

平成29年度

戦略的基盤技術高度化・連携支援事業

戦略的基盤技術高度化支援事業

「高硬度・高靱性を備える耐摩耗性に優れた

Ni-W系ナノ結晶合金めっきの試作開発」

研究開発成果等報告書

平成29年3月

担当局 関東経済産業局

補助事業者 公益財団法人さいたま市産業創造財団

目 次

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

1-2 研究体制

1-2-1 実施体制

1-2-2 研究者等氏名

1-3 成果概要

1-4 当該研究開発の連絡窓口

第2章 本論一（1）

最終章 全体総括

研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

○新技術を実現するために解決すべき研究課題

(七) 表面処理に係る技術

1 表面処理に係る技術において達成すべき高度化目標

(3) 川下分野横断的な共通の事項

①川下製造業者等の共通の課題及びニーズ

ア. 高機能化「中小企業の特定期間ものづくり基盤技術の高度化に関する指針」

現在グラビア印刷で使用されている炭化ケイ素（以下SiC）複合めっき仕様のドクターブレードは、表面上のめっき皮膜が疲労により欠けて脱落することにより、ドクター線が不定期的に発生することで印刷品質上の重大欠陥となり、製品不良を起こすことが問題となっている。

そこで国内のグラビア印刷を行う全ての印刷業者は上記課題であるドクター線発生抑制を喫緊の課題としており、当社は川下企業である凸版印刷株式会社と連携し、ドクター線の発生抑制を目的として高硬度に加え、新たな物理特性＝高靱性（高引張強度＋塑性伸び）を付与可能なドクターブレード向けニッケル－タングステン（以下Ni-W）系ナノ結晶合金めっき技術の研究開発を行い、川下製造業者が課題とするドクター線を抑制できるドクターブレード向けめっきの開発を行った。

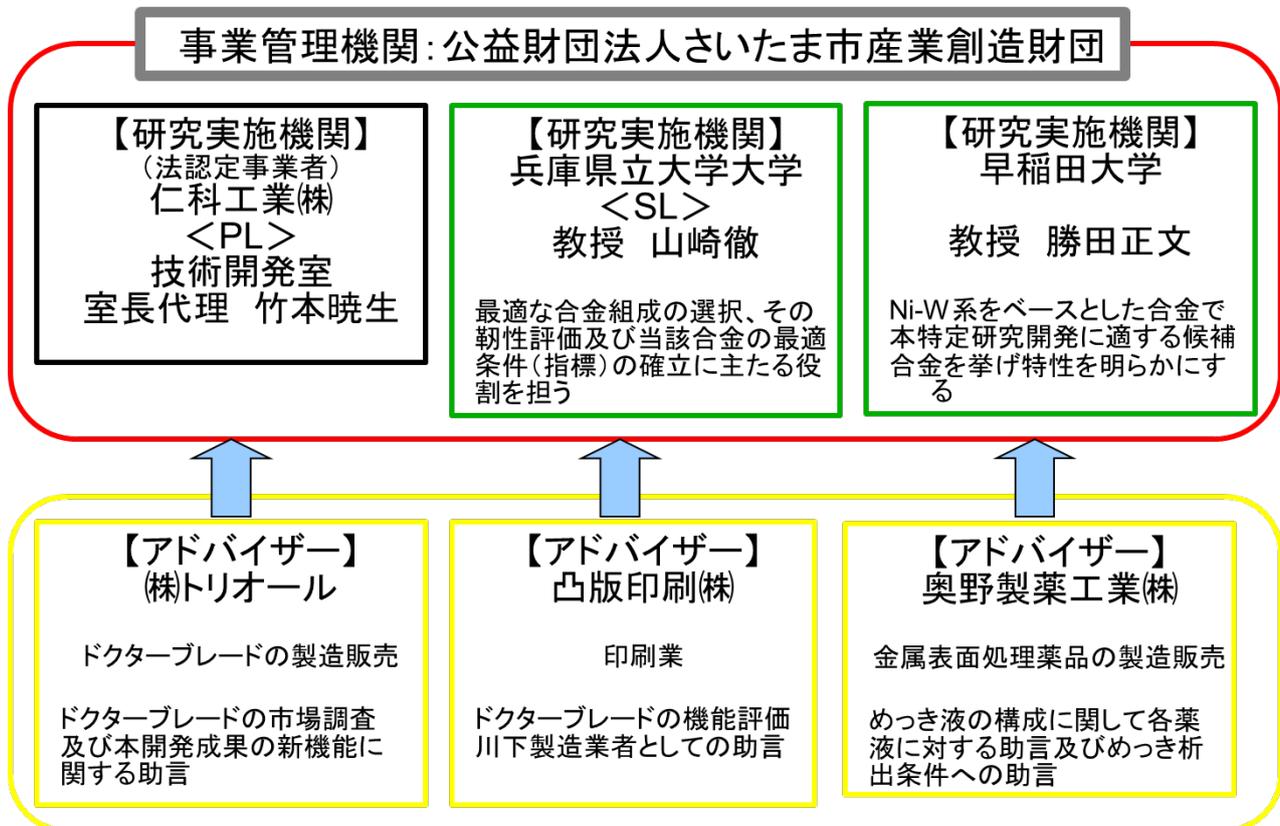
本研究の主題であるNi-W系合金のナノ結晶構造はSiC粒子（およびSiC粒子に近い性質を持つ組成物）の脱落がないため、従来技術の課題であるドクター線の発生を抑制することができ、高耐摩耗性・高硬度＋高靱性を皮膜へ付与する事で従来並～従来以上の耐久性を持ったドクターブレードの製造を行う事が出来ると見込んでいる。

実際に本研究にアドバイザーとしてご参画頂いた川下業者の凸版印刷様の実使用条件での評価に対しサンプル提供を実施して本研究の主題＝最終目標である良好な結果を得るだけでなく、事業化へ向けて優先的に継続的サンプル提供を実施し、製品適用を進めることで凸版印刷様と合意している。

さらには、従来技術と比較する実使用条件に近い耐摩耗試験を実施することで、前述した耐久性の有るドクターブレードの製造を行い、付加価値の高い製品提供を目指すだけでなく、事業化に向けて凸版印刷様の特殊仕様に対応する新たな目標（課題）も明らかになった。

1-2 研究体制

1-2-1 実施体制



上記の研究開発実施体制に加え、専門家として

(1) 新井田技術士事務所 新井田 有慶

- ・技術士
- ・(独)中小機構「ものづくり」研究開発支援専門員
- ・公益財団法人さいたま市産業創造財団 登録専門家

(2) 株式会社巡る技 原 真一

- ・技術士
- ・薄膜微細加工コンサルタント

以上2名をアドバイザーとして招聘し、研究開発の実施を行った。

1-2-2 研究者等氏名

①仁科工業株式会社（法認定機関）

氏名	所属・役職	備考
竹本 暁生	技術開発室・室長代理	PL・管理員
杉本 雅人	営業部・部長	管理員
井手 薫	本社工場・工場次長	
佐藤 公則	生産技術開発室・室長	
谷川 武	技術課	
鈴木 真実	技術課	

②公立大学法人兵庫県立大学

氏名	所属・役職	備考
山崎 徹	工学研究科・教授	SL・管理員
望月 孝晏	工学研究科・特任教授	
足立 大樹	工学研究科・准教授	
鍋島 隆行	工学研究科・非常勤研究員	
岡本 佳奈	工学研究科・非常勤研究員	

③学校法人早稲田大学

氏名	所属・役職	備考
勝田 正文	早稲田大学環境総合研究センター 所長	管理員
早乙女 康典	早稲田大学環境総合研究センター 客員教授	

④公益財団法人さいたま市産業創造財団（事業管理機関）

氏名	所属・役職	備考
佐々木 哲也	支援・金融課 課長	管理員
寺村 泰昭	総務課 課長	管理員
反町 政幸	コーディネータ	管理員
平松 寿典	支援・金融課 主査	管理員
山下 秀行	支援・金融課	管理員

1-3 成果概要

- ① Ni-W 系合金をベースとした合金組成の選定を行い、最適化サンプルの作成に成功した。
- ② 上記最適化サンプルを提供して実使用条件での評価を本研究にアドバイザーとしてご参画頂いた川下業者の凸版印刷株様に御担当頂き、良好な結果を得ることができた。
- ③ ドクターブレードの耐久性の指標とされたビッカース硬度では目標の700~950Hvに対し600~650Hvと未達であったが、新たに付与された物理的特性=靱性により従来技術を凌駕する耐久性を持つドクターブレードの開発に成功した。
- ④ 連続搬送型電気めっき試作装置の試作を完了した。
- ⑤ 上記装置の試作に伴い、新たに凸版印刷株様ご要求の短冊形製品電気めっき試作装置の開発にも成功し試作を完了した。
- ⑥ 上記④・⑤に対する最適めっき条件及び管理条件の決定を完了した。
- ⑦ 上記②の評価を進める中で、川下業者の凸版印刷株様の特殊仕様も明らかになり、事業化へ向けての継続的サンプル評価を御担当頂けることが合意された。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

仁科工業株式会社 技術開発室室長代理 竹本 暁生

〒338-0002

埼玉県さいたま市中央区下落合1003（本社工場）

TEL：048-831-5238（080-4436-2335）

FAX：048-822-4820

E-Mail：a-takemoto@nishina-inc.com

第2章 本論一（1）

【1-1】 Ni-W系合金をベースとした合金組成の選定

- ① Ni-23.6at%W~14.4at%W 組成
- ② Ni-14.4at%W より W 含有量小
- ③ Ni-23.6at%W より W 含有量大で 3 元素目をわずかに加える

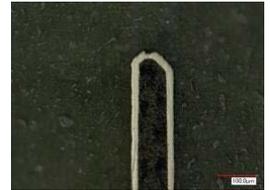
⇒平成 27 年度成果として Ni-最適 at%W でブレード基材に膜厚 17 μ m 成膜に成功（従前は 5 μ m まで）。

⇒平成 28 年度成果として、平成 27 年度に選定した上記優良候補による工業用薬品を用いた最適化サンプルの作成に成功した。

⇒平成 29 年度成果として Ni-最適 at% での凸版印刷株式会社様実機評価用サンプル作成を優先して完了し、Ni-最適 2at%W も確認したことにより選定を完了した。



市販浴 電解 Ni-W めっき
(ブレード基材)
*膜厚 5 μ m を超えると
剥がれが発生し、
それ以上の成膜不可



Ni-最適 at%W ナノ結晶合金めっき
(ブレード基材)

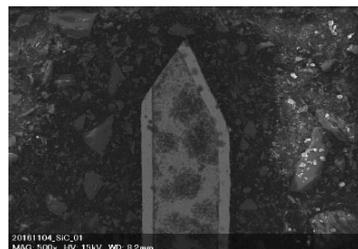
→上記の様に膜厚 17 μ m まで成膜成功。
膜厚均一性も $\sigma=1.3$ と良好。

【1-2】 上記当該合金の組織、硬度及び靱性の測定・評価

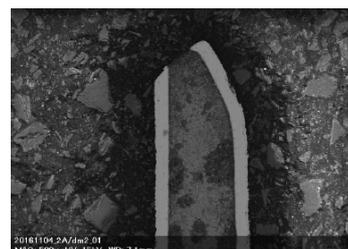
→薄膜サンプルを作成し合金組織を確認した上で、ビッカース硬度の評価及び靱性を評価するため引張試験での最大破断応力を評価する。最大破断応力だけでなく応力曲線により塑性伸びも評価する。

⇒平成 27 年度成果として 上記組成での基礎評価において硬度のみ 600Hv と未達。

⇒平成 28 年度成果として 上記基礎評価における硬度未達においても簡易耐摩耗試験での従来技術 (SiC) との比較試験で良好な結果を得たため、本条件での評価を進めることに決定した。



従来技術 (SiC)



新技術 (SiC)

⇒平成 29 年度成果として 上記組成において耐摩耗試験で良好な結果を得たため、これを最適な合金組成として評価を完了した。

【1-3】 上記当該合金の特性の基礎評価

→上記【1-2】で優れている当該合金候補を選定し、基礎評価を実施する。

耐摩耗試験（擦過法による摩耗量測定及びその摩耗形状の観察）及び耐蝕性試験（中性塩水噴霧試験）を基礎評価とする。

⇒平成 27 年度成果として 上記組成での簡易耐摩耗試験を従来技術（SiC）と比較試験して良好な結果を得た。

⇒平成 28 年度成果として 仁科工業㈱において上記組成での最適化サンプル作製に成功し、基礎評価においても良好な結果を得た。

⇒平成 29 年度成果として 基礎評価項目すべてにわたり良好な結果を得て基礎評価を完了した。中性塩水噴霧試験では R=9.8 以上と目標を大きくクリアできた。

【1-4】 Ni-W合金の評価及び優良候補 3 条件抽出

→上記評価【1-2】及び【1-3】に合格した当該合金においての評価特性値＝ピッカース硬度・最大破断応力・塑性伸びをマトリクス状に展開して、その相関関係を把握した上で優良なものから 3 候補の当該合金組成を抽出する。

下記【2-3】評価結果次第で優良候補の抽出し直しを繰り返す。

	<p>耐摩耗試験方法 →平成 27 年度成果として早稲田大学開発の試験法に変更することに決定した。</p> <p>→平成 28 年度成果として当該試験方法に基づく試験機を完成させた。</p> <p>ピンオンディスク試験方法に基づくドクターブレード実使用状態に可能な限り近い条件を再現し、従来技術(SiC)との比較試験で評価する。</p> <p>その評価値は「比摩耗量」とする。</p>	
--	--	--

⇒平成 29 年度成果として当該試験機を用いた評価により、Ni-W 系ナノ結晶合金めっきの優位性を確認できた。

基礎的摩耗試験：ピンオンディスク試験

②-1 ピン試験片(めっき試験片)の比摩耗量の測定
 摩耗試験の前において、ピン試験片の質量計測(分解能0.01mg)を行い、式(1)によって算出する。
 $W_{ps} = (W_{p1} - W_{p2}) / (P \cdot t)$ (1)
 Wps: ピン試験片の比摩耗量(m²/N) Wp1: 試験前のピン試験片の質量(kg)
 P: 荷重(N) Wp2: 試験後のピン試験片の質量(kg)
 t: 試験時間(m)

②-2 ディスク試験片の比摩耗量の測定: 体積計測法から質量計測法へ変更
 摩耗試験の前において、ディスク試験片の質量計測(分解能0.1mg)を行い、式(2)によって算出する。
 $W_{ds} = (W_{d1} - W_{d2}) / (P \cdot t)$ (2)
 Wds: ピン試験片の比摩耗量(m²/N) Wd1: 試験前のディスク試験片の質量(kg)
 P: 荷重(N) Wd2: 試験後のディスク試験片の質量(kg)
 t: 試験時間(m) ρd: ピン試験片(めっき膜)の密度(kg/m³)

②-3 ピン(めっき片)およびディスク試験片の走査電子顕微鏡(SEM)観察
 試験後の試験片表面の走査電子顕微鏡(SEM)観察を行う。

②-4 みかけの摩擦係数の測定
 摩擦係数 $\mu = F_t / P$ Ft: すべり力(N)

試作・高速摩耗試験機 → 基礎的摩耗試験



基礎的摩耗試験：ピン・オン・ディスク試験結果

②-1ピン試験片(めっき試験片)の比摩耗量の測定

摩耗試験の前後において、ピン試験片の質量計測(分解能0.01mg)を行い、式(1)によって算出する。
 $Wps = (Wp1 - Wp2) / (F \cdot t)$ (1)
 Wps: ピン試験片の比摩耗量(mg/N) Wp1: 試験前のピン試験片の質量(kg)
 P: 荷重(N) Wp2: 試験後のピン試験片の質量(kg)
 t: シェアード距離(m) ρp: ピン試験片の密度(kg/m³)

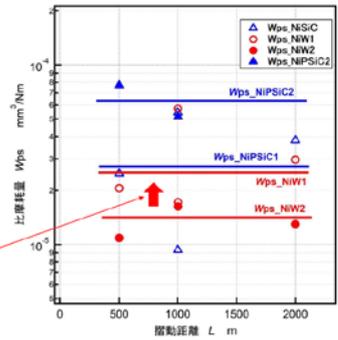


試験片	荷重 P	回転半径 CT	回転距離 L	ピン質量		密度 ρ	比摩耗量 Wps
				試験前	試験後		
	N	CT	m	kg	kg	kg/m³	mg/N
NPSiC1	0.760	19.926	501	84.51	84.43	8.45	2.49E-05
	0.760	39.826	1,000	77.70	77.35	8.45	5.45E-05
	0.760	39.825	1,000	81.24	81.18	8.45	9.34E-06
	0.760	79.619	2,000	79.99	79.50	8.45	3.81E-05
NPSiC2	0.800	20.608	500	76.83	76.57	8.45	7.69E-05
	0.800	38.082	1,005	77.70	77.35	8.45	5.15E-05
NW1	0.760	19.984	499	87.50	87.41	11.50	2.06E-05
	0.760	39.823	1,000	85.70	85.20	11.50	5.72E-05
	0.760	39.828	1,001	86.89	86.54	11.50	1.72E-05
	0.760	79.620	2,000	86.59	86.07	11.50	2.97E-05
NW2	0.800	20.577	500	79.82	79.77	11.50	1.09E-05
	0.800	37.071	1,002	74.14	73.99	11.50	1.63E-05
	0.800	80.967	2,000	75.98	75.44	11.50	1.30E-05

ピンオンディスク試験
 回転速度 0.5m/s
 負荷荷重 0.80N
 (負荷応力 2.0MPa)

ピン・オン・ディスク摩耗試験結果:比摩耗量

試験片:
 NPSiC1, NPSiC2
 NIW1 : 4A/dm², 26分,
 連続10回目(SP8)
 NIW2 : 4A/dm², 20分
 (SP10)
 荷重 P=0.8N (応力σ=2MPa)
 回転速度 0.5m/s
 無潤滑, 室温25~27°C, 33%



めっき液ライフタイムによる
 耐摩耗性の劣化
 ⇒量産時に問題となる為
 改善が必要

【2-1】 当該抽出3条件合金組成に合わせた最適条件の確立

→上記【1-4】より抽出された3条件のNi-W系合金組成最適候補に対し、各々の組成比を満たすめっき液組成及び電析条件(浴温及び電流密度)を調整し確立する。

⇒平成28年度成果として、仁科工業㈱において工業用薬液を用いた平成27年度選定の優良候補による再現確認を実施して良好な結果を得ることができた。さらに兵庫県立大学によりNi濃度・浴温・電流密度・pHの最適条件を設定することができた。

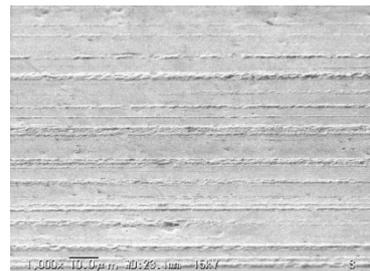
⇒平成29年度成果として、上記最適条件でのサンプル作成を完了した。

【2-2】 ドクターブレード基材での当該合金最適化サンプル作成

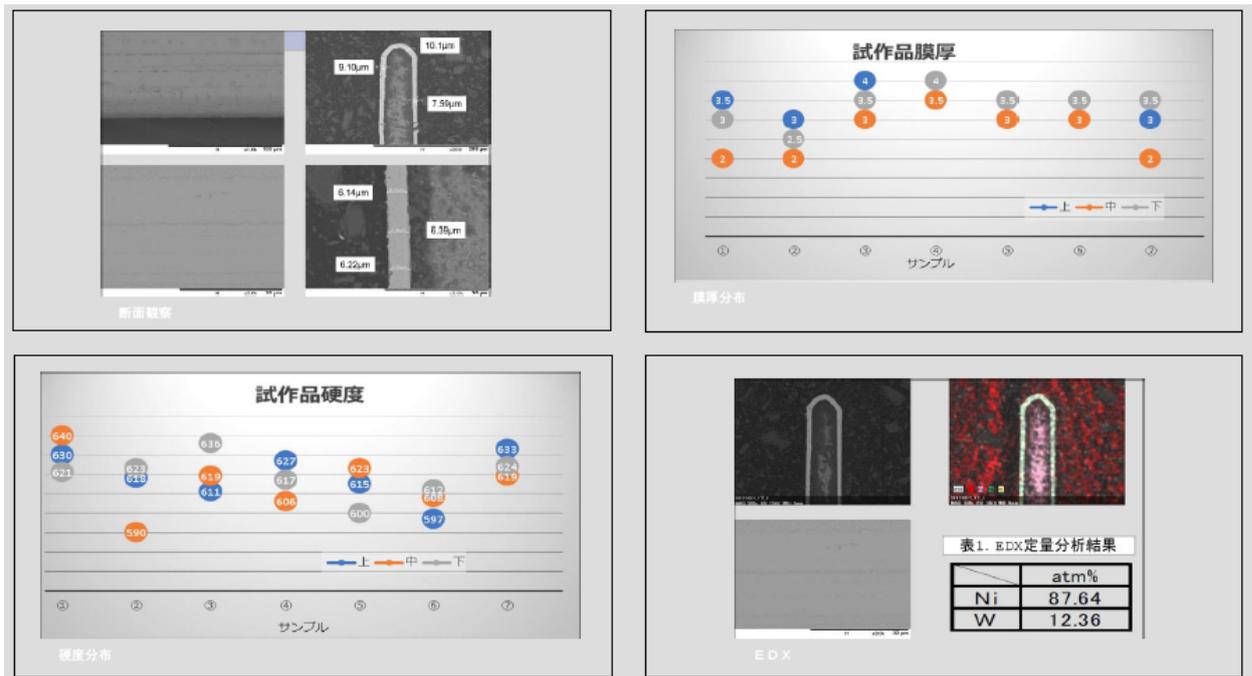
→【3-1】で確立された最適条件で無償提供された実使用するドクターブレード基材に対し当該Ni-W系合金めっきを施したサンプルを作成する。ドクターブレードを基材としたサンプルを使用することで実使用での評価につながる。

⇒平成27年度に既にドクターブレード基材への当該合金めっき皮膜の形成に成功しているが、平成28年度成果として前述のとおり仁科工業㈱において最適化サンプルの作成に成功した。

⇒平成29年度成果として、下記【2-3】当該ドクターブレード・サンプルでの実使用条件評価(凸版印刷㈱様で実施)のための1.2mサンプル6本を作成完了した。



上記 1.2mサンプルの基礎評価



【2-3】 当該ドクターブレード・サンプルでの実使用条件評価

→実使用条件を完全に満たす評価。SiC 粒子共析の複合無電解ニッケルめっきサンプルも同時に用意し、実際に印刷に使用する形態で比較評価する。グラビア印刷における印刷量の目安として印刷延べ距離 20,000~30,000mが最大印刷量となるため、30,000m印刷相当の評価を実施する。

⇒平成29年度成果として、当該実使用条件評価を凸版印刷㈱様に御担当頂き、前述の通りサンプルを提供して評価を実施していただき良好な結果を得た。

さらに事業化に向けて当該評価を継続することで合意を得ただけでなく、凸版印刷㈱様特殊使用もご開示いただけ、これを事業化（製品化）への課題とすることも合意された。

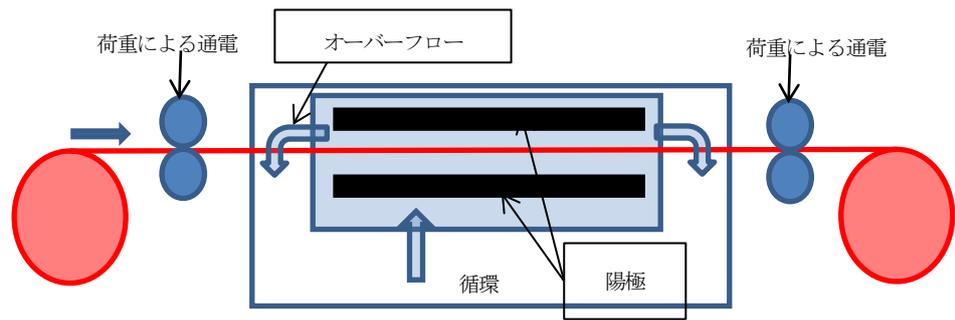
【3-1】 連続搬送試作ラインの構築

→100mロールを連続・接続しながら搬送・めっき処理可能な搬送系を持ち、ブレードに対し確実な通電を確保できる試作ラインの構築。

⇒平成27年度成果として前処理槽、基本構造を持つめっき槽2槽、後処理（水洗・乾燥）槽及び連続搬送系を持つ試作ラインを製作・構築した。

⇒平成28年度成果として、量産試作を目指しためっき条件を検証するための試験用めっき槽及び搬送系の改造を行った。

⇒平成29年度成果として、上記装置を改造して連続搬送型電気めっき試作装置の試作を完了した。本装置（装置1）を用い20mサンプルを作成完了した。さらに、凸版印刷㈱様の要請により短冊形製品電気めっき試作装置（装置2）の開発に成功し、試作を完了した。



連続搬送型電気めっき試作装置（装置1）



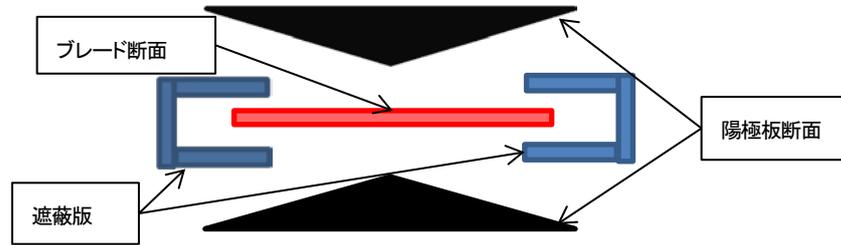
短冊形製品電気めっき試作装置（装置2）



【3-2】 めっき処理構成及び電析条件の最適値の確立

→膜厚均一性を確保するため、陽極形状及び遮蔽版を最適化する。

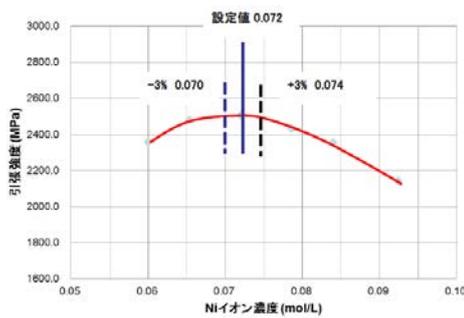
成膜速度も量産適用に耐えうる速度にする。その上で電析条件（浴温及び電流密度）の最適値を決定する。



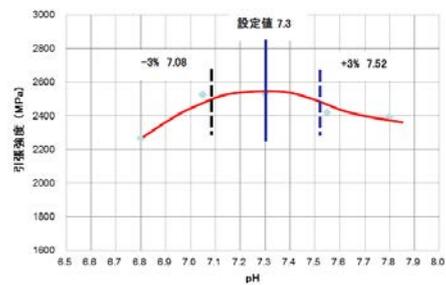
⇒平成28年度成果及び平成29年度成果として、前述のとおり量産試作を目指しためっき条件を検証する試験装置を作成した上で陽極材料の最適化を行い、遮蔽版及び水素ガス脱泡機構の開発に成功した。

さらに電析条件の尤度として、Ni濃度・pH・浴温・電流密度の確認を完了した。

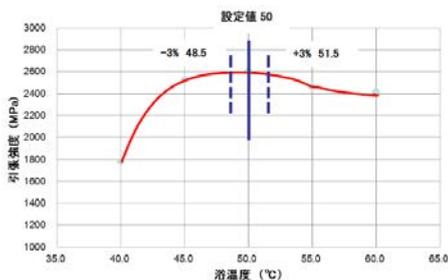
(1) めっき浴のNiイオン濃度



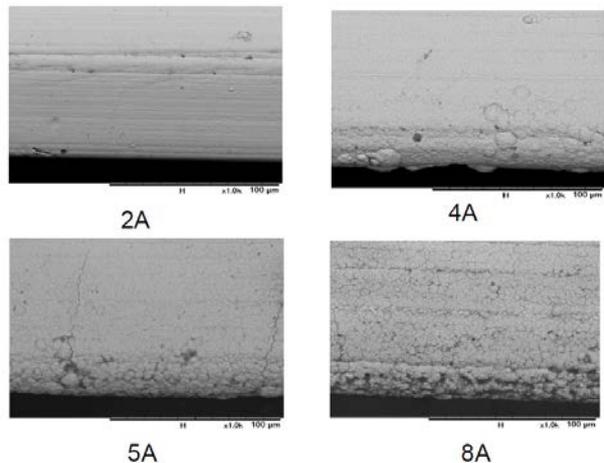
(2) めっき浴のpH



(3) めっき浴の温度



(4) 電流密度による表面状態



5 A (=500A/cm²) までが許容範囲

【3-3】 めっき液等管理条件の確立

→めっき液等の管理条件は量産適用を考慮に入れて適度な尤度を持たせる。

試作開発時点ではめっき液補給は手動濃度分析による手動補給となるが量産適用時に向けて自動濃度分析及び定量ポンプによる自動補給を目指す。

⇒平成28年度成果として、前述のとおりめっき液等管理条件の検証用試験装置の作成を行った。

⇒平成29年度成果として、上記【3-2】めっき処理構成及び電析条件の最適値の確立で確認された電析条件をめっき液等管理条件として、上記【3-1】連続搬送試作ラインの構築で試作を完了した連続搬送型電気めっき試作装置（装置1）及び短冊形製品電気めっき試作装置（装置2）において確認し管理条件の確立を完了した。

さらに、平成29年度に向けての課題であっためっき液の寿命（ライフタイム）は事業化に向けての重要課題であったが、陽極材料を再選定し最適化を向上させることで解決した。

Ni-Wめっきの陽極の選定

従来よりNi-Wめっきに使用している陽極は、Ti基板にIrO₂系の材料をコーティングしたものであるが、購入先メーカーが当陽極の製造を中止し、入手ができなくなっている。そのため、代替品を探している。現在、ほぼ同等の性能を有すると思われる代替品を入手して評価している。

3.1 代替品の候補

- 陽極 A : 従来より使用しているA社製
- 陽極 B : B社製
- 陽極 C-1 : C社製
- 陽極 C-2 : C社製

引張試験

陽極C-2を使用して、引張試験片のめっきを5回行い、従来の陽極Aのデータと比較した。結果を図2に示す。この結果は、めっき後初期に行った引張試験である。

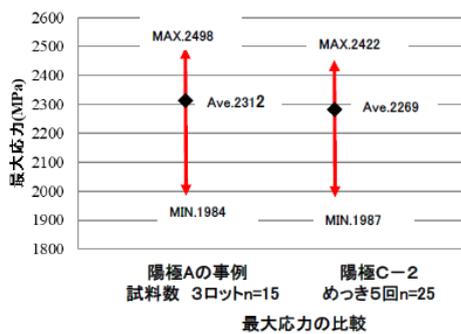
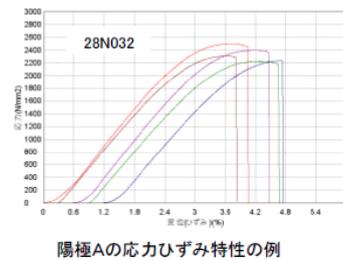


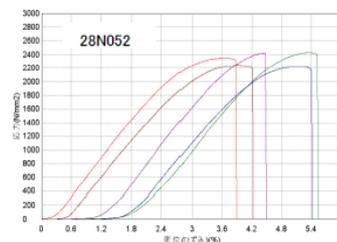
図2 引張試験結果の比較

まとめ

今後、引張試験の経時変化の測定及び再現性の確認を行う必要があるが、陽極C-2は現状の陽極Aの代替品としての使用が期待できる。さらに評価を進めて選定する。



陽極Aの応力ひずみ特性の例



陽極C-2の応力ひずみ特性の例

最終章 全体総括

1. 全体として（複数年）の研究開発成果

- (1) Ni-W 系ナノ結晶合金の合金組成を Ni-最適 2～最適 at%W として選定を完了した。
- (2) 上記 Ni-最適 at%W 組成での最適化サンプル作成を完了した。
- (3) 上記最適化サンプルにおいて基礎評価を完了し、耐摩耗試験及び耐食性試験において良好な結果を得た。
- (4) 上記最適化サンプルとして 1.2mサンプル・6 本を作成完了した。
さらに 20mロール・サンプルも作成完了した。
- (5) 実使用条件下での評価を凸版印刷㈱様に御担当頂き、従来技術の SiC 複合無電解ニッケルめっきと比較して良好な結果を得た。
- (6) 連続搬送型電気めっき試作装置（装置 1）及び短冊形製品電気めっき試作装置（装置 2）の試作を完了した。本装置を用い上記（4）のサンプル作成を行った。
- (7) 実使用条件に極めて近い条件での耐摩耗試験方法を開発し試験機を作成の上、評価を進めることで、ドクターブレードの耐久性の指標とされたビッカース硬度では目標の 700～950Hv に対し 600～650Hv と未達であったにもかかわらず、新たに付与された物理的特性＝韌性により従来技術を凌ぐ耐摩耗性を持つドクターブレードの開発に成功した。
- (8) 最適めっき条件及び管理条件の Ni 濃度・pH・浴温・電流密度の最適値及び管理幅を決定し、上記（4）で試作した装置にて確認を完了した。
- (9) 上記をもって、本研究開発の主題であった川下製造業者が喫緊の課題とするドクター線（凹版印刷＝主にグラビア印刷におけるインクの掻き取りミス）の発生を抑制し、従来技術を凌駕する耐久性を持つドクターブレード向けめっきの試作開発を完了した。
- (10) 事業化に向けて、継続的サンプル評価を継続することを凸版印刷㈱様と合意した。
さらに、凸版印刷㈱様の要求特殊仕様も開示され事業化への課題に取り込むことが可能となった。

2. 研究開発後の課題及び事業化展開

- (1) 研究開発後＝事業化の課題は次ページの表にまとめた。
- (2) 事業化展開

川下業界であるグラビア印刷業において耐摩耗性を向上させるためにドクターブレードにめっき等の表面処理を施工する要求は国内にとどまっていたが、国内最大手の印刷業者の海外進出（インドネシア等）に伴い海外特に東南アジア方面で需要が拡大してきている。既に本計画立案時よりも市場拡大のニーズが高まっている情報（30 万m/月≒国内現状市場規模）を富士商興㈱様より得ている。更には凸版印刷様よりはジャカルタ工場を始めとした販売を担当執行役員より要請されている。これに対応するため事業化を遅滞なく進めるようにする。

サンプル出荷：事業完了年度の翌年度から（平成 30～31 年度）

→アドバイザーである凸版印刷(株)優先（富士商興(株)様ルートを追加）

凸版印刷(株)様の特殊仕様対応も進める。これにより確実な製品適用が期待できる。

製品等の生産：平成 31 年度から→凸版印刷(株)様優先、その後大日本印刷(株)への販売開始

いずれもアドバイザーである(株)トリオールを通じての販売に加え富士商興(株)様を

通じての販売を実施する（凸版印刷(株)ジャカルタ工場向け等海外市場）予定

平成 33 年度から→富士商興(株)を通じての販売をさらに拡販

次年度以降の事業化課題及び取組み内容

事業化への課題	目標	具体的取組み	期限
1. 技術的課題			
1) めっき処理時電流密度の向上	電流密度4A/dm ² ⇒10A/dm ²	ハルセル試験で効果確認済みの手法をスケールアップ・テスト機で再確認し、量産時に適用する。	事業化1年目 (半年目迄)
2) めっき液ライフタイムの向上	生産効率的にピーカーワーク・テストにおいて最低連続2万回めっきに耐える。(補給のみ)	①陽極材料の更なる最適化 ②イオン交換樹脂膜のテスト	事業化1年目 (半年目迄)
3) 量産機仕様の決定及び作成	生産効率として75m/hr以上	①めっき槽の追加(計4槽) ②3レーン⇒4レーン化 ③縦送りでのメンテナンス性向上⇒揺動対策	事業化1年目
2. ドクターブレード事業化への課題			
1) 凸版印刷様での試作評価N増し	当該事業での1.2mサンプルをN増し:最低10本	①スケールアップ・テスト機で対応 ②試作機で対応	事業化1年目
2) 凸版印刷様特殊仕様へのサンプル出し	当該事業中に要請のあった刃先特殊構造への対応(めっき膜厚の抑制)	①スケールアップ・テスト機で遮閉板の改良 ②スケールアップ・テスト機で補助陰極のテスト ③上記の試作機への適用	事業化1年目
3) 他ルートでの試作サンプル提供	トリオール様ルートでの大日本印刷様向けサンプルの提供及びトリオール様以外のルートでのサンプル提供	上記凸版印刷様向けサンプル提供を優先し他ルートはその後とする。	事業化2年目
3. 他分野への事業展開での課題			
1) 自動車関連分野	摺動部品及びリチウムイオン・バッテリーのセパレータ・フィルム用金型への試作	①スケールアップ・テスト機でのバッチ処理 ②試作機の作成	事業化2～3年目
2) エレクトロニクス関連分野	リチウムイオン・バッテリーのセパレータ・フィルム金型への試作	同上	事業化2～3年目
3) 航空・宇宙分野	現状の硬質Crめっきの代替技術としての提案	環境負荷物質規制の強化に対する対策として提案する。 ⇒耐摩耗性及び靱性が優位性を持つ。	事業化2～3年目

