

平成21年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「情報家電部品の高精度化・小型化に対応する  
多機能付与ネジの表面加工技術の開発」

成果報告書

平成22年 3月

委託者 中部経済産業局

委託先 株式会社 南部製作所

## 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緩み防止ねじの開発

###### ①-1 新しい樹脂の調査、選定

###### ①-2 高周波過熱方法の検討

###### ①-3 吹き付けノズルの試験

###### ①-4 搬送ライン試作装置の設計・製作

##### ②ねじ締め付け技術の高度化

###### ②-1 粘着剤系の樹脂の検討

###### ②-2 連続ディッピング方式の開発

#### 1-2 研究体制

#### 1-3 成果概要

#### 1-4 当該研究開発の連絡窓口

### 第2章 本論

### 最終章 全体総括

#### 1) 研究開発後の課題

#### 2) 事業展開

## 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

当社は1982年より東亜合成株式会社が開発したナイロン11樹脂粉体塗料による、ねじの防さびを兼ね備えた緩み防止加工の下請けとして、アロック（商標登録）加工の生産を開始した。その後、1994年に事業譲渡を受け、現在に至っている。生産ラインは自社の機械事業部で設計・製作し、その後改良・開発を重ね、特殊な粉体供給機構を組み込み、高周波加熱を応用したコンパクトな加工ラインを特徴としている。

当初は自動車関連で太ねじのM8からM16が主体であったが、次第に小ねじに拡大、現在ではM3～M6が中心となっている。近年、携帯電話、ビデオカメラ、デジタルカメラ等の情報家電および事務機器は、高度化・小型化が著しく、薄い部材の仕様が多くなり、その安定した締結確保のため、サイズ2mm以下の小ねじ（以下、「マイクロねじ」。）に対する緩み防止の要求が高まっている。しかしながら、現在の加工技術では、高周波加熱直後にナイロン樹脂粉体塗料の吹き付けを行うため、熱容量の小さなマイクロねじへの緩み防止加工に限界が生じている。

また、家電業界のし烈な価格競争から、組み立てコストの低減のためにナットを使用しないタッピングねじへの切り替えが盛んに行われているが、タップねじによる切削屑がそのまま製品内に残る為、製品の信頼性に問題が生じている。この解決のため、発生する切削屑の確実な捕捉をするねじの表面加工技術の開発が急務となっている。

このように、これまでの緩み防止のみで推移してきた表面処理加工に、切削屑捕捉、或いはこれらの組み合わせに対応した、多機能付与小ねじの表面加工技術を開発しようとするものである。

本研究開発では、情報家電製品等の信頼性向上を図るため、高精度・小型に対応するマイクロネジの緩み防止及び、タッピングねじの切削屑の捕捉と緩み防止の組み合わせに対応した多機能付与マイクロねじの研究開発を行い、これまで採用できなかった部品や機構へのマイクロねじによるねじ止めやナットを使わない組み立て方法等、新たな付加価値を生む表面加工技術の確立を目指す。

小ねじの緩み防止加工については、これまで自社で開発した高周波加熱を応用した、コンパクトなラインでナイロン樹脂粉体塗料を使用して緩み防止機能付与する表面処理を行ってきた。しかし、ねじのマイクロ化が進み、ねじサイズM2、長さ6mm以下のマイクロねじについては、高周波加熱により短時間で加熱した直後に、その熱量を利用してナイロン樹脂の粉体塗料を融着させる現在の方式では、熱容量が極端に小さいため、表面処理加工に限界がある。

又、接着剤（エポキシ系）を封入したマイクロカプセルを応用したナットを使用しないタッピングねじが市販されている。このねじの締結過程でマイクロカプセルが破れ、接着剤により切削屑を捕捉する方式となっている。しかしながら、カプセルタイプは材料が高価なため、安価で且つ優れた捕捉機能付与した新しいねじの開発が熱望されている。

そこで、本研究開発は、情報家電製品等の部品組立工程で、使用されるねじについて、以下の研究開発を行い、現在の限界を打破したマイクロねじの緩み防止と、タッピングねじへの切削屑を補足する機能を付与する表面処理加工技術を確立する。

## ①緩み防止ねじの開発

### 【目標値】

項 目	従来技術(アロック)	目 標 値
加工可能サイズ	M(口径)2 以上	M(口径)0.6～2.0
ねじ長さ	2.0mm以上	0.6～6.0mm
加工処理速度	150 本/分	300 本/分

### ①—1 新しい樹脂の調査、選定

現状ラインではマイクロねじは2本の耐熱ゴムベルトに挿まれ、首吊り状態で高周波加熱コイルの間を通過することで、短時間に加熱(200℃～300℃)され、直後にナイロン11樹脂粉体塗料を吹き付け、マイクロねじに保有されている熱量でナイロン樹脂が表面に融着する。しかし、マイクロねじは高温に加熱しても、熱容量が小さいため吹き付けられたナイロン樹脂を安定して熔融させることが困難で、品質にバラツキがでる原因となっている。

また、ねじを高温にさらすことで、ねじの性能に影響を与えるため、300℃以上の加熱は制限され、加えて機器部品(ねじ搬送用ゴムベルトの耐熱限界)にも制約を受けることとなる。したがって、現在使用しているナイロン樹脂は熔融温度が約186℃と高いことから、融点の低い樹脂による緩み防止機能を付与する表面処理技術の開発を行う。具体的には、市販されている樹脂及びそれらの混合材料から融点の低い共重合ナイロン樹脂を調査し、サンプルにて既設ライン等でビーカーテストを実施し、マイクロねじへの融着試験の結果を踏まえて選定する。新しい樹脂の緩み防止機能としての適正で客観的な評価を得るため、ねじメーカー及び名古屋市工業研究所のアドバイスを得ながら、緩み防止機能を総合的に評価・判断する。

### ①—2 高周波加熱方法の検討

熱容量の小さなマイクロねじでは、高周波加熱直後にナイロン樹脂粉体塗料を吹き付ける現在の加工方式では、樹脂を十分に熔融することが出来ない。高周波加熱コイルの形状、ワークとの距離を、高周波加熱装置メーカーにて立会試験を行い、高周波加熱装置の加熱コイルの仕様及び機種を選定する。

具体的には、本研究開発では、マイクロねじを高周波加熱コイルで上下に挟むことで、加熱途中で吹き付けノズルを配置することが可能となり、加熱昇温過程の途中で吹き付け、後半で再度加熱することで、マイクロねじにナイロン樹脂粉体塗料の融着を確実にする方法を期待している。

加熱コイルへのノズルの位置は、実際に試作装置での検討を要するが、

- 1) 加熱コイル周辺の金属は加熱されるために、構造上の工夫が必要
- 2) コイル形状と高周波出力のバランスを検討
- 3) 加熱コイルの中でのノズル位置はマイクロねじのサイズで変化させることが予想されるので、位置調整機構と構造上の検討が必要

などの課題があり、これらに対応可能な高周波加熱コイルについて装置メーカーで立会い試験を行い、マイクロねじに対する効率的な高周波加熱方法を確立する。

### ①-3 吹き付けノズルの試験

マイクロねじを高周波加熱した直後に、ナイロン樹脂をエアで搬送して吹き付けるため、ノズルの空気圧・空気量がマイクロねじを冷却させ、ナイロン樹脂を十分に融着することが出来ない一因となっている。

本研究開発では、マイクロねじに樹脂を溶融させることが可能な温度を維持するため、現行ノズルの性能(吸引力=樹脂吸い込み)を落とさずに、より低圧で使用空気量の少ない新型ノズルの開発を行う。具体的には、プロトタイプの新ノズルを試作して、その性能については空気圧と吸引力を測定し、結果について検証する。

### ①-4 搬送ライン試作装置の設計・製作

上記の課題を踏まえ、これまで蓄積した知識・ノウハウを活かして、試作装置(ゴムベルト方式)を株式会社南部製作所で設計・製作する。

具体的には、選定した高周波加熱装置、高周波加熱コイル及び新型吹き付けノズルを試作装置に取り付け、マイクロねじの加工試験を実施する。特に、マイクロねじの場合、ゴムベルト方式では、2本のゴムベルトの間隔を精度良く保つために、ゴムベルト幅に合わせた、溝付きプーリーを高周波コイルの前後に設け、マイクロねじの姿勢安定化を考慮すること。又、高周波コイルをマイクロねじの上下に配するために、周辺の装置部材が加熱されないよう考慮することが、設計・製作上のポイントとなる。

## ②ねじの締め付け技術の高度化

### ②-1 粘着剤系の樹脂の検討

ナットを使用しないタッピングねじについては、接着剤(エポキシ系)を封入したマイクロカプセル溶液を応用した切削屑補足機能を付与したものが市販されている。表面処理剤のコストが1/10、且つ、捕捉機能の優れたアクリ系粘着剤を応用した表面処理技術を開発する。具体的には、アクリル系樹脂はエポキシ樹脂に比べ、優位点が多い一方で、粘着剤が塗布された状態では粘着性があるため、ねじが使用されるまでのハンドリングに問題がある。

しかし、アクリル系粘着剤とワックスや、石油樹脂を組み合わせることで、ねじの表面に塗布された状態でも、表面が非粘着になることを経験している。このことからタッピングねじを粘着剤混合液にディッピングした後、乾燥過程でワックス又は石油樹脂が表面に現れ、処理部は非粘着性となり、使用するまでのハンドリングを可能にさせるものと期待している。

この場合、ねじの締結時には、表層が破れて、粘着層が切削屑を捕捉、粘着性が維持されているので、長期にわたる捕捉機能が保たれる。したがって、アクリル系粘着剤とワックス、石油樹脂の組み合わせを調査し、入手したサンプルのビーカーテストにより、タッピングねじへの性能を評価して粘着剤系の樹脂を選定する

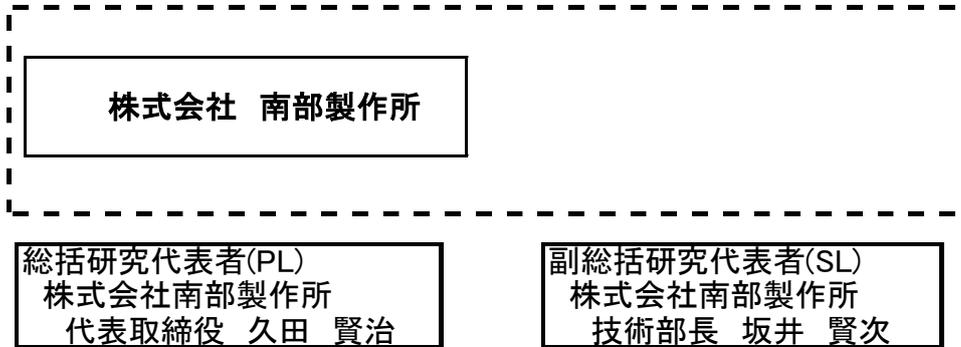
### ②-2 連続ディッピング方式の開発

上記課題を踏まえ、試作装置(連続ディッピング方式)を株式会社南部製作所で設計・製作する。具体的には、特殊形状のハンガー治具に2条にマグネットを貼り付け、これにワークを取り付けたもの(マグネットホルダー)を連続的に搬送し、ディッピング及び乾燥工程を設けた試作装置(ディッピング方式)を設計・製作する。この試作装置で、タッピングねじの粘着剤塗布試験を実施する。

## 1 - 2 研究体制

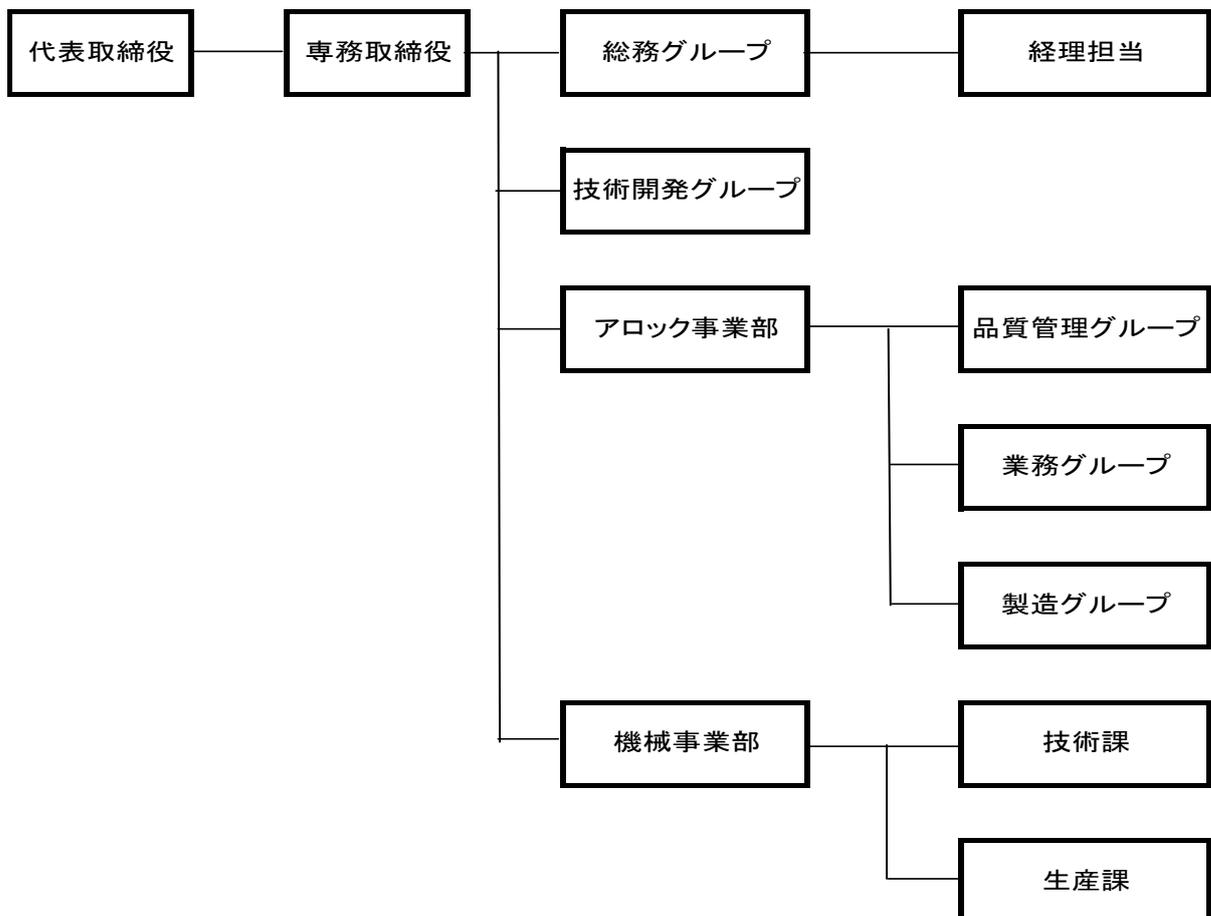
### (1) 研究組織及び管理体制

#### 1) 研究組織(全体)



#### 2) 管理体制

【事業管理者】 株式会社南部製作所



(2)管理員及び研究員

【事業管理者】株式会社南部製作所

管 理 員

氏名	所属・役職
久田 賢治	代表取締役
坂井 賢次	技術開発グループ 技術部長
佐藤 正勝	アロック事業部 部長
生田 勝則	アロック事業部 課長
本田 繁敏	アロック事業部 主任研究員
蟹江 智之	アロック事業部 部員
細沼 節子	アロック事業部 部員

研 究 員

氏名	所属・役職
坂井 賢次	技術開発グループ 技術部長
佐藤 正勝	アロック事業部 部長
本田 繁敏	アロック事業部 主任研究員
蟹江 智之	アロック事業部 部員
山田 良美	アロック事業部 部員
松本 忠彦	アロック事業部 部員
佐藤 幸雅	アロック事業部 部員
細沼 節子	アロック事業部 部員

試作装置設計・加工

久田 昌克	専務取締役
坂井 賢次	技術開発グループ 技術部長
加藤 智司	機械事業部 技術課 課長
朝倉 敬	機械事業部 生産課 課長
田淵 稔	機械事業部 生産課 課員
迫間 元三	機械事業部 生産課 課員
近江谷 慎太郎	機械事業部 生産課 課員
高木 秀郎	機械事業部 生産課 課員
新海 豊	機械事業部 技術課 課員
野田 敦	機械事業部 技術課 課員
小倉 大弘	機械事業部 生産課 課員
平田 尚也	機械事業部 生産課 課員
大澤 隆司	機械事業部 技術課 課員

(3) 経理担当者及び業務管理者

【事業管理者】株式会社南部製作所

経理担当者	総務グループ 経理担当	久田 利枝
業務管理者	技術開発グループ 技術部長	坂井 賢次

(4) 協力者

アドバイザー 富士セイラ株式会社 城南島第一事業所 製造部 技術課 課長 村上 範隆 〒143-0002 東京都大田区城南島二-四-四
---------------------------------------------------------------------------

オブザーバー 名古屋市工業研究所 機械金属部機械システム研究室 室長 児島 澄人 〒456-0058 名古屋市熱田区六番三丁目四番四一
---------------------------------------------------------------------------

## 1-3 成果概要

### ① 緩み防止ねじの開発

#### ①-1 新しい樹脂の調査・選定

1) 既設の生産加工機で共重合ナイロン樹脂を選定し、試作装置でトルク値を確認した結果、安定した目標値を示した。

#### 2) ブロッキング防止剤の調査・選定

ブロッキング防止には疎水性シリカの添加で効果が認められた。この結果から顔料メーカーにカラリングと同時に混合を依頼した。

#### ①-2 高周波加熱方法の検討

- ・加熱コイル周辺の加熱対策には、セラミック及びプラスチックを使用した。
- ・高周波加熱コイルの形状、ワークの距離を、装置メーカー立会試験を行い決定した。
- ・高周波加熱コイルの形状、高周波加熱装置を試作装置に取り付け高周波加熱コイルの位置、高周波加熱温度を変えて試験を行った。

#### ①-3 吹き付けノズルの試験

新型ノズルを試作装置に取り付け、空気圧を変えて試験を実施した。現行ノズルと比較した結果、空気圧を変えても性能に問題なかった。

#### ①-4 搬送ライン試作装置の設計・製作

株式会社南部製作所で完成した試作装置(ゴムベルト式)に①-2 高周波加熱装置と高周波加熱コイルおよび新型吹き付けノズルを取り付け試作装置で、各種条件を微調整後、M1.2×3、M1.4×3、M1.7×3 を加工した。

目標値として定めた緩み防止機能の品質、性能を選定した共重合ナイロン樹脂を用いて、試作装置(ゴムベルト式)で加工試験を行った結果、

- ・処理加工速度 300 本/分
- ・締め付けトルク(kgf・cm) 最大値 0.6 以下
- ・戻しトルク (kgf・cm) 最小値 0.08 以上

を満足する結果が得られた。

### ② ねじ締め付け技術の高度化

主剤である特殊粘着剤は、中粘着(タック)性の範ちゅうに分類されるもので若干粘着性が弱い、市販の強粘着剤や石油樹脂(粘着性向上効果)の併用又硬い樹脂を加えることで、粘着性能(タック)に加え緩み防止機能であるトルク値の向上をはかるため配合比率を変えて検討を行った。

主剤 : 特殊粘着剤

添加剤 : 石油樹脂、硬い樹脂、強粘着剤

目標値

・切削捕捉機能

M3 タッピングねじを用い
・バーリング加工板：0.8mm(厚み)、下穴 2.7mm
締め付けた時
・成形屑、粉が発生しない

・緩み防止機能の品質、性能

M3 タッピングねじで、締め付け戻し試験
バーリング加工板：0.8mm(厚み)、下穴 2.7mm
・緩み率(戻しトルク/締め付けトルク) 70%以上
処理加工速度 300 本/分以上

目標値の条件をタッピングねじM3.0でタック性能向上とトルク値の向上(切削屑捕捉機能と緩み防止機能)が達成された。

又、検討の段階で更にタック性能の向上(切削屑捕捉機能付与)とディッピング塗装によるトルク値向上(緩み防止機能付与)を見いだした。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

〒457-0863

名古屋市南区豊1丁目53番5号

株式会社 南部製作所 アロック事業部

部長 佐藤 正勝

主任研究員 本田 繁敏

Tel : 052-692-3845

Fax : 052-710-0517

Email : alok@nanbu-s.co.jp

## 第2章 本論

### ①緩み防止ねじの開発

#### ①—1 新しい樹脂の調査、選定

##### 《経緯》

弊社では1982年よりナイロン11樹脂粉体塗料を使用して、緩み防止ねじの加工を行ってきた。開始当時は太ねじが主流で生産を行ってきたが、近年、高精度化・小型化した情報家電製品を中心として、マイクロねじ（サイズ2mm以下）の要望が多くなってきた。

マイクロねじの場合、高温に加熱しても、熱容量が小さいため、ナイロン樹脂粉体塗料を安定して溶着させることが困難で、且つ、メッキ処理したねじの品質を損なうことから、高温加熱にも限界があり、ゆるみ止め防止として安定した品質を得ることができなかった。

そこで、現在使用しているナイロン樹脂の融点約186℃よりも低い融点の樹脂による表面処理加工技術の開発でマイクロねじへの対応を検討した。

##### 《目的》

- (1) 新しい樹脂の調査・選定
- (2) ブロッキング防止剤の調査・選定

#### 1) 新しい樹脂の調査・選定

市販されている様々な粉体塗料の中から、繊維業界で使用されている、共重合ナイロン樹脂に着目、サンプルを入手して試験を行った。共重合ナイロン樹脂は樹脂の組み合わせにより、さまざまな融点の樹脂を作ることができる。

市場調査した結果、実績を重視し、市販されている共重合ナイロン樹脂2種を選定した。

##### 《試験方法》

- 1) 設定トルク値：100gf・cm、200gf・cm、300gf・cm
- 2) ねじのサイズ：M1.2×3、M1.4×3、M1.7×3
- 3) 吹き付け条件：落下式及び吸引式

と条件を変えて、既設生産機を使用し、高周波加熱温度、パウダー量及びねじの供給量を設定トルク値(付着量)になるように調整する。調整後200～300本ロングラン加工し、30本を抜き取り、5回繰り返してトルクを測定した。

又、共重合ナイロン樹脂で加工したねじM2.0×2を用いて、耐熱試験(200℃×48hr)、熱冷6サイクルを実施し、緩み防止ねじの適否を見極めることにした。

##### 《総合結果》

樹脂の種類・粉体塗料の吹き付け方式及び供給方式の違いについては

- (1)低融点タイプは設定トルク値を変化させても、平均100前後のトルク値しか得られなかった。それに対して、中融点タイプは、3種類のねじサイズとも、

ほぼ所定トルク値のものを得ることができた。

従って、今後のテストは中融点タイプに絞って行うことにした。

(2)粉体の供給方式については、若干バラツキが大きいとされる落下式と改良型の吸引式を比較したが、トルク値に差異は認められなかった。

(3)マイクロねじは熱容量が小さいので、既設ラインでは、全体的にトルク値のバラツキが大きくなった。

今回の試作装置で、このトルク値のバラツキが押さえられ、安定した品質が得られることを確認する。

200℃での耐熱性については、

(4) 低融点タイプより中融点タイプの樹脂の方が耐熱性に勝り、いずれもトルク値は使用上での耐熱性については問題がないことが分かった。

但し、加熱により接着力が強まりトルク値は大幅にアップする。

再加熱によるトルク値の変動については

(5) 再加熱することでトルク値は、原料の違いに関係なくアップ(10~20%)した。

高周波加熱の直後に粉体塗料を吹き付け、ねじの持つ熱容量だけで熔融させるため、マイクロねじのように熱容量が小さいと、半熔融状態が残り、再加熱でより熔融が進みトルク値が上がったと思われる。再加熱により安定した品質が得られることが期待される。

## 2) ブロック防止剤の検討

### 《経緯》

マイクロねじに対しての粉体塗料として、これまでの経験から、粒度の細かいものを選定した。微粉末の欠点として、粉体塗料の供給用ホッパー内でブリッジが発生し、粉体供給が不安定になる恐れがあることが分かり、これを解決するために、市販のブロッキング防止剤を調査し、実績のある材料として材料3種を入手し、テストした。

### 《試験》

ブロッキング防止効果を判定する方法として、JIS R 9301-2-2を参考にして、ロータから落下した粉体の安息角(すその角度を写真判定)を測定した。

サンプル：アルミナ及びシリカ(A,B 2種類)の3種類を共重合ナイロン樹脂を予め青色にカラリングした粉体塗料をベースとして、添加量を変えて評価した。

### 《結果》

ブロッキング防止には、シリカ A 1.0~1.5%添加で効果が見られる。

添加量	縦横幅	高さ	安息角	自然落下
1.0%	114mm/115mm	30mm	30°	◎
1.5%	111mm/114mm	31mm	34°	◎

従って、添加剤量1.0%で安息角の低い(ブロッキング防止効果大)シリカAを採用することにした。

上記試験結果を踏まえ顔料メーカーへ共重合ナイロン樹脂及びシリカAを送付し、カラリングと同時に添加混合を依頼した。

顔料添加量は顔料メーカーで予備実験を行い、グリーン系とした。

写真-1 カラリングした共重合ナイロン樹脂



縦横幅	高さ	安息角	自然落下
110mm/115mm	32mm	34°	◎～○

顔料メーカーでのカラリング品は、予備試験結果と同等の結果であった。  
このカラリング品を用いて試験を実施した。

## ①-2 高周波加熱方法の検討

### 《経緯》

マイクロねじになると熱容量が小さいために、従来の高周波加熱直後に加熱されたねじにナイロン樹脂粉体塗料を吹き付ける方式では、加熱されたねじ表面にナイロン樹脂粉体塗料を十分に融着させることが難しくなる。

従って、新しい方式として、高周波加熱途中でナイロン樹脂粉体塗料を吹き付け、さらに後加熱が可能な高周波加熱コイルの配置を考え、試作装置（ゴムベルト方式）で実証することにした。

### 《高周波加熱装置》

高周波加熱装置メーカーとの打ち合わせに基づき仕様を取り決め、加熱条件等の確認をメーカーのもとで立ち会いテストで行った。

### 《立ち会い試験結果》

- (1) マイクロねじ(サイズ 2mm 以下)はいずれも 200°C/10sec 以上の加熱ができる。加熱時間等の条件を変えれば、260°Cまで加熱が可能である。(ねじの首下に熱電対を点付して、昇温を連続記録する)
- (2) 加熱コイル形状は後加工のやり易さから、テスト品と同じ銅パイプ径φ4mmとした。
- (3) 加熱途中で吹き付けた場合、一旦冷却されたねじの温度復帰も早く、後加熱でのナイロン樹脂を完全に熔融させることが可能となる。  
試作装置では吹き付けノズルの位置を加熱コイル中で変化させることができるよう配慮した。

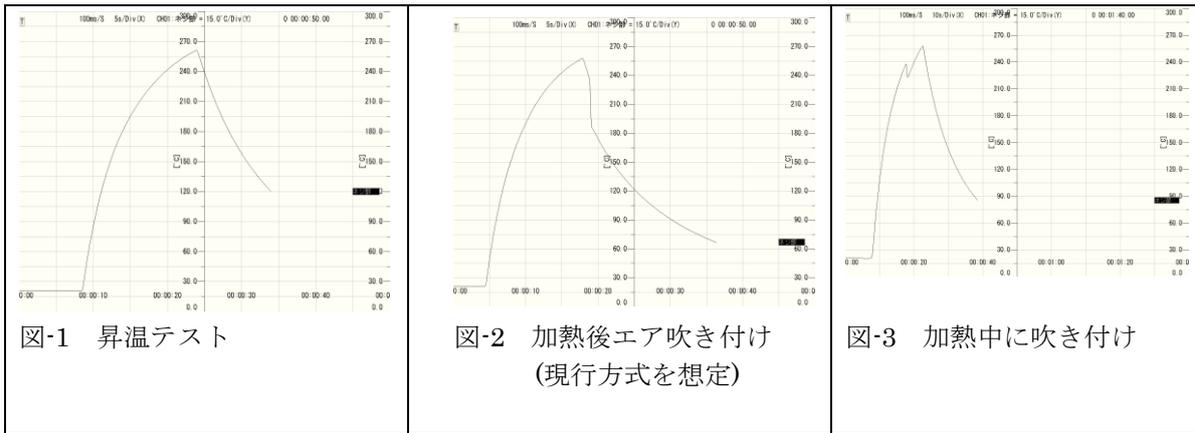


図-1 昇温テスト

図-2 加熱後エア吹き付け  
(現行方式を想定)

図-3 加熱中に吹き付け

### ①-3 吹き付けノズルの試験

《経緯》

現方式では、ねじを高周波加熱した直後にエアーで樹脂粉体塗料を吹き付けるため、ノズルの空気圧・空気量もマイクロねじを冷却させる原因の一つに上げられる。

本研究開発では、樹脂を熔融させることが可能な温度を維持するため、現行ノズルの性能(吸引圧＝樹脂吸い込み)を落とさずに、低圧で空気量の少ない新型ノズルの開発を行う。

	空気圧(kg/cm <sup>2</sup> )	吸引圧(mm 水柱)
現行ノズル	0.10	380
新型ノズル	0.06	400 以上(目標)

《目的》

新しくベンチュリー型の新型ノズルを設計・製作して、ベンチュリーノズルの部品の組み合わせを変えて吸引力を計測した。吸引力はマンメーターにより測定した。

#### ○ベンチュリーノズル性能試験(新型ノズル)

下記の交換型部品の組み合わせを変えて、性能を評価した。

D : 受け口径

d : ノズル外径

P : ノズル先端と受け口との距離

写真-1 マノメーター

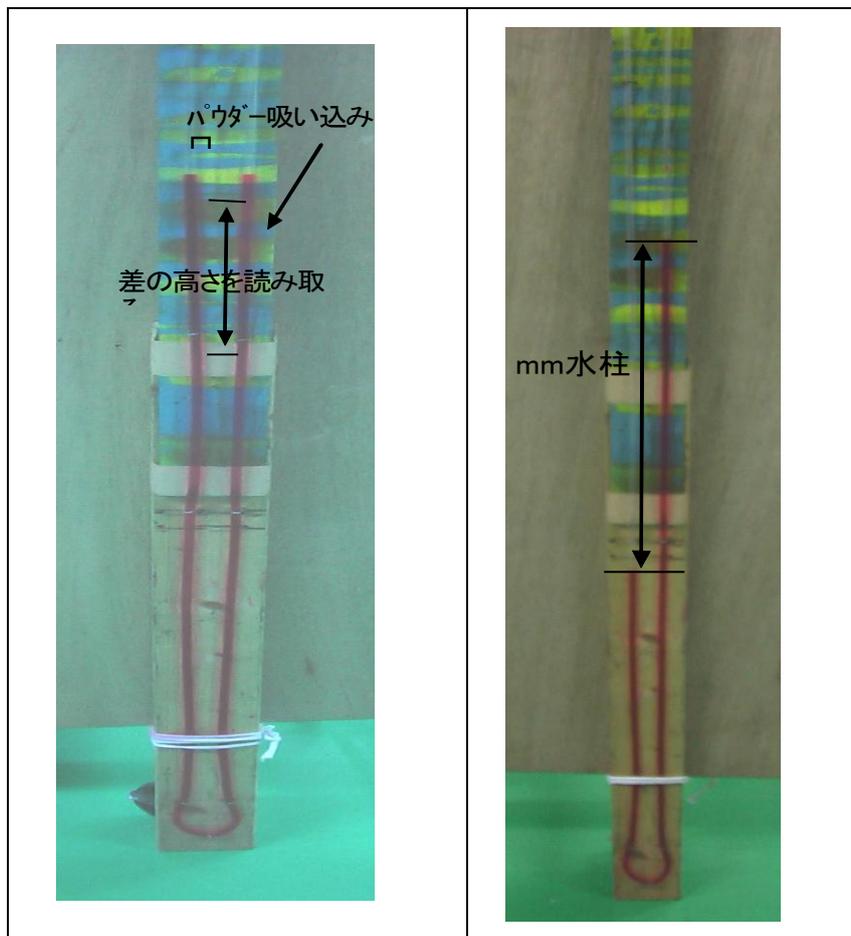


写真-2 測定器具



《結果》

最適なノズル外径、受け口径及びこれら相互の距離を見出した。  
これらのデータに基づき新しいノズルを設計・製作し、試作装置に取り付け、良好な結果が得られた。(写真-2)

表-1 新型ノズルの吸引力

	NO.1	NO.2
空気圧 (kg/cm <sup>2</sup> )	吸引力 (mm 水柱)	吸引力 (mm 水柱)
0.02	590	630
0.04	1490	1360
0.06	2190	1860

目標吸引力 400mm 水柱以上のノズルを改良することができた。同時に空気圧 0.02 kg/cm<sup>2</sup>の低圧でも、現行ノズル並みの吸引力が得られた。

①—4 搬送ライン試作装置の設計・製作

選定した高周波過熱装置、高周波過熱コイル及び新型吹き付けノズルを試作装置に取り付け、マイクロねじの加工試験を実施する。特にマイクロねじの場合、ゴムベルト式では、2本のゴムベルトの間隔を精度良く保つために、ゴムベルト幅に合わせた、溝付きプーリーを高周波コイルの前後に設け、マイクロねじの姿勢安定化を考慮すること。又、高周波コイルをマイクロねじの上下に配するために、周辺の装置部材が加熱されないよう考慮することが、設計、製作上のポイントとなった。

高周波装置メーカーにおける立会い試験で得た M1.2×3 加熱温度データを確認するため、完成した試作装置を用いて、マイクロねじ M1.2×3、M1.4×3、M1.7×3 の表面温度データを取った。

図-4 試作装置測定データ(エア吹き込み無)

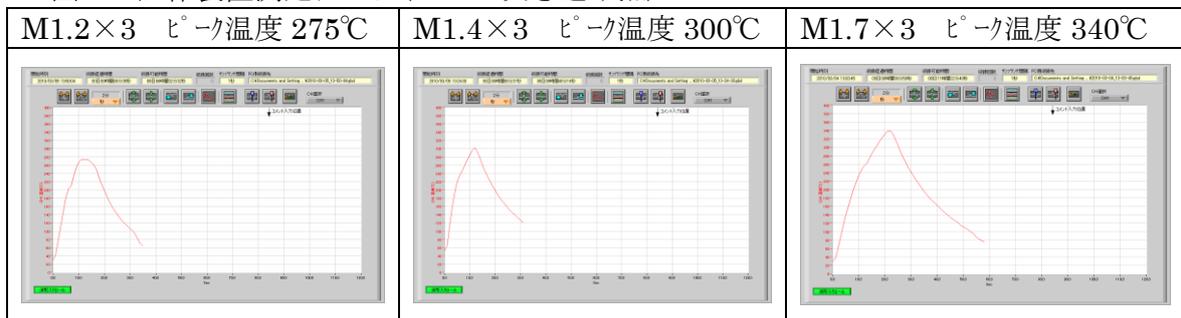


図-4 で示したように性能上に問題がないことが分かり、上記表面温度を参考に、試作装置を用いて実験を行った。

緩み防止マイクロねじの開発にあたり試作装置(ゴムベルト式)を用いて、3種類のねじ(M1.2×3、M1.4×3、M1.7×3)について実施した。

目標値である

- ・加工処理速度は 300 本/min
- ・品質、性能に関してトルク値(200~300gf・cm)

について条件を変えて実験し、最適条件を見出し、ロングランテストした加工ねじのトルク値を測定した。(くり返し N30)

表-2 トルク測定結果(M1.2) [単位 gf・cm]

実験日	2010.3.05		2010.03.08		2010.03.09	
ねじ	三価クロメート M1.2×3					
トルク値	締め	戻し	締め	戻し	締め	戻し
MAX	270	260	300	280	310	280
MIN	150	140	150	120	150	140
AVE	211	197	200	174	226	186
$\sigma n-1=$	30.84	31.83	37.05	33.00	40.74	28.95
$3 \times \sigma =$	92.53	95.50	111.14	98.87	122.20	86.84

表-3 トルク測定結果(M1.4) [単位 gf・cm]

実験日	2010.3.05		2010.03.08		2010.03.09	
ねじ	三価クロメート M1.4×3					
トルク値	締め	戻し	締め	戻し	締め	戻し
MAX	370	310	370	320	380	330
MIN	220	180	150	140	190	170
AVE	298	242	270	220	274	215
$\sigma n-1=$	43.18	39.66	63.05	50.45	57.15	37.94
$3 \times \sigma =$	129.55	118.98	189.16	151.34	171.45	113.82

表-4 トルク測定結果(M1.7) [単位 gf・cm]

実験日	2010.3.04		2010.03.05		2010.03.08	
ねじ	三価クロメート M1.7×3					
トルク値	締め	戻し	締め	戻し	締め	戻し
MAX	390	360	370	360	320	300
MIN	160	180	190	180	170	150
AVE	263	248	281	262	246	227
$\sigma n-1=$	58.36	60.04	51.38	51.71	42.16	40.10
$3 \times \sigma =$	175.07	180.12	154.13	155.12	126.47	120.30

《結果》

品質、性能に関してトルク値(200~300gf・cm)を目標に実施結果、M1.2~M1.7に於いてほぼ目標のトルク値が得られたと思われる。MAX(最大値)がやや高いと思われるが製造条件を変えることで十分可能な範囲内であった。

加工スピードは平均 320 本 (ベルト速度=1.6m/min)であった。

## ②-1 粘着剤系の樹脂の検討

《経緯》これまで先行して研究してきた特殊粘着剤（化学的に粘着剤粒子の表面に非粘着剤を配置し、乾燥後は樹脂表面が非粘着となる）は粘着（タック）性が弱い欠点があった。乾燥後の非粘着性は維持しながら、市販の強粘着剤等入手して、現行品の粘着性の向上を図った

更に粘着剤は柔らかい樹脂のため、硬い樹脂と併用し粘着性能に加え緩み防止機能であるトルク値の向上も検討した。

又、硬い樹脂の研究の過程で緩み防止機能をディッピング方式で付与することも検討した。

### 《目的》

- ①タップねじのタック性能の向上(切削屑捕捉機能付与)
- ②タップねじのタック性能及び緩み防止（トルク値）性能の向上(切削屑捕捉機能と緩み防止機能)
- ③マイクロねじのディップ塗装で緩み防止（トルク値）性能の向上(緩み防止機能付与)

### ①タップねじのタック性能向上(切削屑捕捉機能付与)

市場調査した結果、粘着剤メーカーとして実績のある T 社品を選び、添加剤としては粘着剤メーカーの推奨する材料を選定した。

主原料：特殊粘着剤

添加剤：石油樹脂、強粘着剤

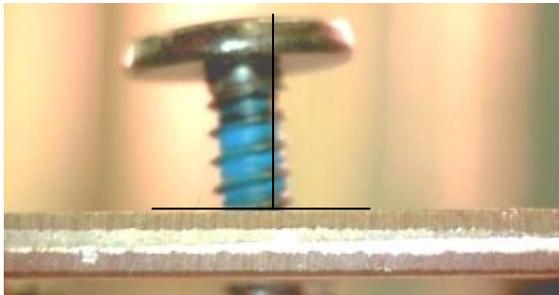
配合比率を検討し、タック性能の向上を目指した。

### 《試験方法》

#### 1)タック試験《末尾の資料-1 参照》

電動ドライバー(形式：HIOSVZ-1510)で締め込み角度 5° 傾け締め付けたとき切粉屑の捕捉を写真に取り優劣を判定した。又、下部に黒紙を敷き切粉屑の有無を確認した。ねじ：三価クロメート M3.0×6 を使用

写真-3 角度 5° でねじ込み



#### 2)簡易式傾斜ボールタック測定法《末尾の資料-2 参照》

傾斜角度 6°、鉄球 φ5mm を使用

各種入手した添加剤の組み合わせで評価した結果、前述の添加剤の組み合わせで

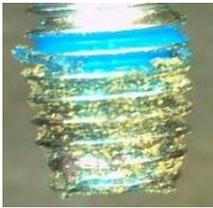
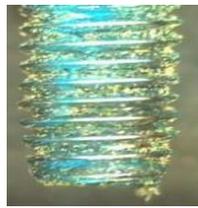
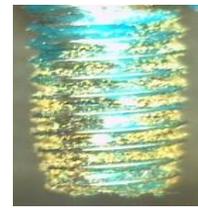
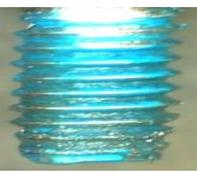
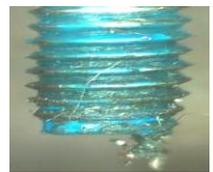
下記に示したような配合比率の材料を試作し、タック性能を評価した。

表-5 配合比率(固形分表示)とタック性能評価結果

	特殊粘着剤	石油樹脂	強粘着剤	青顔料	白顔料	濃度	ホールタック*	指触
No 1	100	—	—	2	5	35	75	○
No 2	95	5	5	2	5	35	23	○
No 3	94	4	2	2	5	35	4	○
No 4	94	5	1	2	5	35	35	○

\*フィルムに粘着剤を塗布し、乾燥後、表面をサンドペーパーで非粘着層を除去した試料片を簡易式傾斜板に置き、鉄球を転がしてその距離 (mm) を測定する方法

写真-4 切屑捕捉性能評価結果

	No 1	No 2	No 3	No 4
ナイロン粉末塗布				
切屑の捕捉正面撮影				
判定		候補 2	候補 1	候補 3

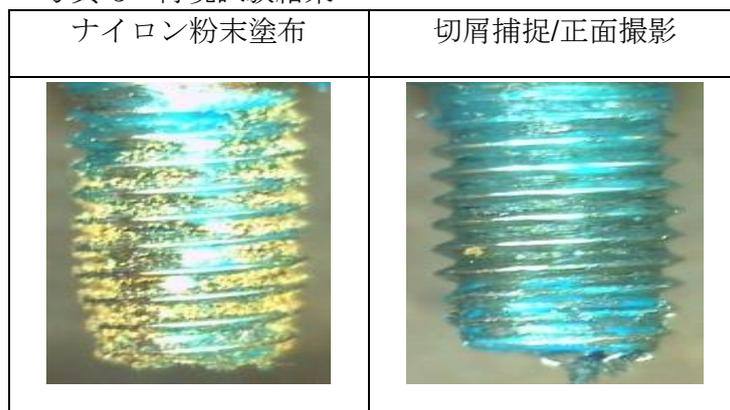
《結果》

- 1)総合的に評価し、サンプル No.3 に決定し、塗料を試作し、試作装置で確認を実施した。
- 2)新たに配合した塗料を用いて再現試験を行い、下記表-6、写真-5 に示すようにピーカーワークの結果と同等であった。

表-6 再現試験結果

	特殊粘着剤	石油樹脂	強粘着剤	青顔料	白顔料	濃度	ホールタック	指触
No 3	94	4	2	2	5	35	5	○

写真-5 再現試験結果



- ②タッピングねじのタック性能とトルク値の向上(切削屑捕捉機能と緩み防止機能)  
先述の切屑捕捉機能を持つ樹脂配合をベースにして、硬い樹脂として、下記の添加剤を選び、この5種類の配合比率を種々変えて、トルク付与効果を評価した。

主原料：特殊粘着剤

添加剤：T社の硬い樹脂A及び硬い樹脂B  
石油樹脂、強粘着剤

《試験方法》

1)タック試験《末尾の資料-1 参照》

電動ドライバー(形式：HIOSVZ—1510)で締め込み角度 $5^{\circ}$  傾け締め付けたとき切屑屑の捕捉を写真に取り優劣を判定した。又、下部に黒紙を敷き切屑屑の有無を確認した。ねじ：三価クロメート M3.0×6を使用

2)簡易式傾斜ボールタック測定法《末尾の資料-2 参照》

傾斜角度 $6^{\circ}$ 、球形 $\phi 5\text{mm}$ を使用

《試験片の作成方法》

1)ボールタック用試験片の作成方法

PETフィルムに $120\mu$ 塗布 →室温乾燥後 → $120^{\circ}\text{C} \times 10$ 分乾燥

2)トルク測定用試験片の作成方法

M2.0×6(三価クロ)→デッドコート塗装 →室温乾燥 → $120^{\circ}\text{C} \times 10$ 分乾燥

表-7 各種配合の評価結果

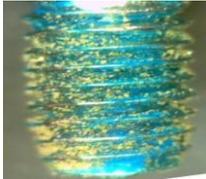
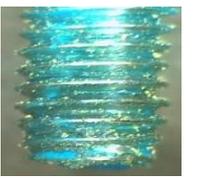
	配合比率: 固形分表示 膜厚120 $\mu$ 塗布					ホールタック傾斜角度6°			標準を100とした場合	
	特殊粘着剤	石油樹脂	A	強粘着剤	B	助走距離	球径	塗面停止距離	戻しトルク	アップ率(%)
27	71	22	4	0	3	100	5mm	76.6	96	161.2
28	71	22	3	0	4	100	5mm	83.2	91	152.8
29	71	22	0	0	7	100	5mm	90.8	94	157.8
30	71	20	6	0	3	10	5mm	130<	61	102.4
31	71	20	4	0	5	15	5mm	55.6	84	141.0
32	71	20	2	0	7	30	5mm	105.8	83	139.3
33	71	20	0	0	9	15	5mm	105.6	60	100.7
34	91.7	-	8.3	-	-	100	5mm	25	48	
35	71	20	2	-	7	100	5mm	44.8	95	159.5
36	73	18	2	-	7	100	5mm	60	89	149.4
37	75	16	2	-	7	100	5mm	33.4	87	146.0
38	73	20	2	-	5	100	5mm	40.4	94	157.8
39	91.7	-	8.3	-	-	100	5mm	24	79	
40	70	20	5	5	-	100	5mm	26.4	100	167.9
41	70	22	6	2	-	100	5mm	38	132	221.6
42	70	22	4	4	-	100	5mm	44	100	167.9
43	70	22	2	6	-	100	5mm	17.2	125	209.8

《結果》

各種入手した添加剤の組み合わせを評価した結果、上記添加剤の組み合わせで配合比率を工夫することで、タック性能及びトルク値が向上することが確認できた。組み合わせた No.40~No.43 が良い結果であった。

(共通項目：塗料濃度 30% 青顔料 2 部・白顔料 5 部)

写真-6 タック性能と切屑捕捉試験

試験項目	改良前	No40	No42
ナイロン粉末塗布			
切屑捕捉正面撮影			
粘着距離(mm)	24mm	38mm	17mm
戻しトルク値	56gf・cm	132gf・cm	125gf・cm
指触感	○	○	○

更に No.40、No.42 周辺配合比率を検討した結果、下記の表-8 であった。

表-8 試験結果

サンプル No	配合比率:固形分表示 膜厚120μ 塗布					ホールタック傾斜角度6°			標準を100とした場合	
	特殊粘着剤	石油樹脂	A	強粘着剤	B	助走距離	球径	塗面停止距離	戻しトルク	アップ率(%)
st	91.7	-	8.3	-	-	100	5mm	24.8	71	
4	75	16	2	-	7	100	5mm	33.4	121	170.4
5	73	20	2	-	5	100	5mm	40.4	120	169.0
8	70	22	6	2	-	100	5mm	38	134	188.7
9	70	22	4	4	-	100	5mm	44	122	171.8
10	70	22	2	6	-	100	5mm	17.2	116	163.4
15	68	22	2	8	-	50	5mm	109.4	118	166.2
16	71	20	2	-	7	100	5mm	-	131	184.5
17	68	22	2	-	8	100	5mm	100<	150	211.3
18	66	22	4	-	8	100	5mm	100<	166	233.8

表-9 塗料(No.8 No.9 No.10)のトルク値の確認試験

ネジサイ 基材 塗料	M3.0x8 バインドSタイプ ガイド無し															
	パーリング加工 Φ2.6 SPCG (0.8mm厚)															
	標準 (30%)				NO.8 (30%)				NO.9 (30%)				NO.10 (30%)			
	0.98 N・m				0.98 N・m				0.98 N・m				0.98 N・m			
	ねじ込 み	締め トルク	戻し トルク	緩み率 (%)	ねじ込 み	締め トルク	戻し トルク	緩み率 (%)	ねじ込 み	締め トルク	戻し トルク	緩み率 (%)	ねじ込 み	締め トルク	戻し トルク	緩み率 (%)
1	0.36	1.00	0.81	81.00	0.55	0.99	0.72	72.73	0.59	0.99	0.73	73.74	0.36	0.98	0.64	65.31
2	0.37	0.98	0.78	79.59	0.41	0.99	0.68	68.69	0.46	0.98	0.75	76.53	0.48	0.98	0.60	61.22
3	0.41	0.99	0.77	77.78	0.49	0.98	0.64	65.31	0.51	0.98	0.75	76.53	0.39	0.99	0.72	72.73
4	0.38	0.99	0.73	73.74	0.35	0.98	0.64	65.31	0.36	0.98	0.67	68.37	0.43	0.99	0.71	71.72
5	0.42	0.99	0.72	72.73	0.40	0.98	0.70	71.43	0.41	0.98	0.67	68.37	0.42	0.98	0.64	65.31
6	0.32	0.99	0.78	78.79	0.45	0.93	0.72	77.42	0.53	0.98	0.72	73.47	0.46	0.99	0.73	73.74
7	0.46	0.98	0.69	70.41	0.36	0.99	0.72	72.73	0.41	0.98	0.69	70.41	0.43	0.98	0.75	76.53
8	0.38	0.98	0.77	78.57	0.36	0.98	0.71	72.45	0.40	0.98	0.71	72.45	0.44	0.99	0.67	67.68
9	0.45	0.98	0.77	78.57	0.41	0.98	0.66	67.35	0.42	0.98	0.69	70.41	0.47	0.98	0.69	70.41
10	0.36	0.99	0.79	79.80	0.34	0.98	0.68	69.39	0.45	0.99	0.68	68.69	0.44	0.98	0.70	71.43
AVE	0.39	0.99	0.76	77.10	0.41	0.98	0.69	70.28	0.45	0.98	0.71	71.90	0.43	0.98	0.69	69.61
MAX	0.46	1.00	0.81	81.00	0.55	0.99	0.72	77.42	0.59	0.99	0.75	76.53	0.48	0.99	0.75	76.53
MIN	0.32	0.98	0.69	70.41	0.34	0.93	0.64	65.31	0.36	0.98	0.67	68.37	0.36	0.98	0.60	61.22
Σ	0.04	0.01	0.04	3.52	0.07	0.02	0.03	3.81	0.07	0.00	0.03	3.14	0.04	0.01	0.05	4.64

《結果》

確認試験で加工したタッピングねじ M3.0×8 をパーリング加工板に下穴径 2.7mm、厚み 0.8mm タッピングねじ M3.0×8 バインドS タイトを用いて緩み率(戻しトルク/締め付けトルク)は目標の 70%以上であることを確認した。

結果色塗りした配合比率が最も良かったので、総合的に判断して選定処方は No.9 に決定した。

最終処方 No.9 を試作装置(ディップ方式)において試験する。

③ディップ塗装によるトルク値の向上(緩み防止機能付与)

硬い樹脂として、T社の樹脂Aタイプに絞って研究を進め、主原料の濃度変化させて、乾燥後目付量(戻しトルク値)を測定したところ、濃度変化に対して、トルク値の変動が大きかった。

塗布目付量は液粘度が大きく影響し、乾燥後目付量は主原料の濃度に関係することから、濃度を一定にして、粘度を変化させることで(増粘剤を用いること)乾燥後目付量(戻しトルク値)の変化が少なくなることから、粘度とトルク値の変化を検討した。

その結果、最適条件として、M1.4及びM1.7について、それぞれ濃度及び粘度を見出した。(表-10)

主原料：硬い樹脂A

増粘剤：アルカリ可溶タイプ

表-10 トルク値測定結果

M1.4 濃度=15%						M1.6 濃度=19%							
	イワタツ粘度計 11"O4						イワタツ粘度計 8"53						
	gf・cm		1.0	gf・cm			顕微鏡	gf・cm		1.5	gf・cm		顕微鏡
	初期トルク	締めトルク	kgf・cm	初期戻しトルク	戻しトルク			初期トルク	締めトルク	kgf・cm	初期戻しトルク	戻しトルク	
1	420	1010		700	130	○	1	550	1500		840	120	○
2	570	1000		620	150	○	2	650	1500		990	110	○
3	420	1000		570	140	○	3	570	1500		960	170	○
4	480	1000		480	140	○	4	520	1520		1030	150	○
5	560	1000		560	130	○	5	550	1510		1250	130	○
6	450	1000		600	100	○	6	630	1500		1020	150	○
7	510	1010		540	140	○	7	740	1500		970	150	○
8	420	1000		600	120	○	8	460	1500		840	120	○
9	540	1000		610	120	○	9	560	1560		740	140	○
10	480	1010		790	100	○	10	500	1510		810	140	○
AVE	485	1003		607	127	○	AVE	573	1510		945	138	○
MAX	570	1010		790	150		MAX	740	1560		1250	170	
MIN	420	1000		480	100		MIN	460	1500		740	110	
Σ	—	—		—	17.0		Σ	—	—		—	18.1	

《結果》

従来よりも大幅に濃度を下げて、M1.4の濃度15% M1.6の濃度19%に設定し増粘剤で粘度アップして、目付量を変化させることで、トルク値が規格内になる条件を見つけ、評価試験を実施した。

濃度固定し、粘度を変えることで、塗膜剥がれも無く、又戻しトルク値も目標値内に入り、良い結果であった。

さらに、加工したM2.0ねじを用いて耐熱及び熱履歴試験を実施した。

(くり返し N20)

表-11 耐熱試験結果

[単位 gf・cm]

【常態】				
	初期トルク	締めトルク	初期戻しトルク	戻しトルク
AVE	555	1855	1141	144
MAX	750	1880	1250	170
MIN	400	1850	960	120
【85℃×72hr】				
	初期トルク	締めトルク	初期戻しトルク	戻しトルク
AVE	618	1860	1334	156
MAX	820	1880	1560	210
MIN	360	1850	1020	120
【120℃×72hr】				
	初期トルク	締めトルク	初期戻しトルク	戻しトルク
AVE	560	1853	1497	216
MAX	650	1860	1930	310
MIN	470	1850	1200	160
【150℃×72hr】				
	初期トルク	締めトルク	初期戻しトルク	戻しトルク
AVE	551	1860	1764	220
MAX	830	1890	2560	410
MIN	450	1850	1260	120
【-10℃×72hr】				
	初期トルク	締めトルク	初期戻しトルク	戻しトルク
AVE	682	1856	1190	175
【6サイクル】 1サイクル：120℃×8hr→-10℃16hr				
	初期トルク	締めトルク	初期戻しトルク	戻しトルク
AVE	682	1856	1190	175
MAX	960	1870	1380	230
MIN	400	1850	960	130

## 《結果》

常態と比較すると加熱すると初期戻しトルク値は高くなる傾向が見られた。  
緩み防止機能の塗料としては、耐熱温度は150℃まで可能と判断できた。

## ②—2 連続ディッピング方式の開発

特殊形状のハンガー治具に2列にマグネットを張りつけ、これにワークを取り付けたもの(マグネットホルダー)を連続的に搬送し、ディッピング塗装、乾燥する加工装置(連続ディッピング方式)を設計、製作する。

自社で設計・製作した試作装置で、タッピングねじ M3.0×6 を使用して、改良塗料(No.9)による試作実験を行った。

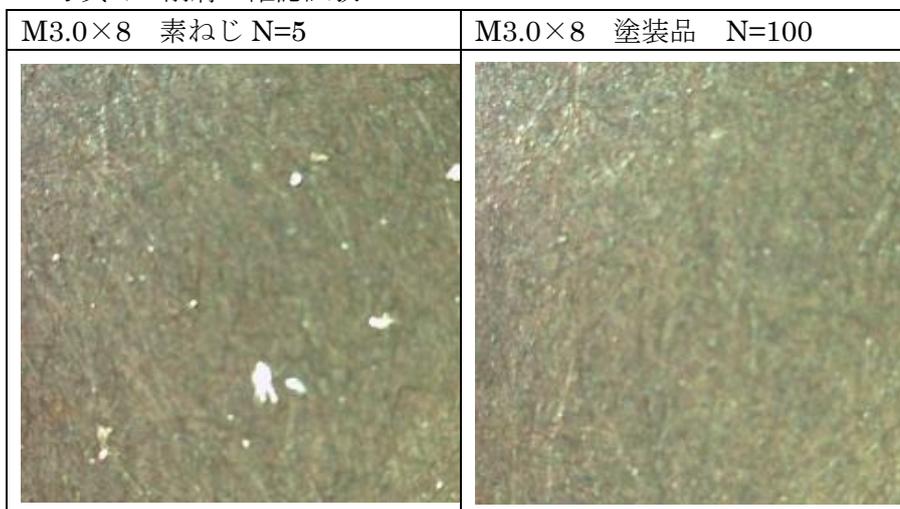
上記試作装置で加工したタッピングねじ(M3.0×8 バインドS タイトガイド無し)で、バーリング加工板下穴 2.7mmで緩み率(%)を測定した。(表-12)

結果、目標値であった緩み率(%)70%は以上であった。

表-12 測定結果

サイズ	M3.0 x 8 バインドSタイプ ガイド無し			
基板	バーリング加工 Φ2.7 spcc(0.8mm厚)			
塗料	NO.9 (30%)			
	0.98N・m			
	ねじ込み	締めトルク	戻しトルク	緩み率(%)
1	0.32	0.98	0.73	74.49
2	0.32	0.98	0.76	77.55
3	0.46	0.98	0.74	75.51
4	0.42	0.98	0.72	73.47
5	0.36	0.98	0.74	75.51
6	0.38	0.98	0.73	74.49
7	0.56	0.98	0.74	75.51
8	0.33	0.98	0.77	78.57
9	0.46	0.98	0.78	79.59
10	0.35	1.01	0.75	74.26
AVE	0.40	0.98	0.75	75.90
MAX	0.56	1.01	0.78	79.59
MIN	0.32	0.98	0.72	73.47
Σ	0.08	0.01	0.02	2.01

写真-7 削屑の確認試験



ねじ締め付け技術の高度化の開発の評価結果は、目標値を満足する結果が得られた。

- ・樹脂の選択(配合比率)は、緩み率 75.9%と目標値以上であった
- ・切削屑の確認も改良塗料はまったく見られなかった
- ・試作装置は 300 本/分以上を塗装可能であった

## 最終章 全体総括

### 1. 研究開発後の課題

#### ① 緩み防止ねじ

本研究開発のゴムベルト方式試作装置では、現状の携帯電話、ビデオカメラ、デジタルカメラ等の情報家電および事務機器分野で、良く使用されている、市場性の高いマイクロねじサイズM1.2、M1.4、M1.7、ねじ長さ 3.0mm の加工について、試作加工実験を行い、M1.0~2.0、長さ 1.5mm~の緩み防止の表面加工技術を確立した。

しかし、今後更に、情報家電部品の高度化・小型化が進み、より薄い部材の仕様となり、対応してさらに小さく、サイズがM1.0、ねじの長さ 1.5 mm 以下の使用が増加していくものと思われる。本研究開発で検討したベルト方式のように、首つり状態でワークを高周波加熱し、粉体塗料を吹き付ける方法でなく、ねじ固定搬送、浸漬加工等の技術開発により、0.6~1mm、ねじの長さが 0.6~1.5mm のマイクロねじの表面加工技術の研究開発が課題となろう。

#### ② ねじ締め付け技術の高度化

本研究開発のディップ方式試作装置では、薄膜テレビ(液晶、プラズマテレビ)で良く使用され、市場性の大きいタッピングねじM3サイズを使って、試作加工実験を行い、切削屑を捕捉し且つ緩み防止機能を有する粘着剤及び塗布の表面加工技術を確立した。

携帯電話、カーナビ、デジカメ等で分野では、小サイズの、タッピングの使用が進んでいるので、マイクロねじ M0.6~2.0mm、表面加工技術、特にハード面での研究開発が課題となろう。

### 2. 事業展開

#### ①. 緩み防止ねじの開発

携帯電話、ビデオカメラ、デジタルカメラ、事務機器、デジタル等情報家電部品に使用されるマイクロねじを対象に、量産試作品を客先に出し、評価を受け、量産化を図る。

2年後に 300 万本/月の加工、売上 100 万円/月を図りたい。

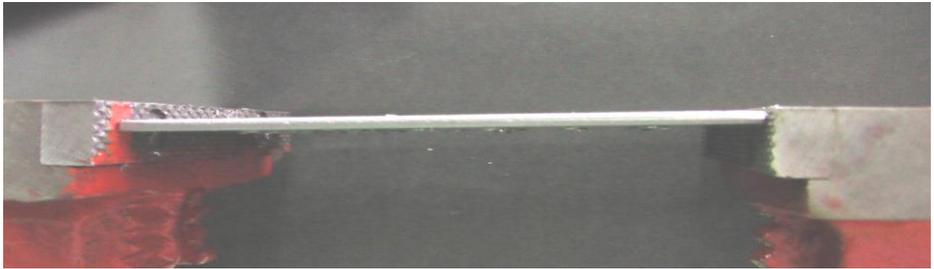
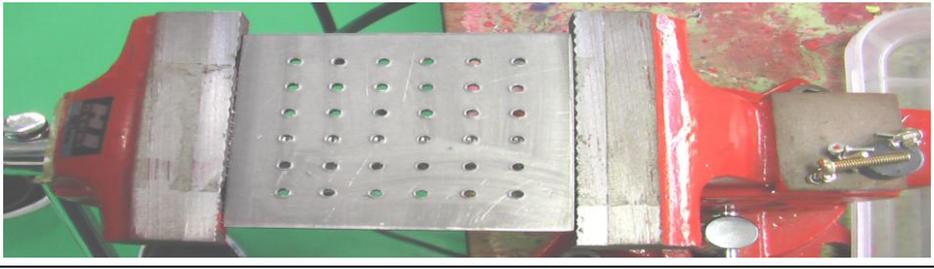
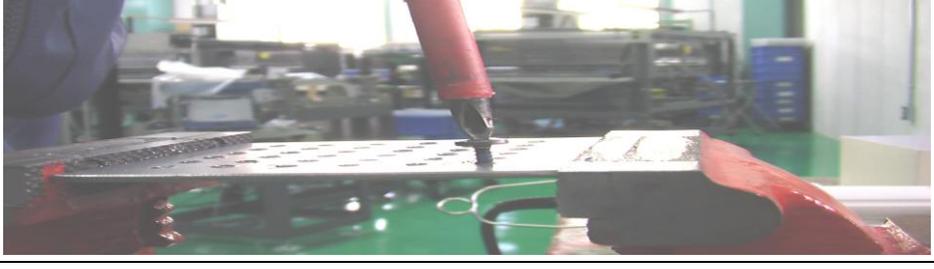
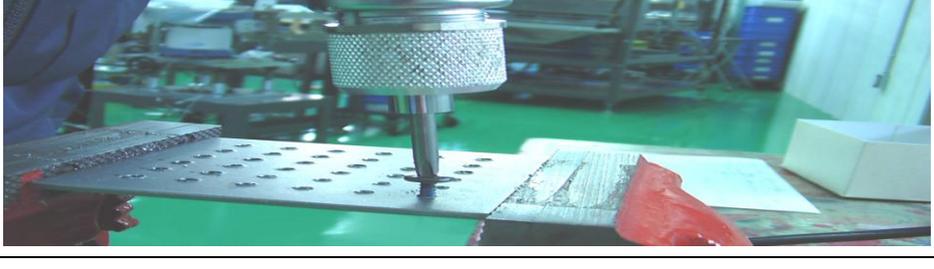
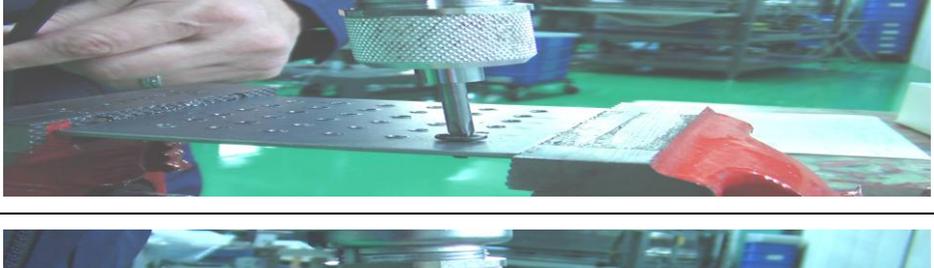
#### ②. ねじ締め付け技術の高度化

薄膜テレビ、カーナビ等情報家電の電子基板を止めるマイクロねじを対象に、切削屑の捕捉機能付与加工の産試作品を客先に出し、評価を受け、量産化を図る。

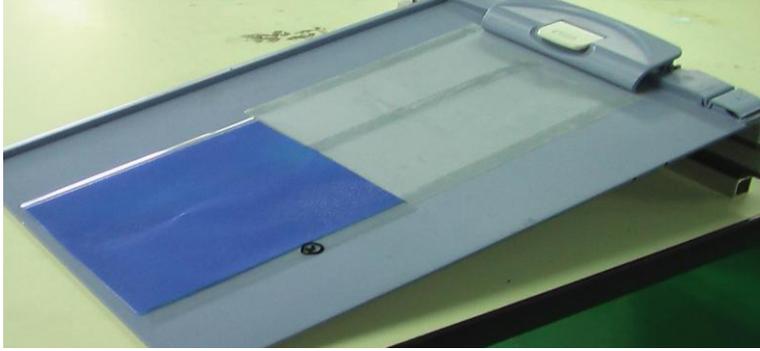
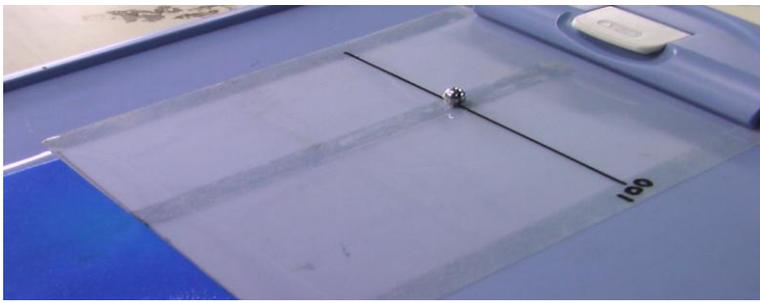
2年後に 500 万本/月の加工、売上 200 万円/月を図りたい。

《資料-1》 電動ドライバー測定方法

型式：HIOSVZ-1510

<p>手順1 厚み3mmの鉄板にドリルで穴2.5mmを空けた基盤をセットする。(正面より)</p>	
<p>同(上部より)</p>	
<p>手順2 ドライバーで仮止めをする</p>	
<p>手順3 電動ドライバー締めを開始する</p>	
<p>手順4 座面まで締めこむ</p>	
<p>手順4 戻す</p>	

## 《資料-2》簡易式傾斜ボールタック測定手順

<p>手順1 傾斜台にサンプルをセット</p>	
<p>手順2 助走距離 100mm 時点 にボールをセ ット</p>	
<p>手順3 5回繰り返し (ボールの止ま った所)</p>	
<p>手順4 スケールで測 定</p>	