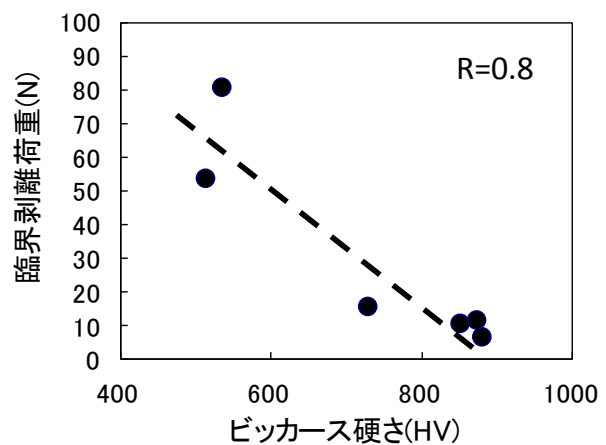


図 5 臨界剥離荷重とめっき硬さの関係

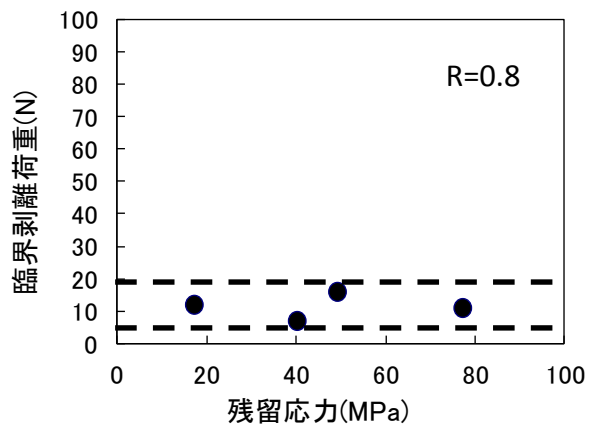


図 6 臨界剥離荷重と残留応力の関係