

インバー組成範囲におけるFe-Ni合金めっき膜の機械的特性

(原題：Mechanical properties of electrodeposited Fe-Ni alloys
in the Invar composition range)

表面処理チーム 永山 富男, 山本 貴代
研究部長 中村 俊博

要 旨

Ni含有率が36mass%付近のインバー Fe-Ni合金は、Fe及びNi単体に比べ室温付近において低い線膨張係数（以下、CTE）を有する。従って、熱安定性が要求されるMEMS部材をインバー Fe-Ni合金めっきにより作製でき、さらにそれらのMEMS部材は高い寸法精度と高い機械的強度を有することが期待される。我々は既に、サッカリンをめっき膜の応力減少剤として添加しためっき浴から、Ni含有率がインバー組成範囲（36～40mass%）のFe-Ni合金めっきの自立膜を作製できることを報告した。さらに、めっきしたままのインバー Fe-Ni合金めっき膜は、溶製インバー合金のCTEに比べ大きな値を示し、また400℃以上の熱処理がめっき膜のCTEを溶製合金のCTE値まで安定化させるために必要であることも報告した。従って、その熱処理後、結晶粒の粗大化によるめっき膜の強度の低下が推測されると共に、サッカリン由来の硫黄の粒界偏析によるめっき膜の著しい脆化が懸念される。そこで本研究では、インバー Fe-Ni合金めっき膜の引張試験を行い、めっき膜の機械的特性に及ぼす熱処理の影響について検討した。

めっき浴中のFe²⁺濃度を変化させることにより、Ni含有率36、38及び40mass%のFe-Ni合金めっき膜の自立膜が得られた。めっきしたままのFe-Ni合金めっき膜のCTEは8～10ppm/℃を示し、溶製インバー Fe-Ni合金のCTE値より大きな値を示した。400℃の熱処理後、それらのCTEは4～5ppm/℃まで急激に低下し、さらに500℃以上の熱処理後、溶製インバー Fe-Ni合金のCTE値と同等の値に達した。すべての引張試験片において塑性変形を示す破面が観察され、めっきしたままのめっき膜の最大引張強度（UTS）及び硬さはそれぞれ約700MPa及び約250HVを示し、溶製合金のそれぞれ500MPa及び150HVに比べ高い値を示した。それらの高いUTS及び硬さは、500℃熱処理後まで維持されるが、600℃熱処理後、UTS及び硬さは急激に低下し、溶製合金の機械的特性値と同等となった。めっき膜の伸びは強度とほぼ反比例の関係を示した。400℃熱処理後のめっき膜の著しい脆化（伸び<1%）は、硫黄を含有するNiめっき膜、及び硫黄を含むNi含有率60mass%以上のFe-Ni合金めっき膜において報告されている。インバー合金めっき膜は約0.02mass%の硫黄を含有するが、300～600℃の熱処理後に著しい脆化は生じなかった。熱処理後のインバー Fe-Ni合金めっき膜中の硫黄は、粒界脆化を生じる膜状の粒界偏析ではなく、粒状のFe-Ni-S化合物として存在することが判明した。

（本研究は、第66回国際電気化学会(The 66th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, 2015)にて発表した。）