



---nickel electroforming process---

(ニッケル電鍍めっきの手引き)

目 次

1. 陽極
 - 1.1 “S” ニッケル
 - 1.2 アノードバスケット
2. めっき液
 - 2.1 ワット浴
 - 2.2 スルファミン酸ニッケル普通浴
 - 2.3 スルファミン酸ニッケルハイスピード浴
 - 2.3.1 浴の調整
 - 2.3.2 陽極材料
 - 2.3.3 操業条件
 - 2.3.4 コバルト添加ハイスピード浴
 - 2.3.5 有機物添加ハイスピード浴
 - 2.4 電鍍溶液の配合精製
 - 2.4.1 有機物の除去
 - 2.4.2 金属不純物の除去
 - 2.4.3 溶液の精製
 - 2.5 浴の管理
 - 2.6 溶液の分析
 - 2.6.1 全ニッケル含有量の測定
 - 2.6.2 硼酸の測定
 - 2.6.3 塩化物含有量
 - 2.6.4 その他成分の濃度
 - 2.7 浴の変数
 - 2.7.1 浴温と pH
 - 2.7.2 電流分布
 - 2.7.3 金属厚さ分布の改善：均一電着性
 - 2.7.4 電着分布改善のための他の方法
3. 各種浴からの析出物の比較
 - 3.1 電着応力の測定



3.2 析出物の柔軟性の測定

4. 事故とその原因
5. まとめ
6. 数値表
7. 営業品目



ニッケル電鍍めっきの手引き

ニッケルめっきは、アノードから金属ニッケルをイオンに変換し、それを溶液へ移すことに始まる。このイオンは陰極（即ちマンドレル表面）で放電し、陰極表面に金属ニッケルとして析出する。そこでニッケル電鍍方法に於て考慮しなければならないのは次の3項の領域である：陽極操作、溶液の形態、陰極析出物の性質。此等領域の各々について細部検討したい。

1. 陽極

ニッケルめっき溶液中での可溶性陽極の機能は、溶液との電氣的接触を持たせ陰極に於て放電するニッケルイオンを補給し、陰極への電流を配分するにある。一時期、鑄造や鑄造ニッケルアノードが広く用いられたが、此等のニッケルアノードは溶解につれて陰極への電流配分が変わり、金属の析出が不均一となる様に推移する。この様に作られたアノードは現在、精鍊ニッケル片を入れたチタンメッシュ製バスケットに大部分置き換って来た。金属チタンは酸化保護膜を有し、溶液へ直接電流を導く事が出来ない。然し、バスケット内にニッケル片が入ると、ニッケル片はその酸化膜を介してチタンと導通が出来る。そこでそのバスケットがアノードバーに吊るされるや、ニッケル片の溶解は可能となる。溶出したニッケルを補充するため新しいニッケル片をバスケット内に入れる。この様にしてバスケットアノードの電極としての有効面積は一定に保持される。更に精鍊ニッケルは溶解圧延ニッケルよりも低価格で入手出来る。最良の結果を得るため精鍊ニッケルの形状の選定は大切である。

理想的な陽極ニッケル材料は不純物を含まず、そして残渣を生成すること無く完全に溶解するものでなければならない。種々の形の精鍊ニッケルを使って行った初期の実験では、時により金属の損失が許容以上に大きかった。その時の利用可能で最も良好な材料は、標準の電解精鍊ニッケルであった。

このタイプのニッケルにまつわる主要な問題点は、点食を伴った溶解がしばしば起こり、最終的にはアノード表面全体がスポンジ状に変わって脱落し、アノード反応に関与出来なくなってしまう事に至る。低塩化ニッケル浴に於ては溶解が特に悪い。

1.1 INCO “S” ニッケル

此等の問題を克服するため INCO ではニッケルの溶解機構の確認実験を行った。その結果開発された INCO “S” ニッケルは、一様に溶出し残渣が少ない活性材料である。



INCO “S” ニッケルには、“S” ニッケルラウンドと言う電解精錬過程で電鍍製造されるものと、INCO 英国工場に於てカーボニルガスに依る精製法で製造した INCO “S” ニッケルとの2種がある。チタンアノードバスケットに充填して使用される此等2種類の INCO “S” ニッケルには今なお理想的アノードに近づけるため改善が加えられている。INCO “S” ニッケルを電鍍に使用する場合の特別に利点は次の通りである。

- (1)バスケット内に於ける沈降の改善、これによりアノード形状を一定に保持。従って、電着継続時間中、電流分布ひいては電鍍厚さを信頼をもってコントロールする事が出来る。
- (2)すべてのめっき条件に於て活性であるので、塩化物を含まない溶液中に於ても INCO “S” ニッケルは良好に溶解する。めっき浴中に存在する要素イオン析出金属の応力を大きくする。そこで低い応力が望ましい電鍍の場合、塩化物が低濃度でもアノードが効率よく溶解出来る事は大きな利点となる。
- (3)浴液の銅汚染は、ニッケル溶解時生成する不溶性残渣の中に取り込まれて減少する。浴中の銅は通常マンドレルの隅角部や凹部の如き低電流密度部分に電着され、その部分の機械的強度を低下させるため、この銅の減少は電鍍に於て重要な事である。
- (4) INCO “S” ニッケルは活性が高いため、通常の電気ニッケルに比べ残留物が少ない。(表1)残留物、とくに金属残渣が多いことは直接損失につながる。

(表1) 1,000kg ニッケル溶解について全残渣とニッケル金属残渣の重量

ニッケル材料	全残渣 kg	金属ニッケル残渣 kg
普通の電気ニッケル	2.7~2.8	1.5~1.6
INCO “S” ニッケルラウンド	1.6	0.08~0.17

(5) INCO “S” ニッケルを充填したアノードバスケットには INCO “S” ニッケルを定常的に加えてさえ置けば残留物が殆ど生じないので、特に注意を払わずに長期間使用出来る。此は時間や労力の節約の他に、電鍍物にざらつきを与えるアノードの乱調をも最小に出来る。

2種類の INCO “S” ニッケルの有する利点に加えて、更に INCO “S” ニッケルペレットはその幾何学的形状の特徴から特別の利点を有している。電鍍業者にとって主なる利点は：

- ・ INCO “S” ニッケルペレットは 20mm 程度の開口部から補給が可能で、更に 50~70mm 厚さのプラスチック平板をバスケット内に挿入して普通のアノードバスケット内スペースを適宜ふさいで使用出来る。此によりバスケット内に固定されるニッケルの重量が減り、電鍍作業開始時のコストを減少出来る。
- ・ INCO “S” ニッケルペレットを入れた小さなチタンバスケットは補給アノードとして深いぼみ部への電着に対し特に有効である。更にマンドレルに合致する形状寸法のアノ



ードバスケットを用いれば、マンドレル全体に均一なニッケル電着を施すことは容易である。

1.2 アノードバスケット

ニッケルは、通常ラス目のチタンバスケットに充填されているが、時には中央部にチタン製の通電棒を入れたポリプロピレン製の網状バスケットを用いる事もある。チタンバスケットの網目は **7.5 × 3.5mm** と云う細かいものが推奨されている。

チタンアノードバスケットには、すべてアノードバッグをかぶせる必要がある。それはカソードに附着してさらの原因となる残渣の洩れを防ぐ為である。

出来れば標準の濾過用ポリプロピレン布でアノードバックを使用すべきである。最も安全な方法としては2重バッグを使用するのが推奨される。内側のバッグはバスケットをきつく締め付けて、小さなニッケル粒の逸脱を防ぐ。外側のバッグは若干のゆとりをもたせてつける。

一部 INCO 社の文献を参考にしました。



2. めっき液

電鍍に使用するニッケルめっき液は、次に示す条件を満足するニッケルが析出し得なければならない。

- (1) 全体のめっき膜厚がかなり厚い場合も、金属膜厚の分布が均一である事。
- (2) 電鍍物に変型が起らない様、電着応力を極めて小さな値にコントロールする事。
- (3) 特定の用途に要求される充分ならない延性をも含め、電鍍物の機械的性質が満足なものである事。

装飾用ニッケルめっき浴には、めっき前の下地面以上に平滑で面も光沢のあるめっき面を得るため、専用の添加剤が加えられている。装飾ニッケルめっきに必要な条件は電鍍の場合と同じではないので、電鍍に用いられる浴は限定される。

電鍍に用いられるニッケルめっき浴には次の様なものがある。

- (1) 特定の有機添加剤を入れたワット浴
- (2) 普通スルファミン酸ニッケル浴
- (3) 濃厚スルファミン酸ニッケル浴(ハイスピード浴)

商業的見地からのスルファミン酸塩浴使用によるニッケル電着の利点は、析出物の内部応力が低く而も高速電着が可能なことに在る。基本的には普通浴

(スルファミン酸ニッケル 250~450g/L 含有)及び高濃度浴(スルファミン酸ニッケル 600g/L 含有)と云う 2 種類のスルファミン酸塩浴がある。有機添加剤は両方のスルファミン酸塩浴に使用出来、そして高濃度スルファミン酸ニッケル浴にはコバルトを硬化剤として添加できる。

(表 2) ワット浴の代表的組成と操業条件

組 成	標準濃度 g/L	濃度範囲 g/L
硫酸ニッケル $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	330	225~375
塩化ニッケル $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	45	30~ 60
硼酸 H_3BO_3	35	30~ 40
操 業 条 件	標準値	範 囲
温 度	60	45~65
pH	4.0	3.5~4.5

2.1 ワット浴

硫酸ニッケルは浴中のニッケルイオンの大部分に関与し、塩化ニッケルは浴の電導度を増

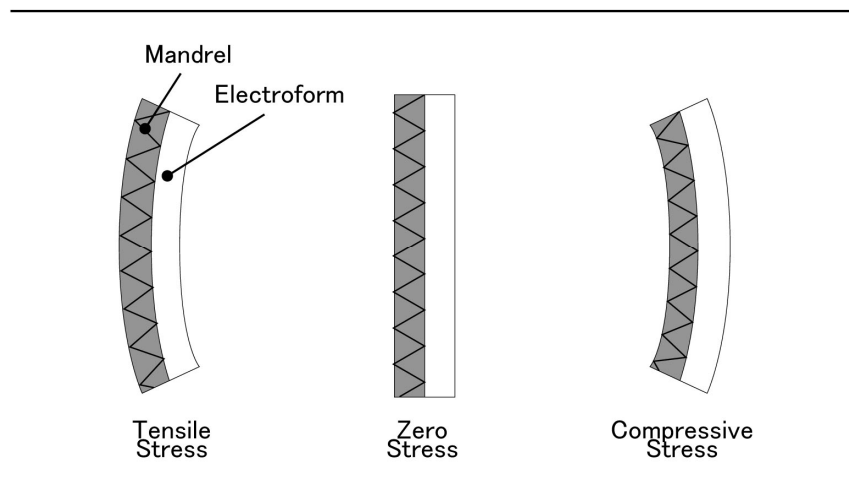


加し、更にカソードの均一電着性を良好にする。然しながら浴中の塩化ニッケル濃度と電着物の内部応力とは直線的な比例傾向にあり、(表 2)に示すワット浴を使用した電着は無光沢で内部応力もかなり高い。硼酸は浴の pH を必要な範囲内に調整する緩衝剤の役目を果たす。ピット防止剤は空気攪拌を充分に行っている場合にも、気泡の附着に依るピット析出を防ぐため必要である。基本的組成は、(表 2)に示すものを使用し、適当な応力減少剤として硫黄を含む有機化合物を選定することによって、ワットタイプ浴も電鍍に使用可能であろう。然し、添加剤存在の必要は重大な問題を引き起こしがちである。

精度を確実にするため、電鍍は析出物の応力ゼロで行う必要がある。応力減少剤は添加量に比例し、少量添加では応力を減少し、適量では応力ゼロとなるが、過剰添加では析出物に圧縮応力を与える。

(図 1)に析出ニッケルの内部応力の効果を示した。

(図 1) 電鍍ニッケルの内部応力



電鍍作業中に応力減少剤は消費されるので、応力ゼロの状態を保持して析出を進めるには、適量の補充を正確に行う必要がある。然し此は応力減少剤の分解生成物が析出物の応力を増加させるため簡単ではない。そのためワット浴に於て、特に長時間電着応力ゼロの状態に保つため添加剤を加え続ける事は非常に困難となる。電着応力減少剤として代表的なものの効果順位は、サッカリン、パラトルエンスルフォアミド、ベンゼンジスルホン酸、1,3,6-ナフタリントリスルホン酸ナトリウムとなる。

硫黄含有有機化合物からの硫黄は電着物組織内に入り、200°C以上の温度に曝されると脆化現象を引き起こす。厳密な脆化温度は、硫黄含有率、過熱時間、冷却速度により異なる。分解生成物を含有する溶液で電鍍されたニッケルは熱に敏感で、室温に於てさえ脆くなる。

ワットタイプ浴に対する改善は重ねられているが、上述の事由のためその様な改善浴でさ



えも電鍍に対し全般的な満足は得られていない。

2.2 スルファミン酸ニッケル普通浴

電鍍業者は浴組成を広い範囲で使用している。代表的は(表 3)に示す。通例の配合は実質的にはワット型浴であるが、その中で硫酸ニッケルをスルファミン酸ニッケルに置き換えたものと考えてよい。この浴を適正条件で使用すれば有機応力減少剤添加物の必要なしに応力ゼロの状態にニッケルを析出させる事ができる。然しこれは塩化物が浴中に入っていないから、入ったとしてもほんの少しの場合に限られる。この条件下にあっても“S”ニッケルラウンド又は“S”ニッケルペレットは均一溶解する。この低応力状態を保つには、浴を高純度に保ち、そして応力をゼロにするため応力減少剤を低濃度で加える事が常識とされている。スルファミン酸塩浴に於ける応力減少剤の管理に於ても、問題点はワット浴使用の場合と同様である。(2.1 参照)

2.3 スルファミン酸ニッケルハイスピード浴(濃厚浴)

近年開発されたハイスピード浴に於ては、電着応力が有機添加剤を使用しなくても、圧縮から引張へと広範囲にコントロール可能な事が主要な利点である。従って応力ゼロ状態の精密電鍍作業を行う場合、ワット浴並びに上述の普通浴に於ける添加剤使用に関する厄介な問題の存在に比べ、この浴は応力のコントロールが極めて容易に出来る。更に添加剤による硫黄の共析が無いいため析出物は熱に対して敏感では無く、 200°C 以上の温度に曝されても脆化しない。ハイスピード浴の持つ大きな利点は、複雑に形のマンドレルに電鍍する場合ワット浴又は普通浴の2~3倍の速度で電着可能な事である。完成時間の大幅な短縮はハイスピード浴の競争力を増加させる。

ハイスピード浴はスルファミン酸ニッケルを 600g/L も含んだ濃厚浴である。浴の最適組成並びに許容範囲を(表 3)に示してある。有機汚染物を除去するための活性炭及び過マンガン酸塩の処理後、最適特性を発揮させるため溶液の電解処理を行う(2.4.1 参照)。

電解処理は次の2つの工程で行う。

(1)アノード及びカソードの電流密度を共に 0.5A/dm^2 として 10AH/L を通電する。

(2)電流密度アノード 0.5A/dm^2 、カソード 4.0A/dm^2 で 30AH/L の通電する。

若し、析出物の外観及び内部応力が事前に満足なものになれば、此等の時間は短縮できる。

此等処理のためのアノードは不活性でなければならない。此には電気ニッケルの板又は切餅入りのチタンバスケットを陽極とすべきである。カソードにはニッケルめっきした波型板を用いる。処理中は浴液の混合を良くするため攪拌が必要である。

精製が適正に行われたかを調べるには、 60°C の 5A/dm^2 の電流密度で行った電着面につ



やがある事で確かめる。又浴液の密度の純度のチェックのためには、応力測定必要である。
上記電流密度及び温度に於ける電着応力は圧縮で $48 \pm 14\text{N/mm}^2$ とならなければならない。

スルファミン酸ニッケル浴の配合

スルファミン酸ニッケル浴は実用的に次の2つに分けられる。

(1) 普通浴

配 合	標準濃度 g/L	許容範囲 g/L
*スルファミン酸ニッケル $\text{Ni}(\text{SO}_3 \text{NH}_2)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	350	250~450
塩化ニッケル $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	5	0~ 10
硼酸 H_3BO_3	40	30~ 40

* 当社品スルファミン酸ニッケル原液 “NS-160”を使用する。

“NS-160”は、 $\text{Ni}(\text{SO}_3 \text{NH}_2)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 900g/L を含有するので、スルファミン酸ニッケル 350g に対して “NS-160”は $350/900=0.39\text{L}$ に相当する。

(2) ハイスピード浴

配 合	標準濃度 g/L	許容範囲 g/L
*スルファミン酸ニッケル $\text{Ni}(\text{SO}_3 \text{NH}_2)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	600	550~650
塩化ニッケル $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	10	5~ 15
硼酸 H_3BO_3	40	30~ 40

* スルファミン酸ニッケル 600g “NS-160” $600/900=0.665\text{L}$ に相当する。

3成分夫々の機能はワット浴に於けると同様と考えてよいが、塩化ニッケルのみは若干の注が必要である。特に普通浴に於いて Barrett が開発したものは塩化ニッケル0で、ニッケル陽極は酸素デポラライズドに限定されていた。その後 INCO 社で開発した硫黄デポラライズド(“S” ラウンドニッケル)により置き換えられたが、浴の総合安定性から塩化ニッケル 5g/L は望ましいと言う意見が出されている。

塩化ニッケルそのものは電着応力を引張り方向に増大し、ダクテリティをも低下させる傾向にあるため、この添加を嫌って普通浴を塩化ニッケル ゼロで使う人さえもある。



スルファミン酸ニッケル浴の作業条件

(表3)スルファミン酸ニッケル浴の一般的作業条件は次表の通りである。

	普通浴		ハイスピード浴	
	標準	許容	標準	許容
浴温、℃	50	40~60	60	室温~70
pH 値	4	3.5~4.5	4	3.5~4.5
陰極電流 A/dm ³	~15		~40	
電圧,V	3~9		3~12	
攪拌	カソードロッカー又は空気		機械又は空気	
濾過	連続		連続	
空電解	適宜又は連続		連続	

浴温はスルファミン酸の分解を考慮して上限が決まる。この上限温度は、pH 値の低下と関連するが、次の様な参考データが発表されている。

浴中のスルファミン酸ニッケル g/L	浴温℃	浴の pH	336 時間後のアンモニア g/L
300	70	2	9.7
		4	0.95
		5.5	0.1
450	70	2	-
		4	0.33
		5.5	0.1
600	70	2	8.5
		4	0.18
		5.5	0.1
600	65	4	0.035

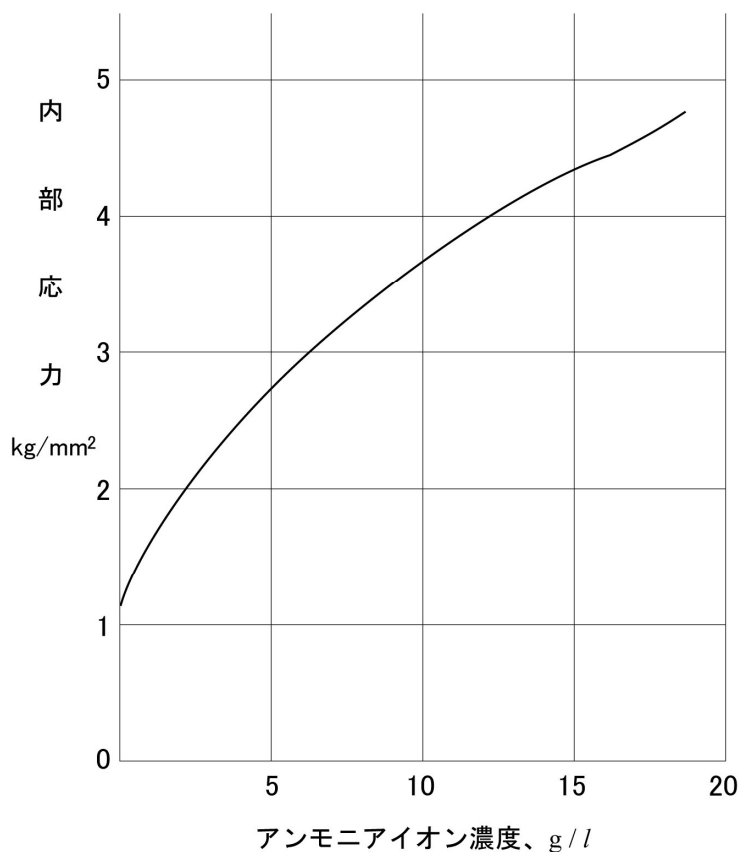
スルファミン酸イオンは次の様に分解して、アンモニアイオンと硫酸イオンに変わりその価値が低下する。



スルファミン酸ニッケルの分解はその濃度が薄い、浴温が高い、pH が低いことにより促進され究極はワット浴に近くなる。従って分解が進むにつれて、スルファミン酸ニッケルの特徴の一つである電着応力の上昇が先ず出現して来る。



分解生成物の一つであるアンモニアイオンと電着応力の関係を図示する。



従ってスルファミン酸ニッケル浴の乱暴な使い方は避け、労りながら保守管理しなければならない。

此処で参考のため各種ニッケル浴とその内部応力値を拾ってみた。

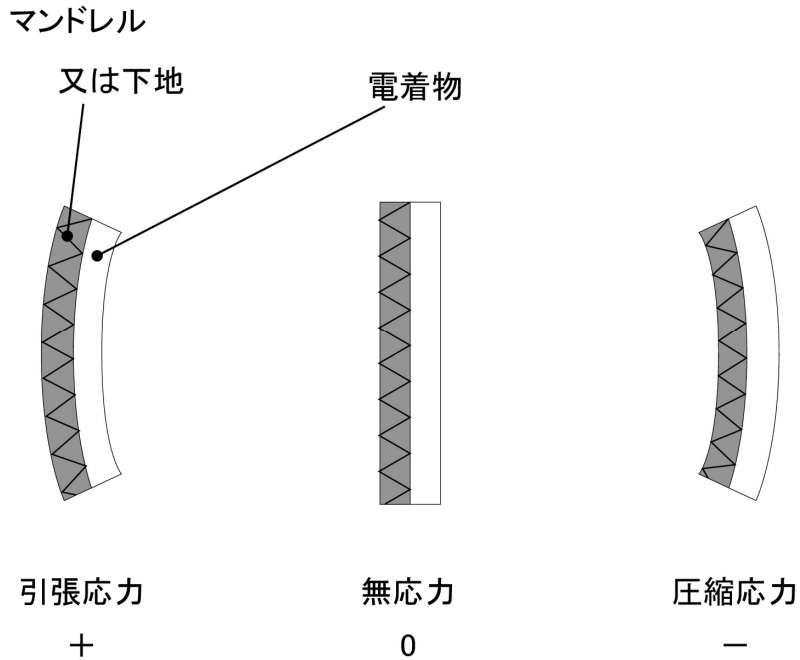
浴のタイプ	硬度 (ビッカース)	伸び (%)	内部応力 (kg/mn²)
ニッケル	140~160	30	12.6
塩化ニッケル	230~260	20	28~35
ニッケルコバルト	450~500	-	10~12
ほう弗化ニッケル	183	15~30	11
スルファミン酸ニッケル	250~350	20~30	0.35

(Modern Electroplating And Ed P282)

電着応力に大きな影響を与えるものとして有機物が挙げられる。サッカリン、ナフタリンジスルホン酸ソーダ等の第一種光沢剤は応力を圧縮方向へ、プチンジオール等の第二種、光沢剤は引張方向へ、移動させる。電着内部応力の引張とか圧縮とかは、(+)(-)応力



に現され、次の図の現象を現すものである。



有機物は故意に浴中へ入れない限り大きな応力変化にはならないが、無機物についてはどんなものがどの程度効くかを承知して置く必要がある。

内部応力を引張方向へ 0.7kg/mm² ずらす不純物の量として、下表が目安とされている。

不純物	限界量 mg/L	不純物	限界量 mg/L
鉄	300	カルシウム	1,000
コバルト	125	カリウム	400
銅	200	マグネシウム	100
マンガン	200	亜鉛	150
アンモニウム	500	6価クロム	1
硫酸根	1,000	錫	2
磷酸根	5	鉛	10
硝酸根	5	ナトリウム	3,000
硫黄(特殊)	5		

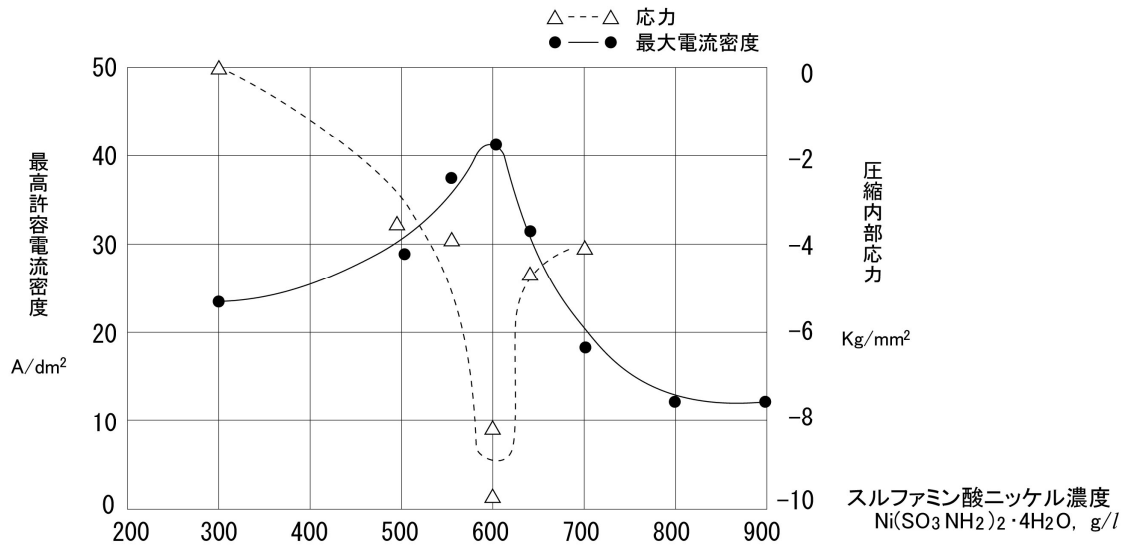


念のため若干の参考データを図により紹介しておく。

最大許容電流密度及電着内部応力に対するスルファミン酸ニッケル濃度の影響

条件

スルファミン酸ニッケル	300~600g/L
塩化ニッケル	5g/L
ほう酸	40g/L
浴温	60
pH	4.0



電着内部応力に対する電流密度の影響

線① ワット浴

硫酸ニッケル	300g/L
塩化ニッケル	60g/L
ほう酸	40g/L
pH	4.0, 60

線② スルファミン酸普通浴

スルファミン酸ニッケル	300g/L
塩化ニッケル	5g/L
ほう酸	40g/L



pH 4.0, 60

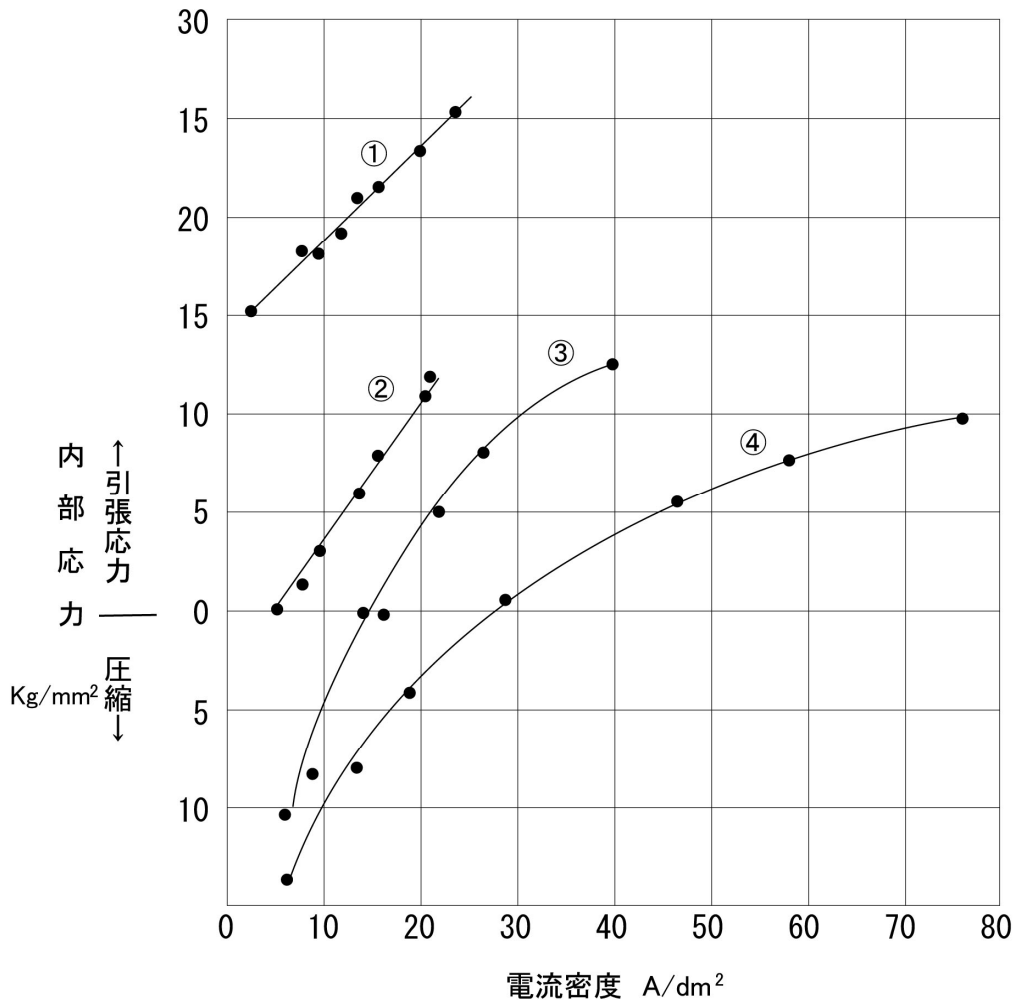
線③④スルファミン酸ニッケルハイスピード浴

スルファミン酸ニッケル 600g/L

塩化ニッケル 5g/L

ほう酸 40g/L

pH 4.0, 線③→60 線④→70



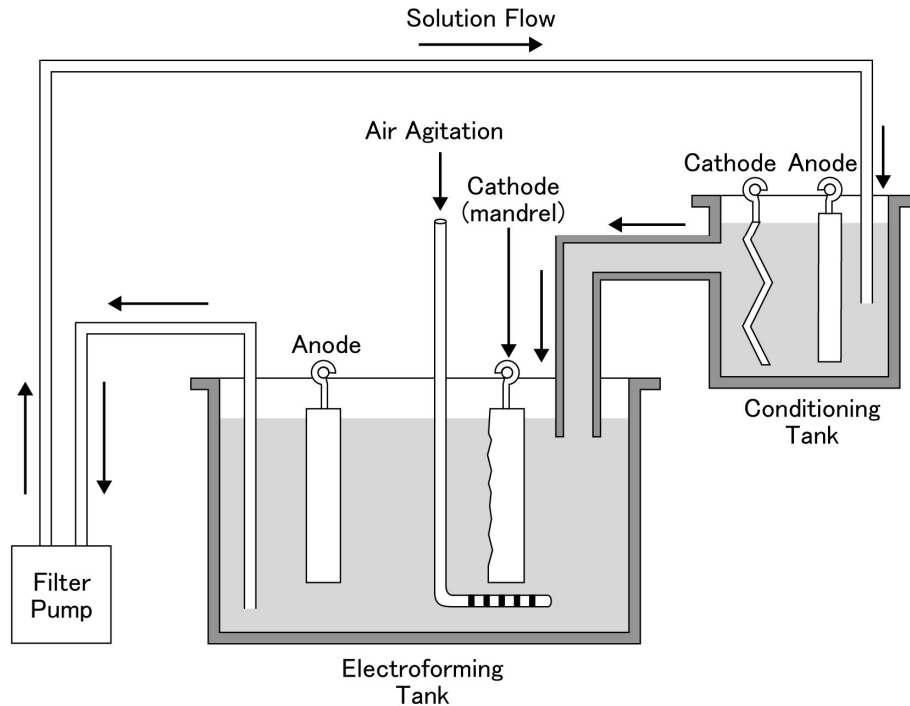
2.3.1 浴の調整

ハイスピード浴に於ては、析出物の性質、特に内部応力を一定に保つため、浴液を定期的
に、好ましくは連続的に「調整」しなければならない。此は低電流密度で行われるもので
あるがこの間の陽極は適性なものでなければならない。連続的調整の場合、その操作は電
鍍浴から液をポンプで濾過機を経由して、高所に設置した調整槽にあげる方法が便利であ



る。(図2)

(図2) 典型的なハイスピード電鍍浴に於ける機器の配置



調整槽に上がった液配置オーバーフローして太いパイプで電鍍浴へ還る。調整槽は電鍍浴の10~20%容量で、毎時2~5回全浴液が循環しなければならない。調整プロセスには2つの機能がある。その一つは不純金属イオンをカソードで除去することであり、今一つはアノードでの電気化学的反応により析出応力を望ましい限界内におさえる事である。調整槽に使用するアノードは不活性ニッケルで、アノード電流密度は一定限界内に保持しなければならない。

チタンバスケットに切餅ニッケルを入れたアノードは良好な結果を示している。カソードとしては波型のニッケル板又はニッケルめっきした鉄板を用いなければならない。平均電流密度は陰陽共0.5~1.0A/dm²とカソードの大きさは調整槽に流す電流が、電鍍浴負荷電流の3%以下とならぬ様にする必要がある。

スルファミン酸ニッケル “NS-160” は、次の様な概略仕様になっており此を基に建浴の設計を行う。

スルファミン酸ニッケル	$\text{Ni}(\text{SO}_3 \text{NH}_2)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	900g/L
金属ニッケル	Ni	165g/L



比重

1.5

状態

濃青緑色で粘液の高い液体

建浴の参考例として、1,000L 浴の普通及びハイスピードについて各量的関係を言う。

建 浴	普 通 浴		ハイスピード浴	
	設 計	所要量	設 計	所要量
1,000L				
スルファミン酸ニッケル	350g/L	NS-160 350kg=390L	600g/L	NS-160 600kg=670L
塩化ニッケル	5g/L	5kg	10g/L	10kg
ほう 酸	40g/L	40kg 610L	40g/L	40kg 330L
純 水 バランス	バランス	バランス	バランス	バランス

建浴手順

- 1.きれいにした浴槽に純水を約 300L 入れ、約 60°Cまで加温する。
- 2.ほう酸 40kg を加え攪拌溶解する。
- 3.次に塩化ニッケルを夫々のレベルまで(普通浴では 5kg、ハイスピード浴では 10kg)加え溶解する。
- 4.此の段階で、純水を夫々のレベルまで(普通浴では 510L、ハイスピード浴では 330L)加えて調整する。
- 5.60°Cの加温を続け、攪拌しながら夫々のスルファミン酸ニッケル(普通浴では 390L ハイスピード浴では 670L)を加える。
- 6.必要なピット防止剤を溶かし込む。攪拌がカソードロッカー一式ではラウリル硫酸ナトリウム 0.4g/L 即ち 400g を加えればよいが、空気攪拌方式では市販ワット浴用ピット防止剤を最小限即ち泡立ちトラブルが出ない範囲で加える。
- 7.その他必要とする応力調整剤、硬度上昇剤等を加える。
- 8.温度、pH 値を調整して、若干のなじみ運転を行う。

ほう酸は浴の pH 値の緩衝剤で 30~50g/L では電着応力にも影響無く、高い程ピットも出難く高電流部の異常も少ない。

添加剤としては、ピット防止剤が挙げられる。スルファミン酸浴はワット浴に比べピットが出易い傾向にあるのでその防止剤は必要充分量を入れなければならない。カソードロッカー方式にあたっては建浴時ラウリル硫酸ナトリウム 0.2~0.4g/L の添加で補給は 7AH/L につき 0.01g の実験結果がある。空気攪拌方式に於ける、ピット防止剤はワット浴に使用するものを使用する。

その他の添加剤としては、電着応力調整剤、硬度上昇剤等がある。

さて、重要な留意事項の一つとして、本浴の生成分であるスルファミン酸及びその塩の特質に触れて置きたい。



スルファミン酸 HSO_3NH_2 は硫酸 HSO_3OH とよく似た強い酸であるが、スルファミン酸は白い結晶末である。このスルファミン酸を水で溶かしたものは強い酸で、硫酸では溶かさないカルシウムや鉛を溶かす性質がある。更にこの水溶液の pH を下げ温度を上げると加水分解して硫酸に変わりスルファミン酸の価値が無くなる。

この現象は、ニッケルとスルファミン酸で出来た塩、スルファミン酸ニッケルに於いても同様であるため、スルファミン酸ニッケル浴を取り扱う際常に念頭におかなければならない。このことは、スルファミン酸ニッケルの商品形態が液状にならざるを得ない原因ともなっている。

ブチンジオールを添加しない場合は、コーナーの曲率を超えた点からよく発達したコーナー一面が始まっている。然しブチンジオールを添加した場合、構造は丸味を帯び、境界面の徴候は無い。ハイスピード浴に於てコバルト 1.25g/L を含み、陰極電流密度 3A/dm^2 操業時、ブチンジオール 20mg/L の濃度で始め、 0.5mg/Ah の補給で継続する。ブチンジオールの分解生成物は電着応力をより引張り方向へ移す傾向を示すと云う添加剤の欠点はあるけれども、添加剤として 2 ブチン 1,4 ジオールのみを使用する溶液では、活性炭による連続濾過により分解生成物だけを吸着除去出来る点が便利である。

2.3.2 陽極材料（電鍍浴）

ニッケルスピード浴を最高に働かせるには”S”ニッケルを陽極に使用しなければならない。

2.3.3 操業条件

炭酸ニッケル又は水酸化ニッケルにより pH を上げ、スルファミン酸によりそれを下げ、浴の pH は 3.5~4.5 にしなければならない。浴温は 60 又は 70°C で作業するが、高温であれば高電流密度状態で応力ゼロが得浴温と電流密度の範囲を(表 4)に示した。

(表 4) ハイスピード浴の於ける応力ゼロの条件

浴温	35	40	45	50	55	60	65	70
電流密度 A/dm^2	1.1	2.7	4.3	8.1	13.5	17.8	21.6	32
析出率(約) $\mu\text{m/h}$	12	31	50	94	156	206	250	375

特別な場合、電鍍に使用する電流密度は主としてマンドレルの幾何学的形状により決定される。即ち、マンドレル表面に充分な金属分布が得られる様にするため、マンドレルの形状が複雑な程電流密度を下げる。

2.3.4 コバルト添加のハイスピード浴

高濃度スルファミン酸ニッケル浴から硬質析出を得るため、有機物添加剤の代わりにコ



バルトを使用する利点は3つある。

- (1) 分解生成物が無い。
- (2) 析出物は加熱されても硫黄脆化を受けない。
- (3) 浴中のコバルト量は単純な分析法によりコントロールできる。

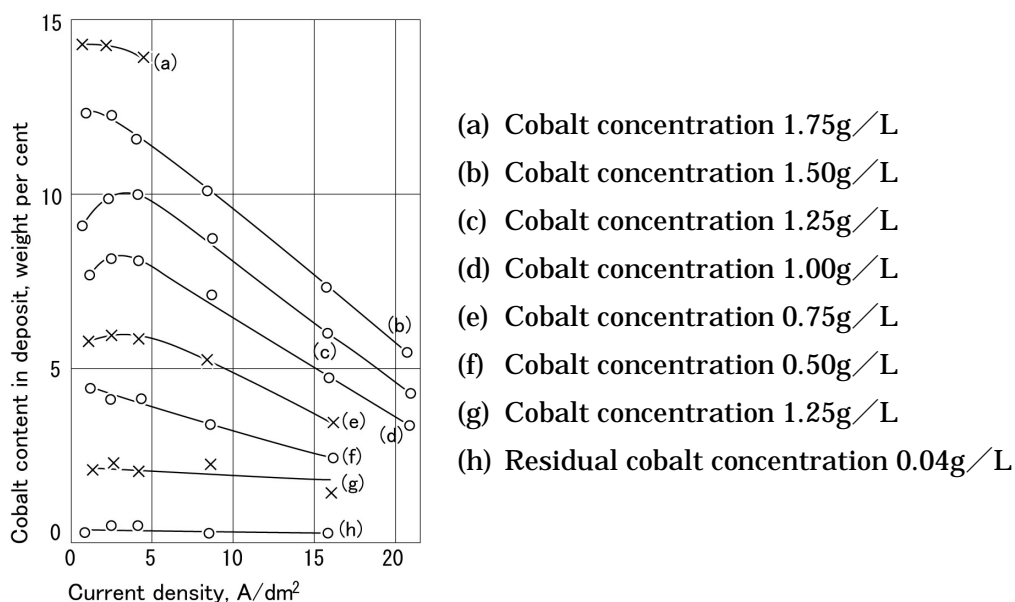
コバルトの必要濃度は濃厚なスルファミン酸コバルト添加により行う。コバルトの添加前に (2.5 参照) に示す手順に従い、活性炭を用いるこの濃厚液の精製をすすめる。電鍍作業中はコバルト濃度を一定に保つため、電気コバルト切餅をバッグをつけたチタンバスケットにつめて補助陽極とするか、若しくはスルファミン酸コバルトを計量補給する。後者の方法は、コバルトアノードのための別配線及び電流調整用の抵抗の必要もない。

勿論、ニッケルコバルト合金の電鍍を行う場合にも、ハイスピード浴で単独ニッケルの析出を行う場合と同様の方法で連続的に調整する必要がある (2.3.1 参照)。

欧米の開発センターではコバルトが析出物の強度、延性、応力に及ぼす影響について系統的な研究を進めているが、この研究に関する重要な結果を以下に挙げる。

- (1) 析出物中のコバルト含有量は浴中のコバルト量の増加に伴って上昇する。そして陰極電流密度の上昇と共にコバルト含有量は減少する。(図3)

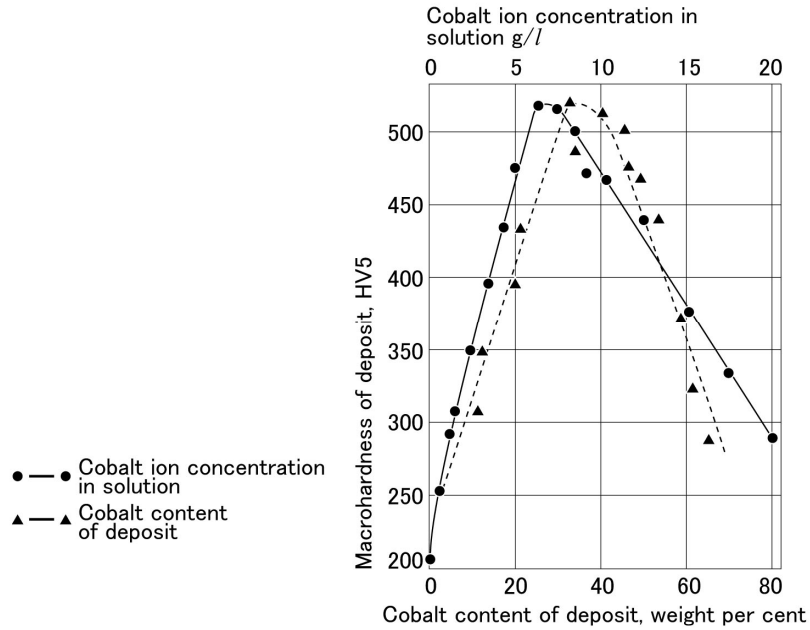
(図3) ハイスピードニッケル浴中のコバルト含有量に対し、電流密度の析出物中のコバルト含有量に及ぼす影響



- (2) 浴中のコバルト含有量の増加と共に析出物の硬度は増加し、析出物中のコバルト含有量 35%に相当するコバルト濃度 6g/L 附近で極大値を示す(図4)。

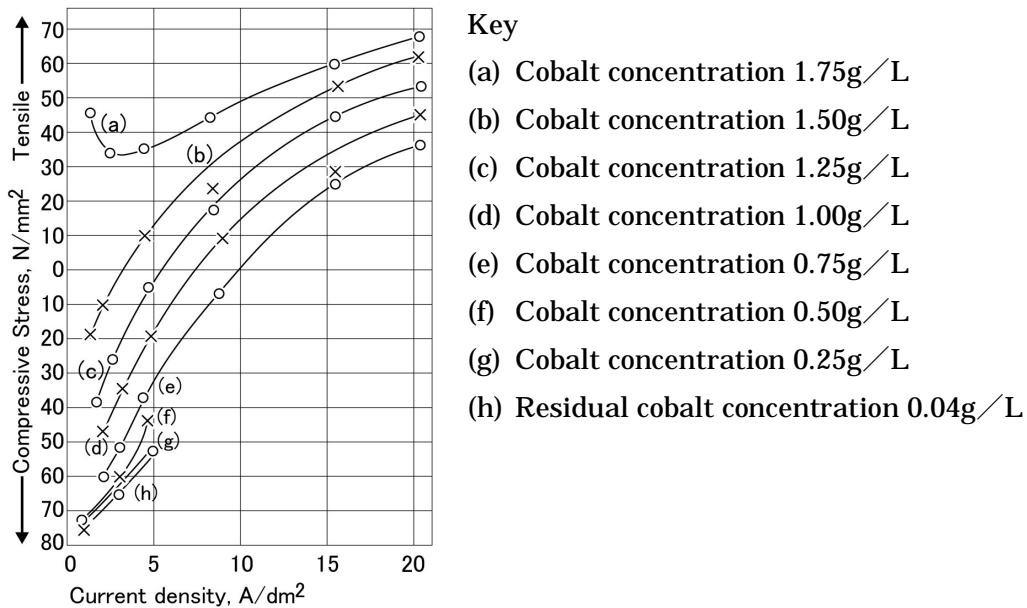


(図4) 5.4A/dm²に於ける浴中のCo量—析出物Co含有量—硬度の関係



(3)析出物の内部応力は電流密度、又浴中のコバルト含有量と共に増大する(図5)。

(図5)浴中のコバルト含有量を変えた場合の電流密度と内部応力との関係





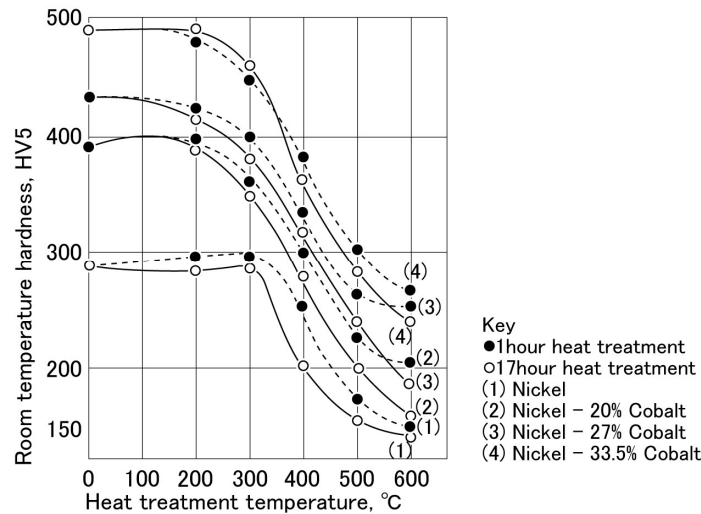
(表5) ニッケルハイスピード浴にコバルトを入れ
60°Cで応力ゼロの析出をするための電着条件

浴中の Co 含有量 g/L	電流密度 A/dm ²
0.75	10
1.0	7.5
1.25	5.1
1.5	3.0

(図12)に示す様にニッケルコバルト合金が応力ゼロの状態に析出する条件はいくつかある。析出物の機械的性質に対する要求はコバルト含有量、マンドレルの幾何学的形状により変化するが、これには浴中のコバルト含有量と電気密度の適性値が選択される。

(表5)に応力ゼロを達成出来る条件を示した。コバルトを含有するハイスピード浴にあつては、合金析出物の硬度その他の機械的性質は、析出が行われている時の応力ゼロの条件に依存する。コバルト含有量 1.25g/L の浴から、電気密度 4A/dm²での析出物はコバルト 12%を含み、延性 6%ビッカース硬度 350 を示す。更に室温並びに熱処理温度で測定される硬度には 200 から 600°C範囲に亘って、電鍍ニッケルとニッケル・コバルト合金との間には本質的な違いがある。(図6)に 20,27,33.5%のコバルトを含有したニッケル合金、並びにハイスピード浴による電着純ニッケルについて熱処理温度と室温硬度測定結果との対応を示す。200°Cまでは硬度減少は無いが、より高温ではこの合金も軟化するけれども、合金の硬度は純ニッケルと比較して同一熱処理を施した場合常に著しく高い。

(図6) 電鍍ニッケルとコバルト 20,27,33.5%含有合金に対する、熱処理温度の室温測定硬度への影響



2.3.5 有機物添加ニッケルハイスピード浴

ある種の電鍍の応用に於いて析出物はハイスピード浴から析出するニッケル又はニッケルコバルト合金に比べ、かなり高い硬度又は弾性を持つ事が要求される。このような条件の場合、ワット浴による電鍍の際に使用される様な有機物添加が用いられる(2.1 参照)。適当な添加剤の存在は又マンドル表面全体に亘って金属の均一電着性を良好にする。2 ブチン 1,4 ジオールが示す周知の平滑化作用は次の目的でハイスピード浴にも適用される。

- (1) 高電流密度域に極端な金属の成長(こぶ, いぼ)の出る傾向を減少する。
- (2) コーナー内部に電鍍する場合コーナー析出状況を改善し、角の脆弱さを防止する。

2 ブチン 1,4 ジオールの使用は応力を引張方向に移動させる。然しニッケル及びニッケルコバルト合金のハイスピード浴は適切な電鍍条件で使用すると、圧縮応力をもつ析出が得られる。その場合ブチンジオールを使用して応力ゼロの達成も可能となる。ブチンジオールの応力に対する効果はコバルト 1.25g/L を含むハイスピード浴にブチンジオール 20mg/L の濃度を加えると、4A/dm²に於ける応力は 35N/mm²の引張となるが、電気密度を 3A/dm²に下げると応力は 14N/mm²の引張りに低下する。此の程度の応力は殆どの電鍍に受け入れられるものである。ブチンジオール添加によって高電流密度の稜線が大部分滑になった。こぶ成長がやかましく言われる底の隅部に於ける最大電流密度域でさえも、ブチンジオールが存在するとこぶに丸味がより多くなり、陰極の他の部から電流を掴め取る傾向が少なくなる。

ブチンジオールは、コーナー内部に電鍍する時、曲率半径減少防止のためにも使用出来る。

2.4 電鍍溶液の配合精製

ニッケル電鍍に使用する化学薬品は出来るだけ高純度が望ましく、純度の低い薬品を使



用して電鍍を行うと精製工程のため却ってコスト高になる。特にスルファミン酸ニッケル浴では微量の金属又は有機不純物が電着体の物理的性質に悪い影響を与える。スルファミン酸ニッケルは多くの場合濃厚溶液の姿で市販されている。

2.4.1 有機物の除去

望ましく、電鍍槽とは別に精製用ゴム張り槽を設置し、湿潤剤をとかした温水でよくブラッシング後水洗いする。その槽に5%硫酸水を張り込み、60°Cに温め12時間洗う。次によく水で洗う。(同様の操作は、電鍍槽及びアノードバッグ、濾過ポンプ及びホース、濾過用カートリッジ等の附帯機器にも応力される。計算重量の硫酸ニッケル又は計算容量スルファミン酸ニッケルを槽内に張り込んだ水に加える。多くの地域では水道水は電着条件に不満足なので純水を使用しなければならない。その溶液を60°Cに温め必要量の塩化ニッケル及び硼酸を添加する。添加したものがすべて溶解するまで攪拌を続けなければならない。

若し有機添加剤を使用する時は添加剤の無駄な消費を避けるため、すべての前処理が終わった後で加えなければならない。同様に建浴ずみの有機添加剤を含む液を処理した時は又新たにそれを加える。すべての無機薬品の添加が終了したら、液60°Cで攪拌しながら炭酸ニッケルペーストを加え、pH5~5.5にした後で過マンガン酸カリを1g/Lの割合で加える。攪拌を約1時間続けた後、各2g/Lの活性炭と濾過助剤(硅藻土)を加える。液を更に2時間攪拌後一夜静置する。それらの液を濾過ポンプを通して電鍍槽へ移し、ワット浴では10%硫酸、スルファミン酸浴では10%スルファミン酸を夫々してpHを作業値に調整する。

2.4.2 金属不純物の除去

金属不純物は通常、亜鉛、鉄、銅であるが、低濃度でさえも此等は望ましくない影響を与える。此等不純金属は、波型鋼をカソードに用いる0.5A/dm²の低電流密度の電解で除去する事が出来る。カソード面積は出来るだけ広くして電解を行い、析出物が一様にきれいになるまで続ける。溶液はこの状態で使用可能になる。(2.3.1参照)。若し応力減少剤が必要ならば此の段階で添加する。

2.4.3 溶液の精製

電着のトラブルに応じ、一般に次の三通りの精製処理法の何れかを採用する。

(1)単純濾過

懸濁混在する微粒子のための汚染に対しては、単純濾過と清浄を行う。

此は特別に難しいことは無く、浴液を処理槽へ、濾過移送し本体、陽極、攪拌機構等を清浄化した後で、処理槽の液を再度本浴槽へ濾過移送する処理法である。

(2)活性炭処理

此は周知の通り、有機物に対する原則的処理法である。活性炭処理に関して先ず重要な



事は、使用する粉末活性炭が適正な品質のもんでなければならない。活性炭製造工程に於て、その賦活に金属塩を使用し、その一部が製品中に残存する品質のものも売られている可能性がある。次に大事なのは活性炭を本槽へは直接投入しない事である。一旦此をやったら後の清浄化には処理槽に於ける以上の手数を要するからである。活性炭処理の一般的手順を示す。

- ①浴液を処理槽に移し、液温を 55℃とする。
- ②必要な活性炭(5g/L 前後)を加え、約 3 時間よく攪拌する。
- ③濾過助剤の珪藻土 3g/L を沈降助剤を兼ねて加え、攪拌後静置沈降させる。
- ④処理槽の上澄部から静かに液を本槽へ濾過移送する。
- ⑤浴温、pH、組成を調整後、電着を開始する。

(3)高 pH 酸化処理

浴液が頑固な有機物により汚染又は鉄不純物が蓄積された場合一般に高 pH 酸化処理による精製を行う。その一般的手順は次の通りである。

- ①浴液を処理槽へ移送し、液温を 30℃とする。
- ②スルファミン酸の 10%水溶液を攪拌しながら加え、pH 値を 3.5 まで下げる。
- ③攪拌機で攪拌しながら 30%過酸化水素水、2ml/L 前後を加え、約 1 時間攪拌を続行する。
- ④液温を 55℃に上げ攪拌しながら炭酸ニッケルペーストを加え、pH 値を約 5 とする。
此の操作に於いて pH 値の安定までにはかなりの時間を要するので、pH 値が 4.5 になったら液温を 65℃まで上げ、炭酸ニッケルペーストを加えていく。
- ⑤活性炭 5g/L 前後を加え 1 時間攪拌を続ける。その末期に濾過助剤 3g/L を加える。
- ⑥液温を 55℃に保持し、一液(最小限 8 時間)放置して沈降させる。
- ⑦上澄液を濾過ポンプを通して静浄にした本槽へ移送する。
- ⑧浴温、pH、組成を調整の上、電着を開始する。

以上の浴液の各精製法の他に、追加強調しなければならないのは金属不純物除去のための空電解である。連続空電解に関し設備の項で言及したが、事故その他の場合は特別追加しておこなわれなければならない。

空電解の陰極電流密度は銅で 0.3A/dm²、亜鉛で 0.2~0.4A/dm²、鉛で 0.1A/dm² が夫々推薦されている。ダミーカソードは波型とし、投影面積 1dm² 当り 0.2A 位が適当かもしれない。此は現場で析出物の色調を見ながら電流密度と終点を決定すればよい。

2.5 浴の管理

電鍍作業中、若し溶液が次の様な有機不純物により汚染されたら：

1.応力減少剤の分解生成物



2.上方コンベヤーから油脂の偶然脱落

3.圧縮空気の油汚染

4.槽のゴム、ホース、濾布及びアノードバックからの溶出物

溶液を濾過機内の濾過用カートリッジに活性炭をコーティングして処理する。汚染が甚だしい場合は処理槽を使用する過マンガン酸塩による液の精製が必要である。

金属不純物は本槽中で低電流密度による電解を行うか、又は別な空電解室へ電鍍液を流して行うかで簡単に除去出来る。

「こぶ」生成と金属の不均一分布による範囲の表面「ザラツキ」は、浴中に存在する不溶性粒子が析出物中に共析するために起こる事が多い。その原因については、空気中のちり、アノードからの残渣、誤った配合や汚染物による不溶性塩類が考えられる。

空気中のちりは、加工作業場所を電鍍槽配置域から充分離し、充分な清浄空気を供給し、槽の近傍上方の汚れを取り除き、浴液へ溶解汚れを持ち込む傾向がある凝縮水滴が入らない様にする事で管理出来る。

アノード残渣はアノードバッグ内に留めなければならない。残渣の浴液中への飛び出しには次の原因がある。:

1.きずのあるバッグ又は不良品質のバッグ

2.バッグの揺動

3.偶発的に液面が上昇し、標準線以上となり液がアノードバスケットの上部を洗う

4.槽底に落ちたニッケル片はバイポーラー作用で液中に溶解するが、そこはアノードバッグの外であるため残渣が浴中へ出る。

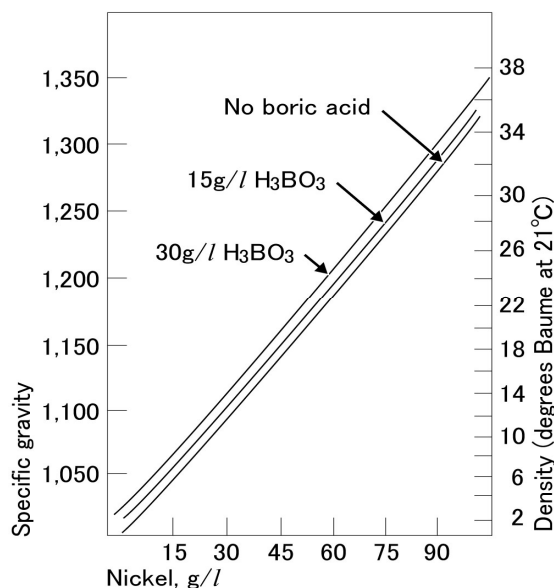
不適當な組成により出来る浴液中の不溶性塩は定期的分析により防止出来る。

レベル調整に補給する水に硬水を使用すると不溶性硫酸カルシウムを形成し、此がアノード、アノードバスケット、攪拌空気管の孔周に析出する。硬水地域では、脱イオン装置若しくは軟化装置が必要である。電鍍作業は、最小限1時間1回の浴液の連続濾過を行わなければならない。

2.6 溶液の分析

電鍍浴を正しく操作するため浴組成を規定通りの限界内に保ち、そして定期的に点検する事が肝要である。スルファミン酸ニッケル浴の場合ニッケルの概略濃度(グラム/リットル)は、バーレットが発表しているグラフ(図7)を利用して21℃の比重から見当がつけられる。このグラフは塩化物を含まない浴についてのものである。

(図7)各種硼酸濃度を含むスルファミン酸浴中のニッケル含有量を推定するバーレットのグラフ



2.6.1 全ニッケル含有量の測定

ニッケル 15mg 以上を含有しない弱酸性の滴定用サンプル溶液をビーカーにとり、水を加えて 100ml とする。2 ml の緩衝溶液を加えて pH10 以上(10~11 が望ましい)に調整後、指示薬ムレキサイドを少量加え茶褐色となった液を 0.1M EDTA で紫色へシャープに変わる終点まで滴定する。この紫色は数分間放置しても元の茶褐色に戻らない状態でなければならない。

緩衝溶液：この液 500ml は塩化アンモニウム NH₄Cl を 33g、濃アンモニア水 (比重 0.880g/L) を 285ml と残の水から成る。

計 算：0.1M EDTA の 1ml はニッケル 5.87mg、硫酸ニッケル NiSO₄・6H₂O 26.35mg、スルファミン酸ニッケル Ni(SO₃NH₂)₂・4H₂O 32.29mg に夫々相当する。

2.6.2 硼酸の測定

遊離硼酸を直接水酸化ナトリウムで滴定することはできない。然し若しも充分なマンニトールを加えると滴定可能な強い一塩基性酸のエステルが出来る。

サンプル溶液 2ml をビーカーにとり水を加え 100ml とする。飽和ヘキサシアノ鉄(Ⅰ)酸カリウム溶液 10ml を加え、さらにマンニトール 5g を加えよく攪拌する。1%フェノールフタレイン溶液を指示薬として 0.1N 水酸化ナトリウムにて赤紫色迄、適定する。(Aml)

$$\text{硼酸 g/L} = \text{Aml} \times 5 \times 3.09$$

但しサンプルの pH を 3.5~4.5 に調整を行うこと。pH3.5~4.5 の範囲であれば pH 調整は



必要ない。

2.6.3 塩化物含有量

滴定する試料溶液の pH は 5.6 以上でなければならない。若し pH がこれよりも低い場合には、炭酸水素ナトリウム NaHCO_3 を過剰に加えて中和する。試料溶液を希釈滴定する場合、塩素イオン濃度が $35\text{mg}/100\text{ml}$ 以下とならない様にすべきである。次に 5% クロム酸カリウム ($\text{K}_2\text{C}_7\text{O}_4$) 溶液を指示薬として 2ml を加え、よく振りながら 0.1N 硝酸銀 (AgNO_3) 溶液を沈殿が赤褐色となるまで滴下する。

若し、ニッケルが高濃度の時は液の緑色が明る過ぎ、終点の検出は難しい。又上記以上の希釈を行っても一般には役に立たない。多少の困難はあっても、終点は溶液の明るい色調の中に緑褐色が現れることにより満足に決定できる。この測定の正確さは定例的な管理には充分である。更に高い正確さが必要な場合には滴定前にニッケルイオンをイオン交換法により除去してから滴定を行わなければならない。

計 算：0.1N 硝酸銀溶液 1ml は塩化物(Cl) 3.546mg に、塩化ニッケル ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 11.885mg に相当する。

2.6.4 その他成分の濃度

すべての測定が終わった後、次の結果を計算する、単位 g/L :

* スルファミン酸ニッケル

$$\text{Ni}(\text{SO}_3 \text{NH}_2)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} = (\text{a} - 0.247\text{d}) / 0.182$$

ここで a = 全ニッケル Ni

b = 塩化ニッケル $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

* 硫酸ニッケル

$$\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O} = (\text{a} - 0.247\text{d}) / 0.223$$

添加剤を使用する電鍍作業中、その消費量の監視が必要で、コバルト含有のハイスピード浴ではコバルト含量の管理が必要である。

添加剤の濃度は通常他の浴組成々分存在のままに吸収スペクトルにより、予め作った検量線を用いて決定できる。ナフタリン 1,3,6 トリスルホン酸(NTS)は浴中の他の成分存在下でスペクトルにより定量できる。

(図 8) にスルファミン酸ニッケル浴中に含まれる NTS の吸収曲線を示した。吸収波長のピークは 280nm である。

この場合、NTS 濃度は $40 \sim 50\text{mg}/\text{L}$ まで希釈する事が必要である。吸収測定後、検量線と比較して NTS 含有量 g/L を決定する。コバルト濃度は原子吸収又は簡便な化学分析により監視する。化学分析は 2 価のコバルトイオンを過酸化ナトリウムを用いて 3 価に酸化



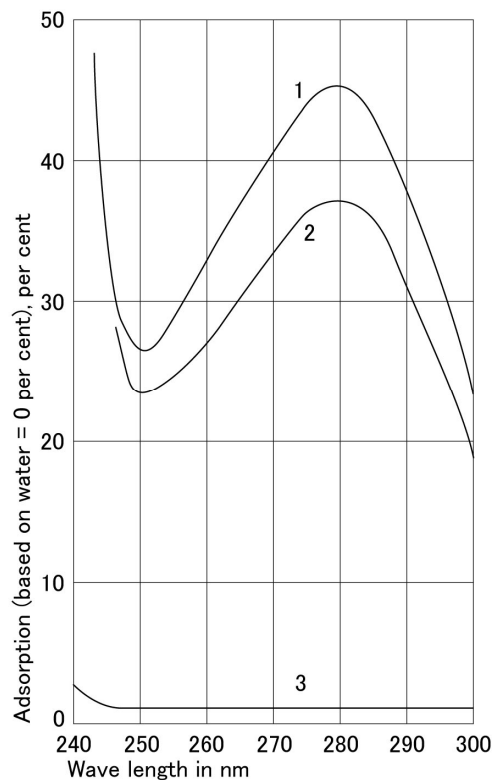
し、過剰の過酸化ナトリウムは熱分解する。3価コバルトイオンの定量は酸性溶液中で沃化カリウムから遊離した沃度の検定に依る。この状態ではニッケルは原子価の変化を受けないので、同時に評価されることはない。

浴液 10ml を 300ml ビーカーに採り、100ml の水と 20%硫酸 7ml を加える。
これに過酸化ナトリウム(Na_2O_2) 5g を加え、その混合物を 5 分間加熱する。
室温まで冷却後沃化カリウム(KI)5g と 20%硫酸水を 25ml を加える。遊離した沃度は濃厚澱粉溶液数滴の添加により溶液を青色にする。この溶液を N/10 チオ硫酸ナトリウム溶液で滴定し、青色が消失した瞬間を終点とする。

計 算 : 若し N/10 チオ硫酸ナトリウム **Aml** を要したとすれば、コバルト含有量 = $0.59 \times A$ g/L となる。

(図 8)ニッケルスルファミン酸液中のナフタリン 1,3,6 トリスルフォン酸 (NTS)に対する吸収曲線

1. NTS 約 9.0g/L を添加したスルファミン酸ニッケル電解液
2. 市販純度の NTS 約 7.5g/L の NTS 溶液
3. NTS を添加していない希釈したスルファミン酸ニッケル溶液





2.7 浴の変数

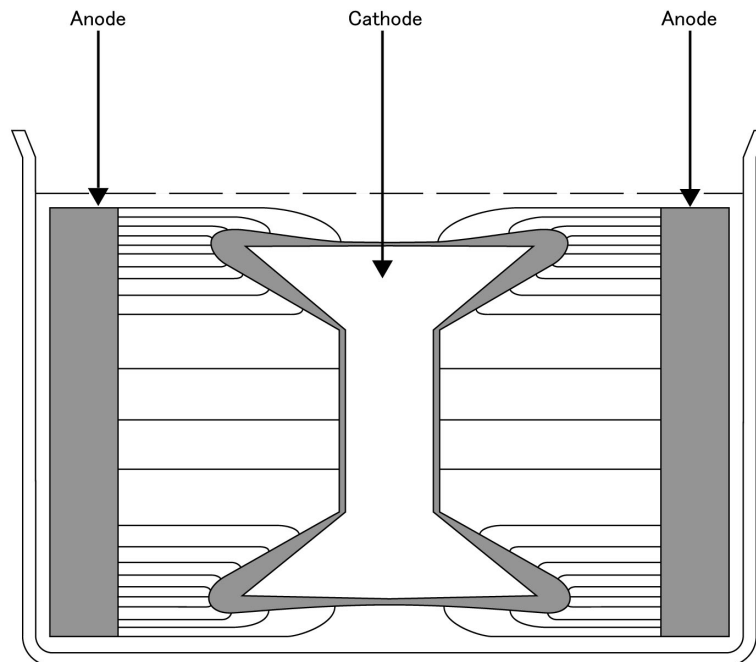
2.7.1 浴温と pH

最も重要な管理すべき変数は浴の温度と pH である。PH の測定はガラス電極を用いた pH メーター又は浴液に適切な pH 試験紙に依って行う。ハイスピード浴に於ては、浴温 70 以上或いは pH3.5 でスルファミン酸イオンの加水分解が目立ち、電着応力を上昇させるアンモニウムイオンと硫酸イオンの増加となる。そこでスルファミン酸塩浴に於ては此等の着難度の目安となっている。

2.7.2 電流分布

理想的な電着浴では、アノードから溶出するニッケルはカソード面に均一に析出する様に移動する。どんな溶液にも液抵抗が依存し、殆どすべての作業品は突出面があり、そこは凹んだ部分よりアノードに近いので、アノードから突出面へ流れる電流は凹み部より大きくなる。この様な電着電流の配分は「電流分布」(図 9)と呼ばれている。

(図 9)ある形状を有する作業への電流分布は一様ではない。アノードに近い領域よりも、アノードから離れた領域は有効電流の分配はより少ない。



此は必然的に、凹部は凸部よりも電着ニッケルは薄い事を意味する。電着浴と陰極の形状寸法の如き幾何学的要因及び浴内での陰陽極の関係位置は電流分布ひいては電着金属分布を決定する大きな役割を演ずる。

2.7.3 金属厚さ分布の改善：均一電着性

部品上の電流分布はその形状に大きく左右されるが、時によっては浴液の電気化学的特性により可成改善される。

カソード分極とは、ニッケルイオンがカソード上で金属ニッケルに変わる困難さを大きくする幾つかの要因に対する一般的名称である。分極は浴電圧を上昇させるので、それは電浴 $1\sim 2\text{A}/\text{dm}^2$ の電流密度に比べ高濃度スルファミン酸ニッケルでは $3\sim 4\text{A}/\text{dm}^2$ の如き平均高電流密度が採用可能である。

電流密度が大きくなるにつれてカソード分極によって起こる析出抵抗は増大する。この効果は均一電着について考えるならば有利に働く。即ち、部品突起部の高電流密度を減少させ、凹部の電流密度を増大させるので凹部に於けるニッケル成長率も増加する事を注意する。ある種の金属の均一電着に関連する他の要因は析出効率の問題である。電流密度が高いと析出効率が低いのがそれである。然し此の効果はニッケル電着の場合一般に重要でない。

均一電着性とは、溶液に分極と析出効果の変動が無いとした場合に造り出される析出物に比べ、現実ほどの程度均一に析出しているかの度合を示す測度である。(表 6)は各種電着浴の均一電着性の比較を示す。



(表 6)一次電流比 1 : 5、1 : 12、1 : 25 に対する各種ニッケル浴の 60°C に於ける均一電着性

浴の種類	平均電流密度	次の電流比に於ける均一電着性, %		
	A/dm ²	5	12	25
ワット浴	5.4	8	7	12
	16.2	4	7	12
スルファミン酸ニッケル 普通浴 300g/L	5.4	10	11	16
	16.2	7	5	9
スルファミン酸ニッケル 濃厚浴 600g/L (ハイスピード)	5.4	13	12	16
	16.2	11	10	16
	32.4	8	5	12
高芒硝浴	2.0	63	76	85
	1.0	38	50	64
	4.3	23	31	40

100%はカソード形状面に均一な電着が行われる事を示し、0%は表面の一次電流分布に厳密に対応して、即ちあらゆる分極が無い状態で実現される電流分布で得られたニッケル膜厚の範囲を代表する。

均一電着性の値はカソード面上2点に於て得られた電着金属の厚さと、その2点に於ける一次電流密度比から計算される。(表 6)の結果は Field の式を用いて得られた :

$$\text{均一電着性} = 100(P - M) / (P + M + 2)$$

ここで M = 析出膜厚比 P = 一次電流比

凹みはより深く、突出しはより高い表面の陰極を使用するのと同じ効果をもつ一次電流比の増加に対応して、均一電着性は増加することが(表 6)の結果から判る。然し複雑な形状のカソード面上では、単純な形のカソード面で得られたのと同様に充分大きな均一電着性の増加は無い。従って電鍍に於ては、マンドレル表面の深い凹みや高い突出は避けなければならない。

代表的ニッケル電着浴の均一電着性は使用する平均電流密度に依存し(表 7)、低電流密度に於ては著しい改善が認められる(図 10)。

然しこの効果の活用可能な範囲は限られている。それは平均電流密度の減少は電鍍時間の増加という不利があるからである。

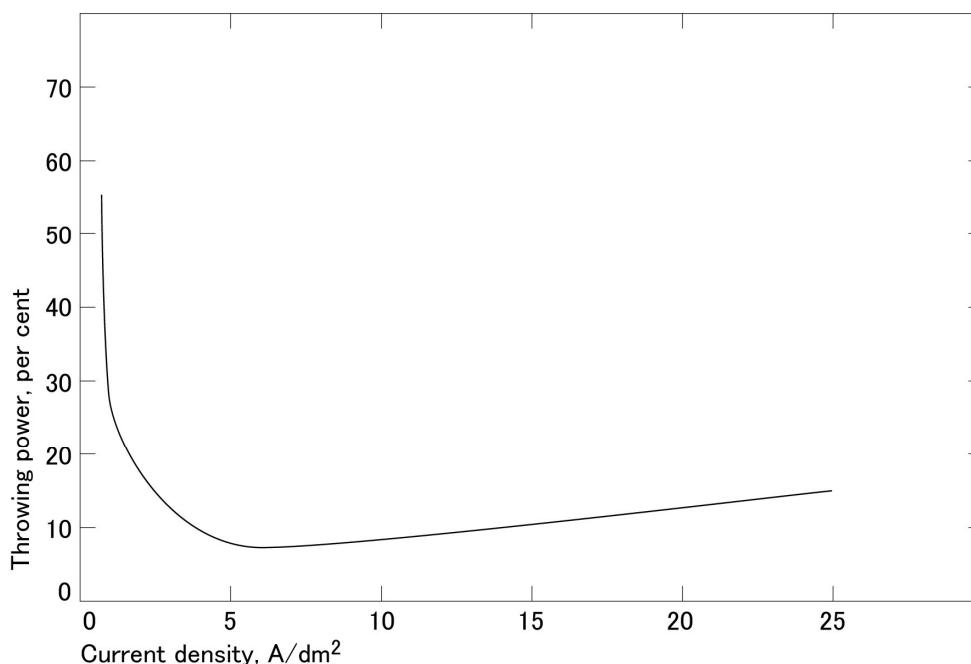
(表 7)高濃度芒硝浴の標準組織

薬品濃度	g/L
硫酸ニッケル NiSO ₄ · 6H ₂ O	30
塩化ニッケル NiCl ₂ · 6H ₂ O	38



硼酸	H ₃ BO ₃	25
無水芒硝	Na ₂ SO ₄	180

(図 10)均一電着性の高い溶液の場合、析出金属の膜凹みも厚は突出しも殆ど同じとなる。
低電流密度を採用すると均一電着性は改善される。



良好な均一電着性を得るための別な方法は、高濃度芒硝溶液(表 8)の如き、ニッケルを稀薄にした特殊配合浴を用いることである。然しながら、この浴からの電着は応力が強いという附随障害があるため、電鍍に際しては殆ど常に応力減少剤の使用が必要である。

更に此の種浴は、還元出来る金属塩濃度が低いため普通の浴に比べ高電流密度域に「やけ」を伴う析出が出易いので総括的に高電流密度の採用は出来ない。

一般に使用されているニッケル浴の中で、均一電着性の良い順序は高濃度スルファミン酸浴、ワット浴となる(表 6)。このため実際の現場では、ワットパラメーターをしばしばチェックする必要がある。

2.7.4 電着分布改善のための他の方法

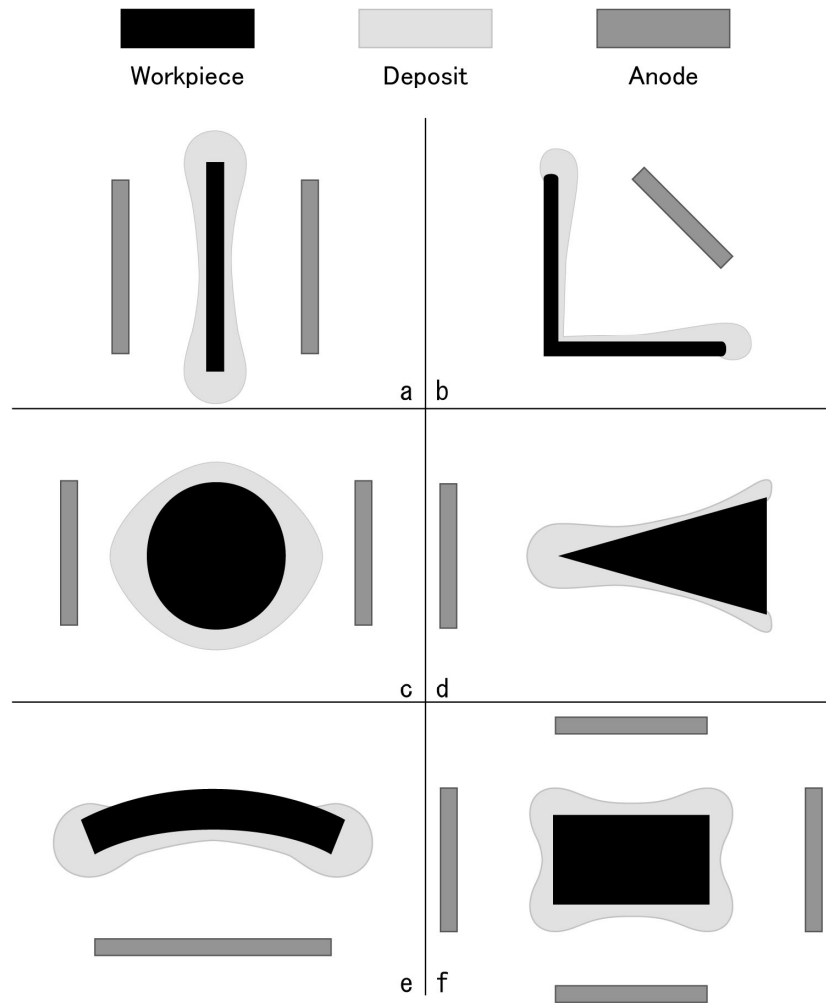
陰、陽極間の距離を大きくする事は一般的に電着分布の改善になるが、これはカソードの大きさに比べ両極間の距離が充分にある場合に限定される。凹面に於ける電着厚さを充分にさせながら突面での過度に膜厚を避けるため、凹面には適合形状の補助アノードを設置してこの部分の析出厚さを増加させる方法が採用される方法が採用されることもある。(図 11)には各種形状表面に於て得られる析出物の通常の分布を示す。(図 12)には不均一析出を改善するため、一次電流分布が均一になる様にアノードの位置及び形状を工夫した場



合の均一電着性の様子を示した。

(図 11)各種形状表面上の典型的電着分布

- a. 平板の端部に於ける盛上りの析出
- b. 直角形状に於ける、端部盛上りとコーナー部の薄肉
- c. 内部断面に於ける概円性析出
- d. ポイント突端の盛上り
- e. 凹断面中央部に於ける薄肉
- f. 角型断面に於ける 4 隅の盛上り



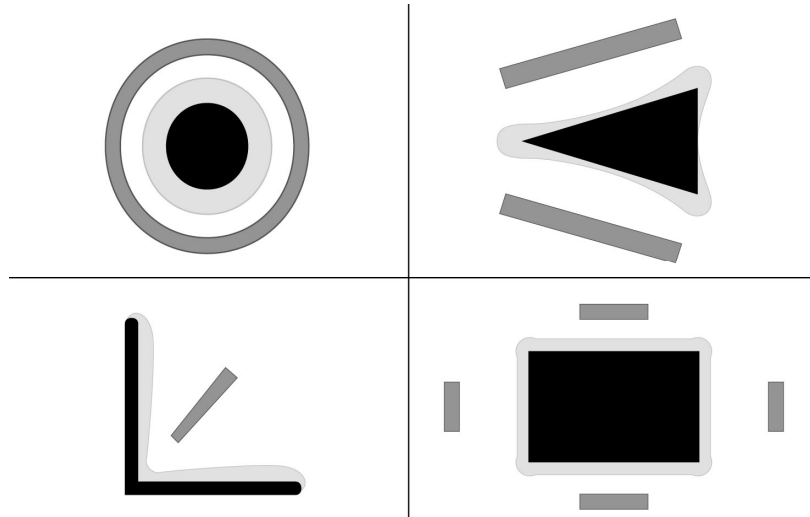
特殊形状又は補助の陽極を作るのに INCO “S” ニッケルペレットは特に有用である。それは必要に応じて曲げた形状のチタンバスケットやプラスチックホルダーへの充填が容易であることによる。

電流密度の分布は、プラスチックの如き非電導性遮蔽板により鋭端部や突出部へ流れる電流を減少させることによって改善される(図 13)。

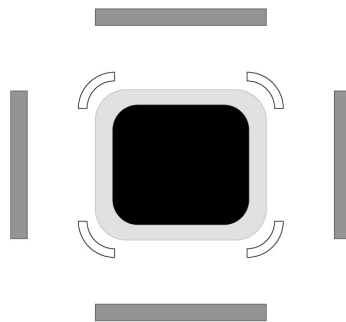
内外に在るコーナーは鋭角のままとせず、出来るだけ大きな曲率半径を持つ様にすべきである。



(図 12)円、楔型、直角、方型の各断面に対し、アノードの形状設計及び配置により、改善された析出分布



(図 13)方型断面の各角附近につけた、プラスチック遮断曲板の電流分布への効果



3 各種浴からの析出物の比較

種々のニッケル電着浴を用いた場合、析出物の結晶構造と機械的性質の間には関連性がある。粗大粒状の析出柱状構造するものは軟らかで、降状強度と破壊強度の比較が有る。粗大粒状の析出物や柱状構造を有するものは軟らかで、降状強度と破壊強度は比較的低い。添加剤使用により改善された構造は硬質で抗張力に富むが柔軟性は低下する。

特定の浴からの析出ニッケルの性質は、浴の pH、電流密度、浴温、並びに浴中の不純



物の存在に関係する。此等のパラメーターは又電着応力にも影響を及ぼす。種々の浴を用いた析出物の性質の比較はほんの荒っぽい目安に過ぎず、各種浴からの析出物の典型的な性質は(表 8)に示す。

(表 8)析出ニッケルの性質

浴の種類	ワット (無添加)	スルファミン酸塩	ハイスピードニッケル (濃厚スルファミン酸)	ハイスピードニッケル +コバルト
硬度 HV	140~160	140~250	220~280	300~525
抗張力 N/mm ²	380~450	415~760	860	
50mm 伸び %	20~30	5~30	10	1.5~6

3.1 電着応力の測定

電着応力の定性的な評価は、銅の帯片の反面のみに電着を行い、電着応力によって生じた曲りの方向と大きさを知ることにより容易に見当がつけられる。(図 8)

定量的な応力測定には通常 2 種類の方法 : **Bernnor-Senderoff Contracto-meter** 及び **IS-Meter** が用いられる。

両計器共電鍍の目的に対しては充分正確な応力測定が出来る。

3.2 析出物の柔軟性の測定

柔軟性に関する測定は一般に必要なが、大略の値はニッケル薄板を電鍍で作り、それを決められた直径の棒の上で曲げることによって知ることが出来る。

$$\text{伸び率\%} = T \times 100 / (D+T)$$

T=薄板の厚さ D=棒の直径

硫黄の存在が疑われる時には、その板を 300°C で 30 分間過熱することによりすぐ知ることが出来る。即ち、此れを曲げると硫黄を含有するなら脆化破壊が起こる。

4. 事故とその原因

スルファミン酸ニッケル浴に於ける事故は、ワット浴に類似し次表の通り :



故障 ／ 考えられる原因	ざら粗面	ピット	高電流部こげ	低電流部暗色	陽極電流効率不良	陰極電流効率不良	析出物脆弱	均一電着性不良	密着性不良	カバリング不良
前処理不良 pH 値高過ぎ pH 値低過ぎ 浴温低過ぎ										
電流高過ぎ 電流低過ぎ 電流断絶 陽極不適性										
陽極不動態化 陰陽極面積比 攪拌不良 空気持込										
ニッケル濃度不足 ほう酸不足 湿潤剤不足 塩化物不足										
粒子懸濁 水酸化鉄 油脂 有機物汚染 硝酸混入										
過酸化水素残留 鉄(2価) 鉛、亜鉛、銅 クロム(3価)										
クロム(6価) 一般不純金属										

*スルファミン酸ニッケル浴に於ける主要な変量が析出物のピット
その他の外観及び電着応力に与える影響

効果を確認した	析出物の外観	応力 7N /
---------	--------	---------



計量値	ピットの状況	その他の外観	mm ² の変化計量
浴温	70℃で発生	30℃以下では若干光沢,他は正常	
Ni 76.5g/L 浴の電流密度	なし	2A/dm ² に於ける光沢以外正常 2A/dm ² で若干のこげ	
Ni 107g/L浴の電流密度	なし	2A/dm ² で光沢、 30A/dm ² で軽光沢 その他は正常外観	
Ni 76.5g/L 浴の pH	pH5.2 で発生	pH2.0 で粒状析出、 pH 4.5 までは正常 pH5.0 で半光沢、 pH 5.2 で光沢	
Ni 37.5g/L 浴の pH	pH 上昇と共にピット増加	pH1.5～4.5 は正常 pH5.0 以上ではこげを伴った光沢	
Ni 濃度	なし (Ni37～120g/L)	正常	
Ni 76.5g/L 浴 硼酸	硼酸 30g/L 以下で発生	硼酸 20～60g/L で正常	
Ni 107g/L 浴 硼酸	硼酸 60g/L で発生	正常	
塩化物	極微ピット	正常	1,500ppm
臭化物	極微ピット	正常	2,000ppm
弗化物	濃度増加と共に減少	正常	850ppm
ラウリル硫酸ソーダ	なし	変化なし	
ナフタレン 1,3,6 トリスルホン酸	低電流部にピットが目立つ	光沢析出	
メタベンゼンスルホン酸	濃度増加と共に減少	7.5～15g/L の間で光沢	2,000ppm
サッカリン	3.5 g/L 以下及び 7.5g/L 以上が目立つ	光沢析出	4ppm
鉄 (2 価)	なし	5g/L まで正常、 5～30g/L で光沢効果 30g/L 以上暗色	330ppm

注) (1)ナフタレン 1.3.6 トリスルホン酸

(2)メタベンゼンジスルホン酸



効果を確認した	析出物の外観		応力 7N / mm ² の変化計量
計量値	ピットの状況	その他の外観	
銅	普通のピット	正常	2,000ppm
亜鉛	極微ピット	濃度増加により光沢化 0.75 g/L で縞状暗色 0.75 g/L 以上では無析出	150ppm
鉛	極微ピット	50ppm 以上で暗色粗粒析出	10ppm
カドミウム	500ppm で大きなピット 1,000ppm では更に大きくなる	250ppm それ以上で光沢	
クロム (3価)	全面的に大きなピット	限定光沢効果	1ppm
クロム (6価)	多くの微細ピット	正常	0.5ppm
コバルト	10g/L までは極微ピット 10g/L でひどいピット	全域に亘り半光沢	125ppm
マグネシウム	軽少ピット	2000ppm まで正常 それ以上になると多少暗色	100ppm
マンガン	非常に小さいピット	濃度増加と共に暗色化、 5,000ppm で軽いこげ	*200ppm
ナトリウム	軽少ピット	外観変化なし	3,000ppm
カルシウム	濃度増加につれピット減少	高濃度で微細構造	1,000ppm
アンモニア	750ppm 以上でピット目立	正常	500ppm
硫酸根	全域若干のピット	正常	1,000ppm
硝酸根	750ppm 以上で微細ピット	500ppm まで正常、 500ppm で光沢効果 750ppm 強い光沢 1000ppm でこげ及び剥離	5ppm
りん酸根	濃度増加と共に大ピット増加 500ppm ではピットは水酸化ニッケルにより充満される	200ppm まで正常 200ppm 以上で暗色	5ppm

注) * 銅、マンガン共不純物として 200ppm までは内部応力に影響しない。

5. まとめ



”S”ニッケルを用い、硬化剤としてコバルトを使用するハイスピードプロセスは、普通のニッケル以上の硬さが要求される場合望ましい電鍍方法である。その利点は以下に記す通りである。

1.浴中のコバルト含有量を調節することにより電着応力が調節出来るも、通常の有機添加剤使用時浴内に蓄積する好ましからざる分解生成物を生じない。

2.ニッケル-コバルト合金は過熱による硫黄脆化現象が無いので、金属溶射や鋳造による裏打ち手法が採用できる。

3.”S”ニッケルは析出物に低応力を確保させる塩化物の少ない浴中でも平滑に溶解する。

4.コバルト添加のハイスピードニッケル浴は、ワット浴に比べ同条件のもとで均一電着性に優れているので、より高い平均電流密度が採用出来る。

5.コーナーに電鍍を続けると、曲率半径が減少してくる、それがコーナー弱化の潜在的原因になるが、2ブチン 1,4 ジオールを平滑剤として用いるとこれを防止する事が出来る。

6.熱処理後の於ける、室温及び作業温度での電着物硬度は、合金となっていないニッケルよりもニッケル-コバルト合金の方が高い。

6. 数値表



*スルファミン酸ニッケル浴からの電着重量
陰極電流率 100%とした場合のニッケル g/m²

		電 流 密 度 A/dm ²							
		1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0
電 着 時 間 分	1	1.82	2.74	3.65	4.56	5.47	7.30	9.12	10.95
	2	3.65	5.47	7.30	9.12	10.95	14.60	18.25	21.89
	3	5.47	8.21	10.95	13.68	16.42	21.89	27.37	32.84
	4	7.30	10.95	14.60	18.25	21.89	29.19	36.49	43.79
	5	9.12	13.68	18.25	22.81	27.37	36.49	45.61	54.74
	6	10.95	16.42	21.89	27.37	32.84	43.79	54.74	65.68
	7	12.77	19.16	25.54	31.93	38.32	51.09	63.86	76.63
	8	14.60	21.89	29.19	36.49	43.79	58.39	72.98	87.58
	9	16.42	24.63	32.84	41.05	49.26	65.68	82.11	98.53
	10	18.25	27.34	36.49	45.61	54.74	72.98	91.23	109.47
	11	20.07	30.11	40.14	50.18	60.21	80.28	100.35	120.42
	12	21.89	32.84	43.79	54.74	65.68	87.58	109.47	131.37
	13	23.72	35.58	47.44	59.30	71.16	94.83	118.60	142.32
	14	25.54	38.32	51.09	63.86	76.63	102.18	127.72	153.26
	15	27.37	41.05	54.74	68.42	82.11	109.47	136.84	164.21
	16	29.19	43.79	58.39	72.98	87.58	116.77	145.97	175.16
	17	31.02	46.53	62.04	77.54	93.05	124.07	155.09	186.11
	18	32.84	49.26	65.68	82.11	98.53	131.37	164.21	197.05
	19	34.67	52.00	69.33	86.67	104.00	138.67	173.33	208.00
	20	36.49	54.74	72.98	91.23	109.47	147.97	182.46	218.95
22	40.14	60.21	80.28	100.35	120.42	160.56	200.70	240.84	
24	43.79	65.68	87.58	109.47	131.37	175.16	218.95	262.74	
25	45.61	68.42	91.23	114.04	136.84	182.46	228.07	273.69	
26	47.44	71.16	94.88	118.60	142.32	189.76	237.19	284.63	
28	51.09	76.63	102.18	127.72	153.26	204.35	255.44	306.53	
30	54.74	82.11	109.47	136.84	164.21	218.95	273.68	328.42	
32	58.39	87.58	116.77	145.97	175.16	233.54	291.93	350.32	
34	62.04	93.05	124.07	155.09	186.11	248.14	310.18	372.21	
35	63.86	95.79	127.72	159.65	191.58	255.44	319.30	383.16	
36	65.68	98.53	131.37	164.21	197.05	262.74	328.42	394.11	
38	69.33	104.00	138.67	173.33	208.00	277.33	346.67	416.00	
40	72.98	109.47	145.96	182.46	218.95	291.93	364.91	437.90	
45	82.11	123.16	164.21	205.26	246.32	328.42	410.53	492.63	
50	91.23	136.84	182.46	228.07	273.69	364.91	456.14	547.37	
60	109.47	164.21	218.95	273.69	328.42	437.90	547.37	656.84	
70	127.72	191.58	255.44	319.30	383.16	510.88	638.60	766.32	
80	145.96	218.95	291.93	364.91	437.90	583.86	729.83	875.79	
90	164.21	246.32	328.42	410.53	492.63	656.84	821.05	985.27	
120	218.95	328.42	437.69	547.37	656.84	875.79	1094.74	1313.69	



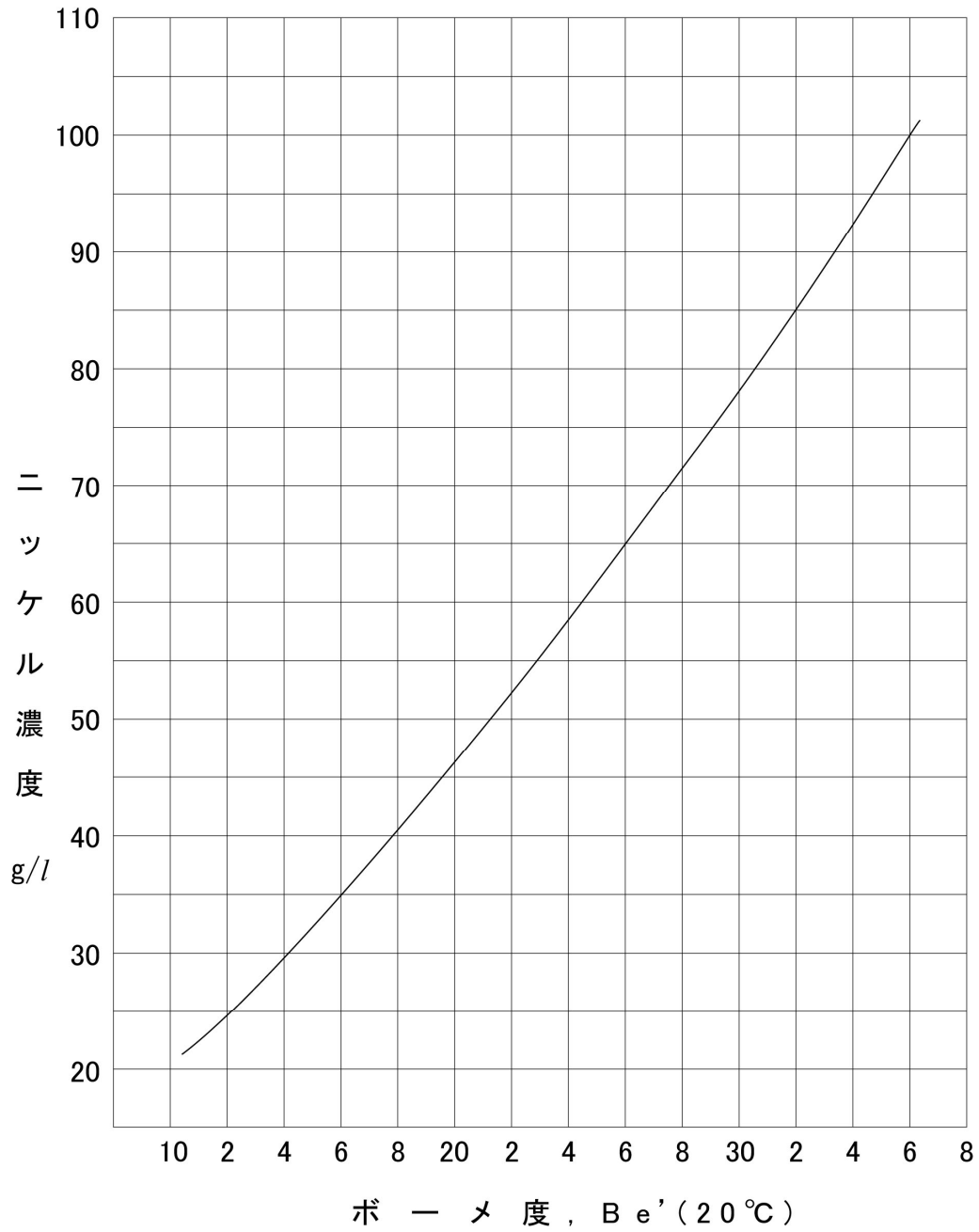
*スルファミン酸ニッケル浴からの電着厚さ

陰極電流率 100%とした場合のニッケル μm

		電 流 密 度 A/dm^2							
		1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0
電 着 時 間	1	0.21	0.31	0.41	0.51	0.62	0.82	1.03	1.23
	2	0.41	0.62	0.82	1.03	1.23	1.64	2.05	2.46
	3	0.62	0.92	1.23	1.54	1.85	2.46	3.08	3.69
	4	0.82	1.23	1.64	2.05	2.46	3.28	4.10	4.92
	5	1.03	1.54	2.05	2.56	3.08	4.10	5.13	6.15
	6	1.23	1.85	2.46	3.08	3.69	4.92	6.15	7.38
	7	1.44	2.15	2.87	3.59	4.31	5.74	7.18	8.61
	8	1.64	2.46	3.28	4.10	4.92	6.56	8.20	9.84
	9	1.85	2.77	3.69	4.61	5.54	7.38	9.23	11.07
	10	2.05	3.08	4.10	5.13	6.15	8.20	10.25	12.30
	11	2.26	3.38	4.51	5.64	6.77	9.02	11.23	13.53
	12	2.46	3.69	4.92	6.15	7.38	9.84	12.30	14.76
	13	2.67	4.00	5.33	6.66	8.00	10.66	13.31	15.99
	14	2.87	4.31	5.74	7.18	8.61	11.48	14.35	17.22
	15	3.08	4.61	6.15	7.69	9.23	12.30	15.38	18.45
	16	3.28	4.92	6.56	8.20	9.84	13.12	16.11	19.68
	17	3.49	5.23	6.97	8.71	10.46	13.94	17.43	20.91
	18	3.69	5.54	7.38	9.23	11.07	14.76	18.45	22.14
	19	3.90	5.84	7.79	9.74	11.69	15.58	19.48	23.37
	20	4.10	6.15	8.20	10.25	12.30	16.40	20.50	24.60
分	22	4.51	6.77	9.02	11.28	13.53	18.04	22.55	27.06
	24	4.92	7.38	9.84	12.30	14.76	19.68	24.60	29.52
	25	5.13	7.69	10.25	12.81	15.38	20.50	25.63	30.75
	26	5.33	8.00	10.66	13.33	15.99	21.32	26.65	31.98
	28	5.74	8.61	11.48	14.35	17.22	22.96	28.70	34.44
	30	6.15	9.23	12.30	15.38	18.45	24.60	30.75	36.90
	32	6.56	9.84	13.12	16.40	19.68	26.24	32.80	39.36
	34	6.97	10.46	13.94	17.43	20.91	27.88	34.85	41.82
	35	7.18	10.76	14.35	17.94	21.53	28.70	35.88	43.05
	36	7.38	11.07	14.76	18.45	22.14	29.52	36.90	44.28
38	7.79	11.69	15.58	19.48	23.37	31.16	38.95	46.74	
40	8.20	12.30	16.40	20.50	24.60	32.80	41.00	49.20	
45	9.23	13.84	18.45	23.06	27.68	36.90	46.13	55.35	
50	10.25	15.38	20.50	25.63	30.75	41.00	51.25	61.50	
60	12.30	18.45	24.60	30.75	36.90	49.20	61.50	73.80	
70	14.35	21.53	28.70	35.88	43.05	57.40	71.75	86.10	
80	16.40	24.60	32.80	41.00	49.20	65.60	82.00	98.40	
90	18.45	27.68	36.90	46.13	55.35	73.80	92.25	110.70	
120	24.60	36.90	49.20	61.50	73.80	98.40	123.00	147.60	

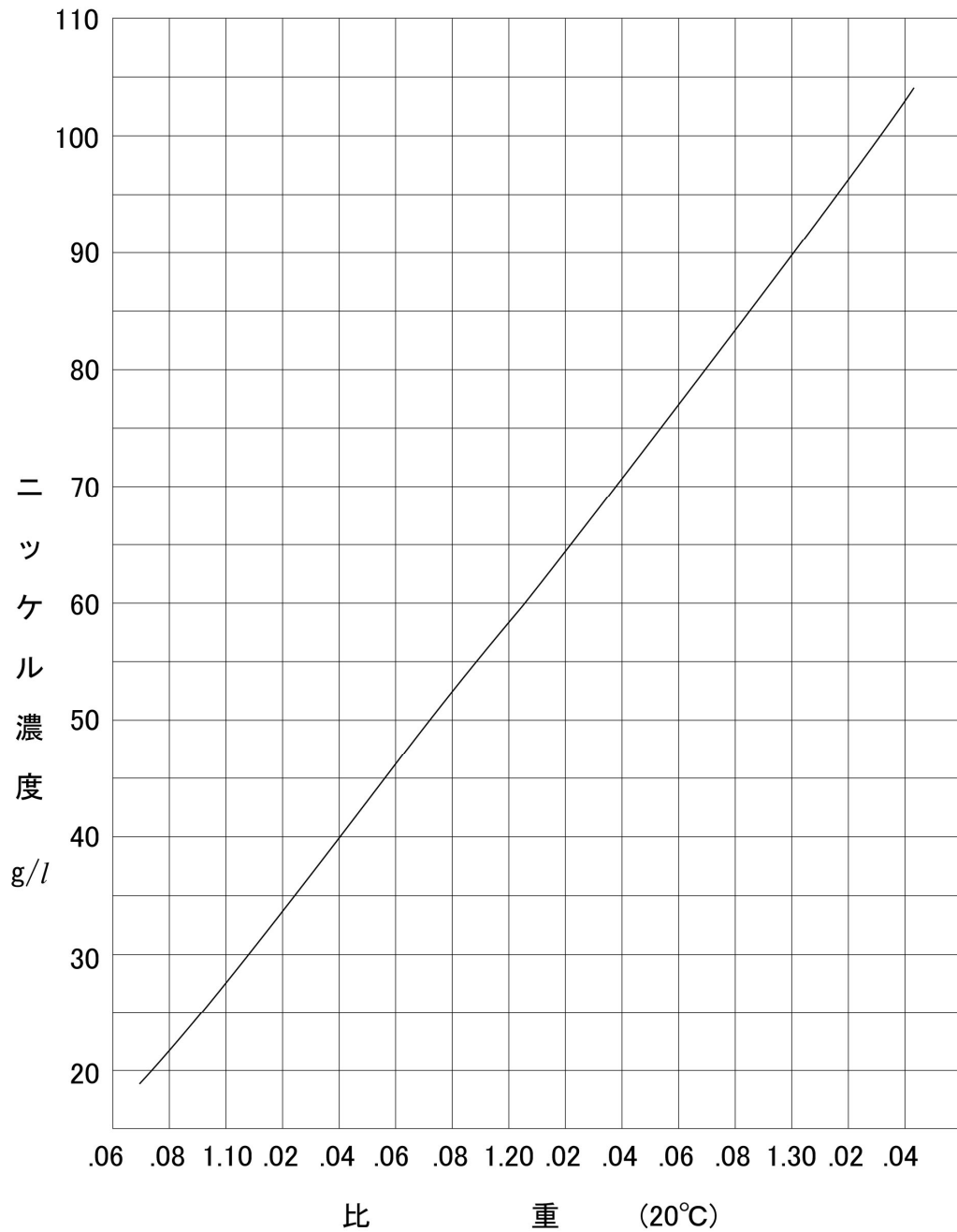


*ほう酸 30g/L を含むスルファミン酸ニッケル浴
ボーメ度とニッケル濃度





*ほう酸 30g/L を含むスルファミン酸ニッケル浴
比重とニッケル濃度





7. 営業品目

スルファミン酸ニッケル	* 歪が少ない・高速めっき・浴の管理が楽 NS-160 : 濃厚液 $\text{Ni}(\text{SO}_3 \text{NH}_2)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 約 900g/L 比重 1.5 NS-90 : めっき液 $\text{Ni}(\text{SO}_3 \text{NH}_2)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 約 450g/L 比重 1.5
スルファミン酸コバルト	* ニッケルコバルト合金めっき用 $\text{Co}(\text{NH}_2 \text{SO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$: 濃厚液 約 900g/L 比重 1.5
炭酸ニッケルペースト	* pH 調整に、ニッケル補給に 溶け易く、不純物少ない
ブロムニッケル液	* アノード溶解を促進させる $\text{NiBr}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
スルファミン酸バリウム	* 硫酸根除去用 (スルファミン酸ニッケル浴中の) $\text{Ba}(\text{NH}_2 \text{SO}_3)_2$
精製スルファミン酸	* pH 調整に
ラウリル硫酸ナトリウム	* ピット防止剤
1,3,6 ナフタレンスルホン酸 3 ナトリウム	* 光沢剤・応力減少剤
有機アミン塩酸塩・臭素酸塩	* 200 種



昭和化学の〈高品位ニッケルめっき薬品シリーズ〉

●均一電着性に優れ高速メッキに適している

1407-3180	高純度	スルファミン酸ニッケル()溶液 NS-160 SP 低Co	.....20L
1407-2350		スルファミン酸ニッケル()溶液NS-160	.....500ml
1407-3380		スルファミン酸ニッケル()溶液NS-160	.....20L

●ハイスピード浴による電子部品のメッキに適している

1407-8350		スルファミン酸ニッケル()溶液NS-185	.....500ml
1407-8390		スルファミン酸ニッケル()溶液NS-185	.....300kg

●高品位のニッケルメッキに適している

1406-0250		スルファミン酸ニッケル()四水和物	.....500g
1406-1280		スルファミン酸ニッケル()四水和物	.....20kg

●すぐメッキ浴が建浴できる

1407-4380		スルファミン酸ニッケル()溶液NS-9020L
-----------	--	-----------------------	----------

●アノード（陽極）の溶解を促進させる

1408-3350		臭化ニッケル()溶液	.....500ml
0030-0280		臭化ニッケル()溶液	.....20L

●スルファミン酸ニッケルメッキのpH 緩衝剤に適している

1409-1350		くえん酸ニッケル()n 水和物	.....500ml
1409-1380		くえん酸ニッケル()n 水和物	.....15kg
1409-1390		くえん酸ニッケル()n 水和物	.....25kg

●溶け易く、不純物が少ないのでpH 調整に、ニッケル補給に

1408-6360		塩基性炭酸ニッケルペースト1kg
-----------	--	---------------	----------

pH調整にニッケル補給に適した



- 1408 -5350 塩基性炭酸ニッケル粉末..... 500g
- 1408 -5380 塩基性炭酸ニッケル粉末..... 10kg
- ニッケル、コバルト合金メッキに
 - 0362 -5350 スルファミン酸コバルト()四水和物..... 500g
 - 0362 -5380 スルファミン酸コバルト()四水和物..... 20kg
 - 0030 -0380 スルファミン酸コバルト()溶液 (50%溶液) 25kg
 - 0338 -5350 スルファミン酸コバルト()溶液 (60%溶液) 500ml
 - 0338 -5380 スルファミン酸コバルト()溶液 (60%溶液) 25kg
- 均一電着性に優れたニッケルコバルト合金メッキに
 - 0335 -5350 くえん酸コバルト()n 水和物..... 500g
 - 0335 -5389 くえん酸コバルト()n 水和物..... 15kg
- メッキ用・触媒用に
 - 0335 -9236 臭化コバルト()六水和物..... 25g
 - 0335 -9250 臭化コバルト()六水和物..... 500g
 - 0335 -1380 臭化コバルト()70%溶液.....
- スルファミン酸ニッケルメッキ浴のpH 調整に適している
 - 0118 -9360 精製スルファミン酸..... 1kg
 - 0118 -9380 精製スルファミン酸..... 25kg
- スルファミン酸ニッケル浴中の硫酸根除去に
 - 231 -4350 スルファミン酸バリウム..... 500g
- 安定した物性のメッキを得るためには高品位の試薬ほう酸で
 - 0241 -6250 昭和一級 ほう酸..... 500g
 - 0241 -6280 昭和一級 ほう酸..... 20kg
- ピット、ざら粗面のメッキ膜が防止可能な
 - 1933 -4350 昭和一級 ラウリル硫酸ナトリウム..... 500g
 - 1933 -4270 昭和一級 ラウリル硫酸ナトリウム..... 10kg
- スルファミン酸ニッケルメッキ用光沢剤応力減少剤として適した
 - 1401 -2350 ナフタレントリルスホン酸三ナトリウム混物..... 500g



-
- スルファミン酸浴によるニッケル、鉄合金メッキに適した
 - 0923 -2356 スルファミン酸鉄()五水和物.....500g
 - 0920 -1370 40% スルファミン酸鉄()液.....3L

 - 均一電着性で高速亜鉛メッキに適した
 - 2601 -5380 スルファミン酸亜鉛溶液.....20L

 - 均一電着性で高速インジウムメッキに適した
 - 0903 -6380 スルファミン酸インジウム溶液.....20L

 - 均一電着性で高速すずメッキに適した
 - 2010 -0380 スルファミン酸すず()溶液.....20L

 - 均一電着性で高速銅メッキに適した
 - 0362 -8380 スルファミン酸銅()溶液.....20L

 - 陽極（アノード）として小塊状なので使い易く溶解も良い
 - 1405 -0389 S-ラウンドニッケル.....20kg
 - 1405 -0380 S-ペレット.....20kg
-