

密着強度を向上させた無電解めっき処理繊維の開発

都筑秀典^{*1}、金山賢治^{*2}、鹿野 剛^{*3}、小林 洋^{*4}

Development of Improved Electroless Metal-Plated Fibers

Hidenori TSUDUKI^{*1}, Kenji KANAYAMA^{*2}, Tsuyoshi SHIKANO^{*3} and Hiroshi KOBAYASHI^{*4}

Owari Textile Research Center, AITEC^{*1-3} Nagoya Plating Co., Ltd. ^{*4}

チーズ方式による無電解銀めっきポリエステルフィラメント系のめっき密着強度の向上を目的に、めっきに適した繊維素材、チーズへのワインディング条件、エッチング条件等について検討した結果、フィラメントの撚り数、チーズの巻き密度、ポリエステルのグレード、エッチングの処理条件等がめっきの密着強度とめっきの品質に関係することが分かった。最適なめっき処理条件により、従来よりもめっき密着強度が優れ、めっき斑の少ない無電解銀めっきポリエステルフィラメント系を開発し、さらにこれら繊維を用いたカバリング糸を試作し電気特性を調べた。

1. はじめに

近年、衣料分野において中国をはじめとしたアジア諸国の追い上げは厳しく、一宮市を中心とした織物産地では、高い技術力をもとに追従が困難なテクテキスタイル(産業資材用繊維製品)分野へと展開を図ることが一つの方策として考えられる。一方、中には高い技術力を駆使して様々な素材が開発されているものの、その用途開発・展開においては、その検討が十分されていない現状もある。

ところで、一般的な繊維とは異なる優れた機能を有する素材として金属があるが、その繊維への展開としては、金属自体を細線化する金属繊維や、無電解めっき、真空蒸着、スパッタリング等のメタル処理繊維がある。

金属繊維は比重が大きく曲げ破断に弱く、破断先端部の皮膚刺激等の問題があり、真空蒸着およびスパッタリング繊維は大規模な減圧装置が必要で、製造コストがかかり同時に繊維全面の加工には複数回の処理が必要となる。一方無電解めっき処理繊維は、金属繊維、蒸着およびスパッタリング繊維の様な欠点もなく、製造コストも比較的安く、様々な金属めっき処理が可能である。

しかし、無電解めっき処理繊維は、繊維とめっきとの密着性が十分でないために、剥離、脱落等の問題が従来から指摘されている。この欠点を解決するため、めっきの密着性を高めることが重要であり、無電解めっき処理繊維は、フレキシブル性を活かして多くのテクテキスタイルとして活用が期待できる。

中でも、チーズ方式での無電解めっき処理繊維は、糸・線材の導電材料として利用することができ、量産化にも優れている。そこで、本研究では、チーズ方式による繊維への無電解めっき処理により、密着強度を向上させためっき

処理繊維を開発し、金属の特性とフレキシブルな繊維の特性を兼ね備える繊維を用い、テクテキスタイルへの利用技術に関する研究を行った。

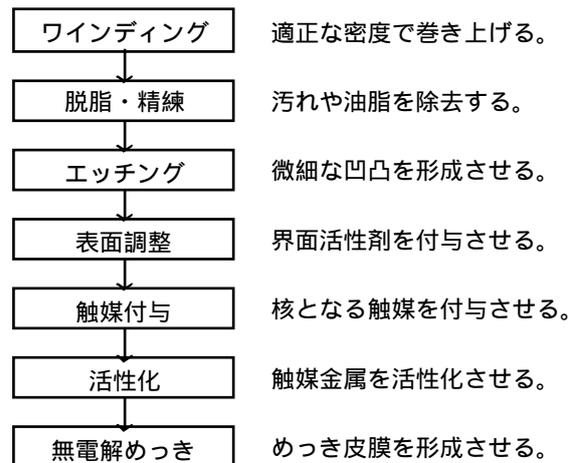
2. 実験方法

2.1 試料

繊維素材としては、レギュラーポリエステル(以下 PET) 60D/4F・150D/24F・150D/48F、常圧カチオン可染化ポリエステル(以下 CDP) 60D/3F・150D/48Fを用い、めっき金属には、導電性、抗菌性の機能を有する銀を用いた。

2.2 チーズめっき処理工程

糸を先染用ストレート PP ボビンにワインディングして以下の工程を経て無電解めっき処理繊維に加工する。



2.3 ワインディング方法

ワインダーは、合織用プレジョンワインダー(神津 SSP-6P 型 (株)神津製作所)を用い、先染用ストレート PP ボビンがセットできるように軸受けを交換改造した。

^{*1} 尾張繊維技術センター 開発技術室(現産業労働部 地域産業課) ^{*2} 尾張繊維技術センター 開発技術室(尾張繊維技術センター 加工技術室) ^{*3} 尾張繊維技術センター 開発技術室 ^{*4} 名古屋メッキ工業株式会社 研究所長

また、ワインディング速度を調整できるようにインバータ、およびテンションメータを取り付けた。ワインディング速度（120～350m/min）やテンションウェイト、ワインド数、プレッシャーローラー圧などを調整して、PP ボビンにワインディングする適正な糸の積層密度（以下、巻き密度）の条件を検討した。

巻き密度は、巻き上がり後の形状を計測して糸層体積を算出し、糸の重さで除算した。

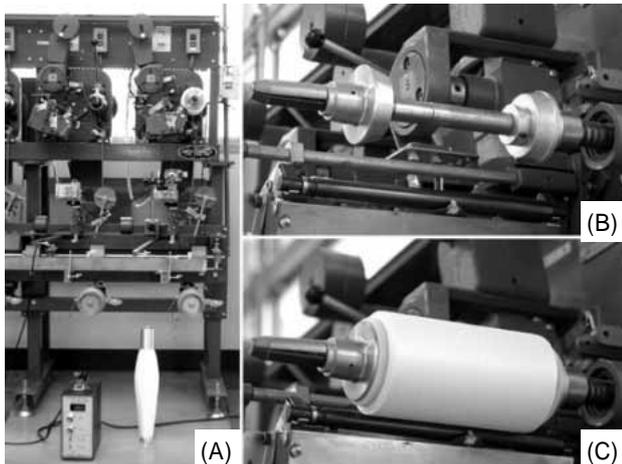


図1 (A)ワインダー全体 (B)巻取り部 (PPボビンなしの状態) (C)巻取り部 (PPボビンセットの状態)

2.4 性能評価方法

2.4.1 繊維へのめっき密着性評価

現状の JIS には、板状材料におけるめっき密着性の評価方法はあるが、繊維については定められておらず、さらに、めっき密着性評価のほとんどが定性的なものである。本研究では、めっき密着性の評価を数値として確認するため、JIS H 8504(引きはがし試験方法・テープ試験方法)を参考に、次のような定量的試験方法を考案した。

セリブレン(浅野機械製作(株))を用いてめっき処理繊維を等間隔で平行に並べ、20、65%RH 下において、粘着テープを10秒間押し付け、瞬間的に引きはがした。そのテープ、およびセリブレンで並べられた未試験の糸を透過光下で顕微撮影し、画像処理にて2値化した後、テープに付着した剥離めっきと未試験糸の面積比から、めっき剥離度を算出した。

2.4.2 繊維へのめっき洗濯耐久性評価

試験糸を JIS L 0217 の 103 法で洗濯し、抵抗率計(三菱化学(株)製ロレスタ EP MCP-T360)を用いて糸の電気抵抗(測定距離 5mm)を測定した。

2.4.3 めっき処理繊維の強伸度評価

糸の最大引張強力(N)および伸度(%)を、引張試験機(株島津製作所製)によって試料長 200mm、引張速度 200mm/min、20、65%RH で測定した。

3. 実験結果及び考察

3.1 チーズめっき処理に適したワインディング条件の検討

チーズ方式での無電解めっき処理における最適な巻き密度を明らかにするために、様々なワインディング条件を検討した。使用した繊維素材は異なるが、巻き密度別に、無電解めっき処理したチーズの外観を図2に示す。なお、本研究で用いた装置では、無燃りのフィラメントをワインディングすると、繊維同士が密着しやすく、固く締まった状態(巻き密度 0.7～1.0g/cm³程度)になり、ソフトにワインディングすることは困難を極めた。そこで、本研究では、糸間の空隙を強制的に設け、ソフトにワインディングするために、無燃りのフィラメントを追燃加工することとした。

その結果、糸重量 500g 程度において巻き密度が約 0.3 g/cm³以下では精練処理時に糸が崩れ、めっき斑が発生し、0.5g/cm³以上では処理中に糸が収縮することによりさらに締まり、処理液の通りが悪くなる。従って巻き密度は 0.3～0.5g/cm³の範囲が適していることが分かった。

それぞれの試料のめっき剥離度を図3に示す。繊維素材は統一されていないものの、巻き密度が、めっき処理におけるチーズの形状保持、処理液の浸透性、繊維へのめっき

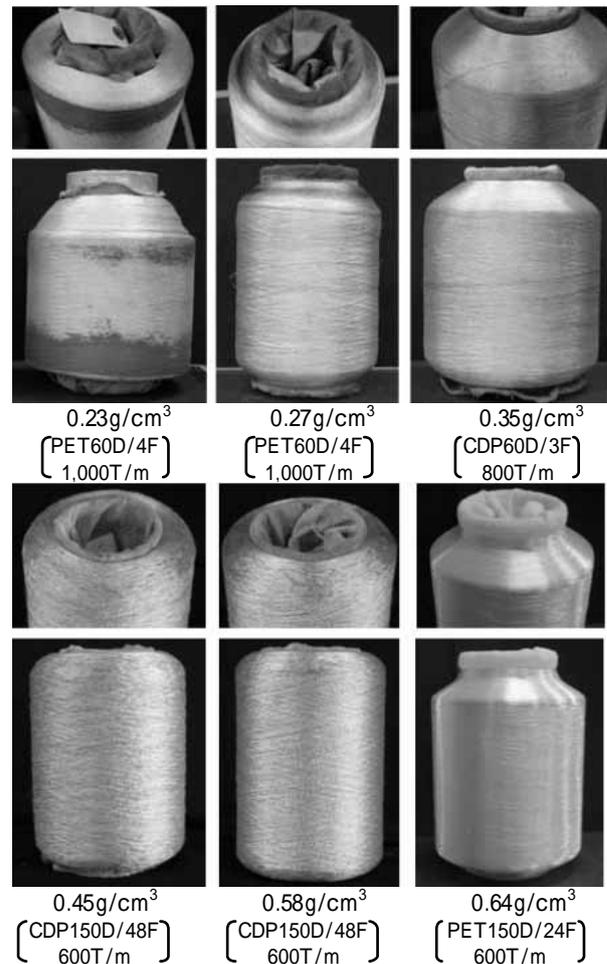


図2 めっき処理後のチーズ外観写真(は精練後)

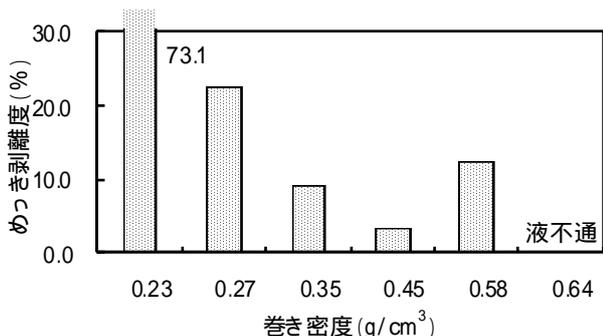


図3 巻き密度とめっき剥離度との関係

密着性に影響し、中でも巻き密度 0.3 ~ 0.5g/cm³程度が剥離度は小さいことが分かった。

この2つの条件から繊維の巻き密度は 0.3 ~ 0.5g/cm³程度が適していると判断できる。

3.2 繊維へのめっき処理方法の検討

無電解めっき工程の前処理であるエッチング工程の条件について検討を行った。CDP150D/48Fのフルダル(FD)、ブライト(BR)の2種類について、繊維の一般的な減量加工で行われている減量率 20%程度を目指してエッチング加工試験を行ったところ、図4に示すように、促進剤を加え、苛性ソーダ 10g/l、80、30分の条件が望ましいことが分かった。

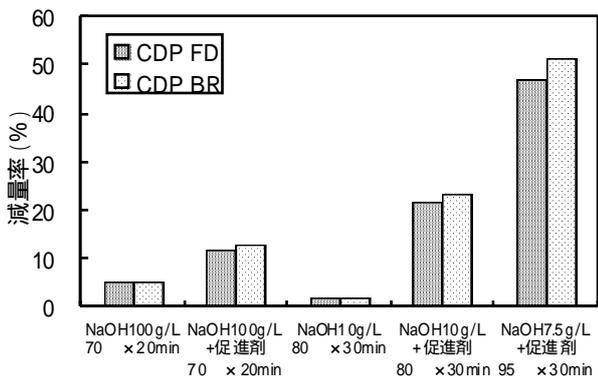


図4 種々のエッチング条件による減量率

3.3 めっき処理に適した繊維素材の検討

図5にいくつかの繊維グレード、撚り数におけるめっきの密着性を比較した。撚り数が大きい方が、巻き密度とし

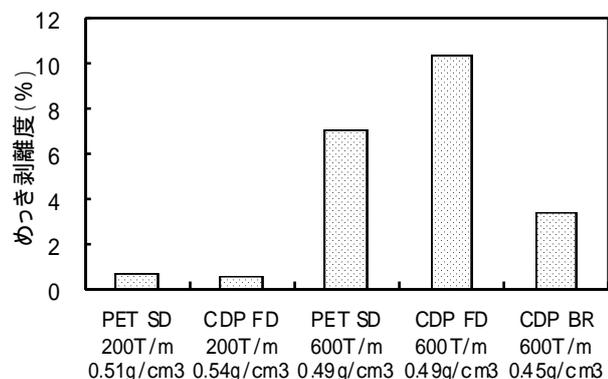


図5 各種ポリエステルでのめっき剥離度

ては小さくすることができ、積層する糸の間における処理液の浸透性は良くなるが、めっきの密着性としては、撚り数が小さい方が良い結果となった。

図6に示すように、CDP FDタイプの撚り数 200T/mと 600 T/mを光学顕微鏡で比較すると、200 T/mは個々の繊維表面までめっきされているが、600 T/mでは単糸の外層繊維のみめっきされ、内部の繊維はめっきされていない。これは撚り数が多くなると糸が強く捩じられ、処理液が撚り糸の内部まで浸透していないと思われる。また、このことが、めっきの密着性に大きく影響し、撚り数が多いと、めっきが糸の表面だけであるため、剥がれやすい状態になっていると思われる。

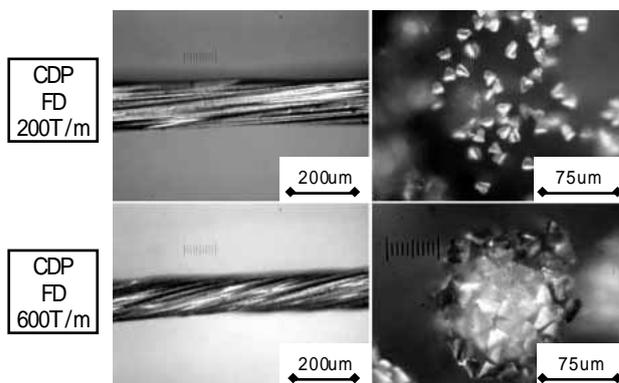


図6 めっき処理繊維(側面・断面)の光学顕微鏡写真

また、めっき処理した繊維から銀を溶解させ、各繊維の減量率と銀付着率を算出した。その結果、図7に示すとおり、減量率、銀付着率ともに、めっきの密着性が一番良い CDP FD 200T/mが最も高かった。また、当初、触媒付与工程で行われるパラジウムを繊維に付着させるには、繊維がアニオン化していた方が良いと推測していたが、図7によると CDPの明確な優位性はあまり確認されなかった。また、FDタイプの方が、BRタイプよりも無機物が多く練り込まれているため、FDタイプの減量率の方が高く、めっきの密着性も高いと推測していたが、図7でも分かるように、減量率としてはほとんど差がない。しかし、BRタイプの方が僅かながら銀の付着率は高く、めっき密着性

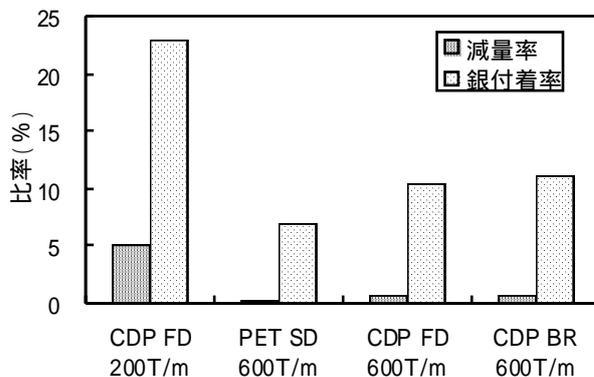


図7 めっき処理繊維の減量率・銀付着率

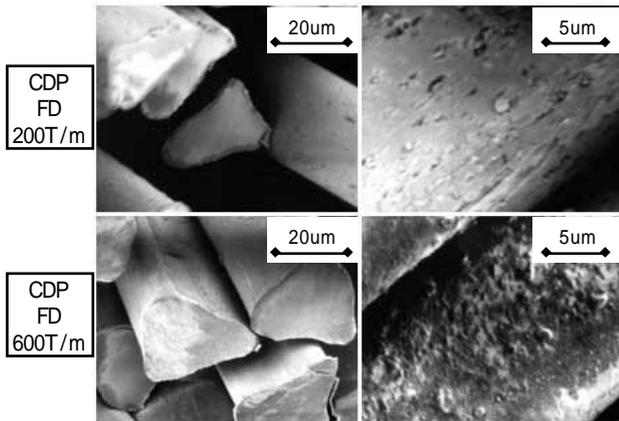


図8 めっき処理繊維（断面・側面）の電子顕微鏡写真も高いという結果となった。

図8にめっき処理繊維の電子顕微鏡写真を示す。CDP FD 200T/mは減量率、銀付着率、密着性がともに高均一にエッチングされた、きれいなめっき表面となっているが、減量率、銀付着率、密着性が低いCDP FD 600T/mはめっきが不均一で斑が観察される。

以上、めっきの密着性はエッチング処理の状況(減量率)に大きく影響され、均一に適正な減量率でエッチング処理することが、めっきの密着性を高めることと思われる。

3.4 めっき処理繊維の性能評価

図9に、洗濯試験によるめっき処理繊維の電気抵抗変化を示す。めっきの剥離により、電気抵抗が減少している試料もあるが、いずれも $10^{-1} \sim 10^0 \Omega$ のオーダーを保持しており、特に撚り数 200T/mのタイプについては高い耐久性を示している。

また、めっき処理繊維の引張強度、伸長率については、図10に示すように、僅かであるが未処理状態よりも減少する傾向にある。これは、エッチング処理で減量されたことにより強度が低下し、さらに表面が金属でコーティングされているため伸びにくくなっているものと思われる。

また、めっき処理した CDP BR 600T/m で、ポピン芯に近い内層部と外層部との性能比較を表1に示すが、めっき剥離度、電気抵抗ともに内層部の方が良い値を示すものの

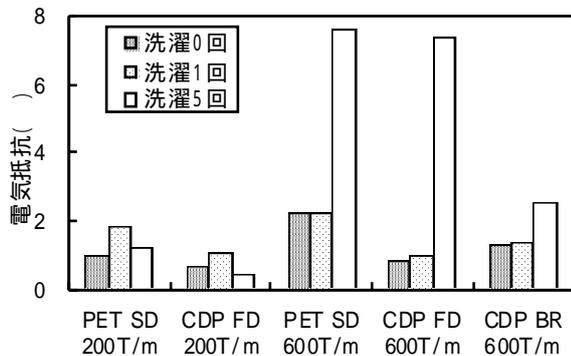


図9 めっき処理繊維の電気抵抗測定による洗濯耐久性

表1 チーズ内外層部のめっき処理繊維の性能比較

| | めっき剥離度 (%) | 電気抵抗 (Ω) | | |
|-----|------------|----------|------|------|
| | | 洗濯0回 | 洗濯1回 | 洗濯5回 |
| 内層部 | 2.6 | 1.30 | 1.40 | 2.51 |
| 外層部 | 3.4 | 1.57 | 1.67 | 3.97 |

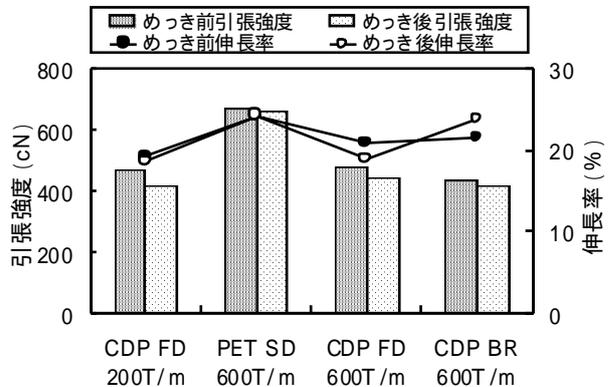


図10 めっき処理繊維の引張強度・伸長率

大きな差は見られず、均一にめっき処理されたと思われる。

3.5 めっき処理繊維を用いたカバリング系の検討

PETにめっき処理繊維をカバリングした系の外観、電気抵抗を図11に示す。カバリング数が少なくなると抵抗は低くなるが、ダブルカバリングするとさらに低くなる。これは、抵抗測定距離間における、めっき処理繊維の長さや金属の量のバランスが影響していると思われる。

| カバリング系 | 光学顕微鏡 (×150倍) | 電気抵抗 (Ω) | | | | |
|-------------------|---------------------|--------------------|-----|-----|-----|-----|
| | | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 |
| 単糸 | | [Resistance scale] | | | | |
| シングルカバ - 400T/m | [Microscopic image] | [Resistance scale] | | | | |
| シングルカバ - 800T/m | [Microscopic image] | [Resistance scale] | | | | |
| シングルカバ - 1,200T/m | [Microscopic image] | [Resistance scale] | | | | |
| ダブルカバ - 1,200T/m | [Microscopic image] | [Resistance scale] | | | | |

図11 めっき処理繊維を用いたカバリング系

4. 結び

- (1) 定量的に評価することができる繊維へのめっき密着性の評価方法を新たに考案した。
- (2) チーズ方式によるめっき処理繊維の均質性は、先染用PPポピンに巻いた系の密度が大きく影響することが分かり、最適な条件を明らかにした。
- (3) めっきの密着性が良い繊維グレードを選定した。またエッチング処理が、密着性に大きく影響することが分かった。
- (4) ポリエステル繊維にめっき処理繊維をカバリングした系を作ることができ、今後幅広い用途展開が可能となった。