

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Electrodeposition of Ni-Co and Ni-B Alloys and Their Micro-Mechanical Property Characterization
著者(和文)	JiangYiming
Author(English)	Yiming Jiang
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12551号, 授与年月日:2023年9月22日, 学位の種別:課程博士, 審査員:CHANG TSO-FU,曾根 正人,細田 秀樹,木村 好里,多田 英司,田原 正樹,HSU YUNG JUNG
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12551号, Conferred date:2023/9/22, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	Jiang, Yiming		
論文審査 審査員		氏名	職名			
	主査	Chang, Tso-Fu Mark	准教授			
	審査員	曾根 正人	教授	審査員	木村 好里	教授
		細田 秀樹	教授		田原 正樹	准教授
		多田 英司	教授		Hsu, Yung-Jung	WRH 特任教授

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は、「Electrodeposition of Ni-Co and Ni-B Alloys and Their Micro-Mechanical Property Characterization」と題し、全7章で構成されている。

第1章“General introduction”では、Ni合金の電気めっき、異常電気めっき、機械的特性の強化、サンプルサイズ効果による電気めっき及び機械的特性の技術背景をまとめている。技術的背景を述べた後、本論文の動機と目的について述べている。

第2章“Electrodeposition of Ni-Co alloy deposits”では、Ni-Co合金めっきがスルファミン酸浴中で電着され、その電気化学反応及び材料評価がなされている。Ni-Co合金析出物は、NiBr₂を含む浴で電流密度 5 mA/cm²で電着したものを除き、粒状の形態を示し、その表面は板状の形態を示した。表面光沢剤(NSF-E)を浴に導入した後、平均粒径の微細化が観察されている。NiBr₂を浴に添加した後、Co含有量は約 20 at.% から 60 at.% に増加した。めっきのマイクロビッカース硬度は結晶粒径とCo含有量の両方に影響され、結晶粒径の依存性がより高いことが確認され、特に 13.0 nm の粒径および 66.64 at.% のCo含有量を有するNi-Co合金めっきにおいて 862.2 Hv に達した。組成と粒径に関連した強化効果を明らかにしている。

第3章“Anomalous codeposition of Ni-Co alloys and effects of bromide ions”では、Ni-Co合金電析における臭化物イオンの影響を研究している。臭化物イオンの存在は、Ni-Co合金電着における異常な共析挙動をさらに促進し、NaBr添加後のCo含有量は 30 at.% から 60 at.% に増加した。臭化物イオンはコバルトの還元促進剤として働き、ニッケルの還元を抑制することを明らかにしている。電解液のpHを変化させることにより、陰極で生成する水酸化物中間体により合金電着が影響を受けることを確認している。異常な共電析挙動は、より低いpH環境で促進されることを示している。臭化物イオンの導入と低pH環境により、異常な共堆積挙動に相乗効果が生じることを見出している。

第4章“Micro-mechanical characterization of Ni-Co alloy deposits”では、Ni-Co合金めっきはスルファミン酸浴を用いた合金電析により作製され、その合金めっきから微小柱状試験片を用いて微小圧縮試験を実施し、微小スケールでの機械的強度を調べている。粒界強化メカニズムに基づいて、降伏強度は平均粒径に大きく依存することを明らかにしている。

第5章“Electrodeposition and micro-mechanical characterization of Ni-B alloys”では、共析法で作製したNi-Bめっき皮膜の微小機械的特性とサンプルサイズ効果を微小圧縮試験で評価している。電流密度を制御することにより、B含有量が 2.8 at.% から 14.3 at.% の範囲のNi-B合金膜を電着させている。B含

有量は電流密度の増加とともに減少することを明らかにしている。合金膜の表面粗さ(Ra)は、電流密度の増加に伴って減少している。微小機械的強度を評価するために微小圧縮試験を実施し、電着したNi-B合金膜が4~5 GPaの範囲の高い降伏強度を示し、同時に延性変形挙動を示した。250°Cで1~4時間の熱処理を施すと強度がさらに向上し、金属間化合物Ni₃Bによる析出強化効果により最大の破壊強度5.52GPaが得られている。熱処理時間の増加に伴い、変形挙動は延性から脆性に変化することを見出している。結論として、電着されたNi-B合金膜は優れた微細機械強度と熱安定性を示し、小型エレクトロニクスへの応用可能性を実証している。

第6章“Specimen size effect of Ni-B alloys”では、ホウ素含有量0.52 wt.%の電着Ni-B合金を微小圧縮試験用のピラー型微小試験片に加工し、試験片のサイズが機械的強度に及ぼす影響を調査している。めっきままのNi-B合金は、高い降伏強度と延性圧縮変形モードを示すことを明らかにしている。250°Cでのアニーリング後には、金属間化合物Ni₃Bの析出強化により破壊強度が増加するのに対し、400°Cでのアニーリング後には軟化効果を見出している。250°Cで焼鈍した合金の破壊強度は、試験片サイズが減少するにつれて、4.64 GPaから5.63 GPaに増加した。ワイブル統計によりNi-B合金から得られた微小サンプルは欠陥に敏感であることがわかり、サンプルサイズに対する強度の依存性については、小さな試験片では弱い欠陥が存在する確率が低いことで説明できることを示している。試料サイズの影響については、Ni-B合金ピラーの断面の一辺が4 μmから16 μmまで変化した場合、降伏強度には“小さいほど強い”サンプルサイズ効果を明らかにしている。

第7章“Conclusions”では、各章において得られた結果をまとめ、本論文の結論を述べている。

以上を要するに、本論文ではNi-CoおよびNi-B合金膜を電着法によって作製し、その形態、結晶構造および組成が、電流密度、pH、添加剤などの電着パラメータを変化させることによって制御しうることを明らかにしている。この研究では、Ni-Co電着に対する添加剤Brイオンの影響が電気化学分析法によって研究され、臭化物イオンがCoの還元において促進剤として機能し、Niの還元を抑制することを明らかにしている。電着Ni-CoおよびNi-B合金の微小機械的特性に関しては、微小柱型試験片を作製して微小圧縮試験を実施して、微小スケールでの機械的強度を研究している。降伏強度は平均結晶粒径と合金組成に大きく依存することを見出している。サンプルサイズが小さくなるにつれて強度が向上するサンプルサイズ効果を確認している。本論文では、電気めっき反応と微小機械的評価を組み合わせる合金微小部品を製造するための新しい方法論を提案しており、めっきの電気化学の基礎および小型エレクトロニクス、MEMSへの応用に貢献できることを示しており、工学上・工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値があると認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。