

# ファスナーからの提案

JPFワークス(株)は、去る11月「テクニカルフォーラム ECO-FASTENING2002」を開催し、新しい商品の紹介や、将来のファスナーへの提案などを行いました。金属屋根業界にとっても興味深い点が多々ありましたが、その中から今月はファスナーの「表面処理・表面改質」に的を絞って同社にお話を伺いました。

お話 JPFワークス(株) (50音順)

岡部六雄 技術マーケティング部長

藤崎守春 技術マーケティング次長

矢幡秀介 技術マーケティング担当部長

## ファスナーから環境を考える

— 先般開催されたテクニカルフォーラムでは、「環境」をテーマに掲げておりましたが、その趣旨はどのようなものであったのでしょうか？

**JPF** 当社は今年の7月に、従来の日本パワーファスニングから、事業分野別に住宅向け中心の「日本パワーファスニング」、建設市場中心の「JPFワークス」、自動車・家電向けの「近江ニスコ工業」の3カンパニーに分社化しました。今回のフォーラムは、関東圏におけるJPFグループ各カンパニーの知名度、認知度を上げること、新規市場の開拓、新規顧客の獲得を目的として開催しました。

製品カテゴリー別に商品を単純に紹介したのでは、来場されたお客様にも関心を持っていただけないと考えまして、近年一番大きな課題である「環境」をテーマに据えて、ファスナーメーカーとしてこの課題に取り組んでいる姿勢を見ていただこうと考えました。

— ファスナーと環境の問題をどのように考えておられますか。

**JPF** 先ず自分のところで物を作る段階で環境に優しくなければいけない、これが基本です。次にお客様にファスナーを使っただけの段階で、どう環境に優しくなるか、お客様が考えられている環境保全や省資源・省エネルギーに役立つ商品や用途にいかに関与できるかと考えました。そこで出てきたのが長寿命化とクロムフリーです。

長寿命化については、ファスナーの耐食性を向上させることが、結果として建造物などの廃棄物を減少させることが環境保全につながると考え、今回は開発中の商品を含めていくつか紹介させていただきました。また、人体に有害であるという物質はなるべく使用しないようにしたいということで、クロムフリーの表面処理を進めているという当社の現状を皆さんに理解していただこうとしました。

めっき系	めっきの名称	下地材	特 徴
電気亜鉛めっき系	ユニクロメート (EP-Fe/Zn 5/CM1)	鉄	表面美麗白色。光沢あり。コスト安い。建築用ねじとしては一般的に広く普及。
	クロメート (EP-Fe/Zn 5/CM2)	鉄	黄色、光沢あり。ユニクロより耐食性良。コスト安い。
	黒色クロメート (ブラックアエン)	鉄	黒化剤として銀を使用する。クロメートより若干耐食性は劣る。
	染色クロメート (ブルー)	鉄	ユニクロメートの上に染色を行なう。耐食性はユニクロと同様。
	グリーンクロメート	鉄	均一で光沢のある緑色皮膜。クロメートの中では耐食性はベスト。
	すずめっき	SUS410	下地にNi,Cuをめっき。外観美麗で耐食性はかなり高い。コスト高い。
合金めっき系	ジンロイ ZINLOY-K コート	鉄	Zn-Niの合金めっき (電気) に防錆コーティング (Kコート) を施し、赤錆に強い。光沢クロメート品はステンレス光沢で美麗。
	SLコート (シルバーライト)	鉄	特殊合金めっきで赤錆に強い。すずめっきに比し安価。
	ダクロタイズド	鉄	亜鉛フレークとクロム酸に浸漬、液切り後焼付処理をしたもの。塩水噴霧試験に強い。水素脆性のおそれなし。
	ダクロタイズド	SUS410	
表面改質	パシベイト	SUS410	硝酸処理による不動態化皮膜の生成。ステンレスの光沢を残し美麗。白錆発生はなし。
	パシベイト	SUS304	

表1. ファスナーの表面処理

## 耐食性の向上、接触腐食の抑制

— 最初にステンレスの表面改質である「サスガード」についてご説明ください。

**JPF** ドリルねじ（旧名称：セルフドリリングねじ）の素材には、鋼とステンレスがありますが、従来は鋼に関しては電気亜鉛めっき系の表面処理を施し、ステンレスは素材そのままで使用してきたのが一般的です（表1）。このステンレス製のねじの耐食性が、かねがね問題になっていました。たとえば、ステンレス製のファスナーのほうが、鋼製のものよりも早く赤錆が発生してしまう、などという例がありました。

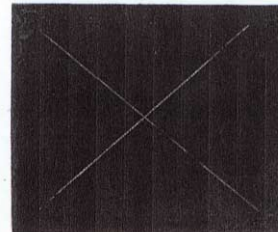
ステンレスの耐食性は、表面に不動態皮膜が形成されることで確保されるわけですから、表面が完全に不動態化した状態を何とか作り出せないか、と考えたのが第一点です。

ドリルねじはSUS410という鋼種に焼入れをして製造しているのですが、この410の耐食性は、皆さんご存知のようにあまり良くありません。そこで、ステンレスに表面処理としてダクロダイズド処理（以下：ダクロ処理）やはずめっきを施して耐食性を向上させてきました。ダクロ処理やはずめっきでは、塩水噴霧試験などでは、それなりの良い結果を得ることができたのですが、高耐食系ステンレス鋼板やチタンなどの異種金属と接触するとダクロやはずが接触腐食（参考資料参照1）の影響を受けて、ねじに赤錆が出てしまうということがありました。

接触腐食は部材同士が接触したときの表面積の大きさに比例するといわれていますが、ねじのような表面積が小さなものでも、相手金属の電位が低いと相手材が腐食してしまいます。例えばアルミ板にステンレスのねじを使用すると、アルミ材の腐食を促進させてしまうことがあります。



未処理



NBS処理

写真1. 傷部の比較

この、接触腐食の発生を抑制できないかというのが、もう一つの研究課題でした。

## 表面処理と表面改質

— 表面処理と表面改質の違いは、どのような点ですか？

**JPF** 表面処理にはめっきや塗装などの方法がありますが、要するに金属表面に何らかの物質を付着させて耐食性を高めようとするものです。これに対してステンレスの表面改質は、表面に人工的な酸化力を与えて不動態皮膜を強化しようとするもの…表面改質とはステンレスの不動態皮膜を強化、厚膜化することです。



写真2. 接触腐食の比較

鉄に黒皮があると錆の進行が遅くなったり、アルミに陽極酸化処理をすると表面の腐食が抑制されたりしますが、イメージ的はこういう現象に近いものです。

— 開発の経緯はどのようなものだったのですか？

**JPF** SUS410を使用したドリルねじには従来、表面改質の一種であるパシベート処理などが行われてきました。パシベート処理は、ステンレス表面を硝酸によって浸漬反応させて、不動態化しようとする方法です。これらの方法は、期待したほど耐食性が向上しないなど、さまざまな課題が残されていました。

そこで、先程申し上げた耐食性の向上、接触腐食の抑制という目標に加えて、ステンレスの素材感を生かすことや、施工性・遅れ破壊（参考資料2）特性に影響を与えない…などの課題を踏まえて開発に入りました。

新しい表面処理の開発以外にも、素材も従来のSUS410をモディファイした材質に変えたほか、耐食性低下の要因となっていた鍛造加工時の「折れ込み」や「表面荒れ」といった現象を加工設計などの見直しにより解消しました。また、これも耐食性低下につながる熱処理時のスケールの発生についても、炉内雰囲気改良により防止し、総合的な観点から改良しました。

## サスガード処理とは

— サスガードの具体的な内容は？

**JPF** 不動態化処理を進化させ、確立させたものです。メカニズム的にはステンレスの表面性状を独自の前処理によって改善し、さらに化学的に酸化反応させ、表面に均一で強固なクロム酸化物皮膜（ $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ）を生成させる、というものです。

一般の不動態膜厚は20~30Å（オングストローム 1オングストローム=1/10000μm）ですが、サスガードSGでは、150~200Å、サスガードBRで1500~2000Å、サスガードNBSで6000~8000Åの表面改質膜を形成させています。これによって、耐食性の向上（塩水噴霧試験で10倍以上）のほか、傷部の腐食抑制（写真1）や接触腐食の抑制（写真2）に効果があることが確かめられています。耐候性、耐溶剤性、耐油性などでも優れた特性が出ています。

また、この方法は、フェライト系はもちろんマルテンサイト系、イオウ系、MIM系、オーステナイト系など全てのステンレス鋼に応用できる技術です。

ステンレスの耐食性の向上は、これまで鋼種の改良によって行われてきましたが、従来ある鋼種を表面改質して、耐食性を向上させるという技術は、これまでにありませんでした。

## ドリルねじは何故SUS410なのか

— ドリルねじの素材がSUS410に限られている理由は、どのようなことからですか。

**JPF** ドリルねじは、下穴を開け、タップを立て締結する工程を一挙に行うねじです（図1）。相手材はC形鋼などの鋼板ですから、ねじの表面は相当硬いものでなければいけません。

ステンレスにはSUS420J2など硬度の高い鋼種は沢山あるのですが、単に硬いだけではドリルねじには使用できません。これはステンレスだけでなく鋼でも同じなのですが、ねじの表面硬さと心部硬さが同じで、硬さが高いと切れ味は良くなりますが、「遅れ破壊」が発生します。遅れ破壊とは施工した数日後にねじの頭部が飛んでしまうといったケースですね。

つまり、ドリルねじが本来持つべき最大の特徴であるドリル（切削）性能を上げるには、表面の硬さが硬くないといけない。しかし、「遅れ破壊」を防止するには心部硬さを下げないといけないという、相反する命題を克服する必要があります。

ファスナーメーカーにとっては、いかに「遅れ破壊」を克服するかが過去一番の問題であったわけです。このため、鋼製品においてはJIS B1059では心部硬さは、ビッカース硬さで上限値を400Hvとうたっており、ステンレス製品もその方向にあることも確かです。

理想的には先程も申し上げましたように、表面が非常に硬くて、心部がそれ程硬くない製品（ドリルねじ）を作りたいわけです。このような要求を満足させてくれるステンレス製ドリルねじの材質は、マルテンサイト系のSUS410が現状では一番適しており、優れています。

しかし、SUS410は通常の熱処理を行なった場合、表面硬さが不足する上、表面に酸化スケールが発生し、ステンレスの肌でなくなりますので、真空窒化処理という特殊な熱

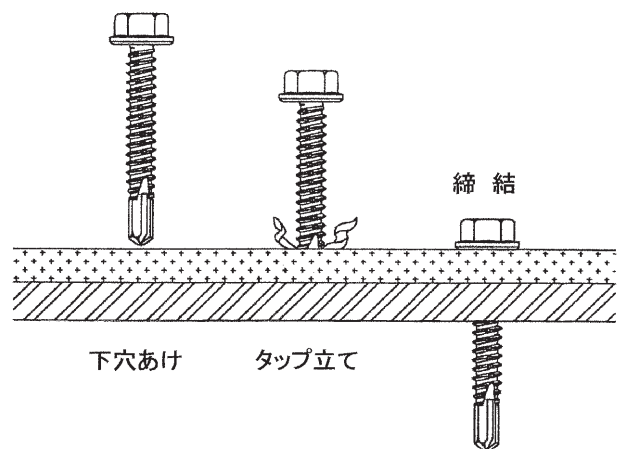


図1. ドリルねじの働き

処理を行なうことで、表面硬さを上げながら表面の酸化を防いでステンレス肌を守るようにしています。

一方、SUS410はクロム（Cr）量が11.5%程度と少なく、焼入性を高めるため、0.15%程度の炭素（C）を添加してあるため、クロム炭化物の析出により耐食性が低下し、錆やすくなっており、**「表面処理」**が必要になります。

今回のテクニカルフォーラムへの出展品に表面処理がりましたが、これはステンレス製品に耐食性の高い表面処理を開発し、錆に困っておられるお客様に提案したいという思いがありました。なお、ステンレスといえば、SUS304を思い浮かべる方が多いと思いますが、SUS304鋼種では、焼入れもできません。

— 新しい鋼種が開発されない限り、SUS410しかないというのが現状ですか？

**JPF** そうです。一部のファスナーメーカーから、高硬度の鋼種を利用した製品が出ておりますが、当社では**「遅れ破壊」**の可能性を捨てきれないと判断しています。もちろん今後の技術開発の可能性がありますが、将来的に別の鋼種が使われることはあるかもしれません。

### 新素材との組み合わせ

**JPF** サスガードとの関連で申し添えると、ステンレスとは異なる新しい素材とサスガードを組み合わせた製品を現在開発中です。当社では以前から環境に優しい製品を世の中に供給していこうという会社方針を立てまして、クロムフリー型のめっきラインの導入などを積極的に進めてきま

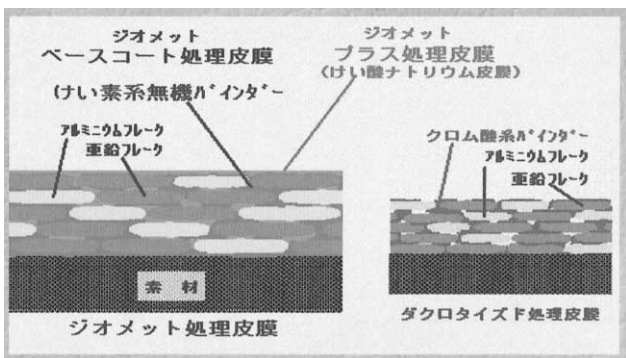


図2. ジオメット処理

した。これによって総コストに占める表面処理のコストが高くなってきています。このため、鋼を素材とした製品であっても、市場にはコストがステンレス製品と変わらないような物も出ています。

当社では、新しい素材にサスガード処理の技術を応用して、従来のステンレスに近い耐食性が得られ、コストもそれ程高くないものを開発しようとしたのが**「エコガード処理」**で、これを使ったドリルねじが**「エコテクス」**です。これは近いうちに市場にお出しできると考えています。

### クロムフリーへの取り組み ジオメット・ハイジंक

— クロムフリーに対しては、どのように取組んでいるのですか。

**JPF** 六価クロムは錆を防ぐという意味では、抜群の効果があります。ですから、亜鉛めっきのクロメート処理など多くの表面処理に使われてきました。これを使用しないと防錆という点では、かなり厳しいものがあります。しかし、六価クロムは、長時間皮膚に接触するとアレルギーを引き起こす可能性や発ガン性物質として指摘されたりしています。

このため、自動車や家電業界では、クロムを使用しない方向…クロムフリー化…に取り組んでいます。当社としても、このような動きに対応していこうとしています。

— クロムフリー化にはどのような方法がありますか。

**JPF** 大きく分けると、クロムイオンには六価と三価の2種類あり、三価クロムのほうが六価に比べて有害性が低いことから、この三価クロムを使った表面処理方法（六価クロムフリー型表面処理）とまったくクロムを使わない方法（クロムフリー型表面処理）に分かれます。

当社で導入した**「ジオメット」**は、クロム化合物をまったく含まない表面処理です（図2）。ジオメット処理の皮膜構造はダクロ皮膜と同じように亜鉛とアルミニウムフレークが層状になり特殊無機バインダー（従来のダクロ処理は、クロム酸系バインダー）により結合したものです。ジオメット処理の防錆の仕組みは、ダクロ処理と同じく亜鉛のコントロールされた犠牲防食作用と金属フレークによる遮蔽効果によっています。

— ハイジंक処理は、どういうものですか。

**JPF** 下地めっきの耐食性を厚膜化により向上させようとした特殊電気亜鉛めっき処理です。一般の電気亜鉛めっきの厚さは、5~8μm程度ですが、これを20μm以上まで厚膜化できます。

亜鉛めっきを厚くしようとすれば、電気亜鉛めっきでなく溶融亜鉛めっきにすれば良いと考えがちですが、焼入れしたものを溶融層に入れると焼きなまし状態になってしまい、これでは切削およびタッピングができなくなります。溶融亜鉛めっきはドリルねじには使えないわけです。

電気亜鉛めっきで膜厚を上げようとすると、相当な時間がかかる上に、時間をかけてめっき処理をしていると水素が多量に発生して、水素脆性による「遅れ破壊」の原因になるという欠点がありました。ハイジंक処理は、水素の発生を抑制し、水素脆性が起きにくい上に、めっきの剥離が少なく、また、めっき中の亜鉛純度が高く耐食性が良いなどの特徴を持っています。今後、クロムフリーめっき処理の耐食性低下を補う有望な処理として期待しています。

当社では、今回のフォーラムでは環境対応商品として表面処理だけでなく外断熱用の新しい製品なども紹介しております。今回お話したクロムフリー化と高耐食については、引き続き研究開発を進めていく考えです（表2）。

また、新しい製品の研究や開発にとっては、お使いいただく方々の声が非常に大切なものであると考えております。ですからファスナーについてご意見、ご希望がありましたら、遠慮なく当社にお申し出頂きたいと思っております。

— ありがとうございます。

■ JPFの新しい表面処理

対象材質	種類	表面処理法	特長	外観
鉄	メッキ	三価クロメート	六価クロムフリー	光沢亜鉛色
		ハイジंक	高耐食Zn、犠牲防食	明亜鉛色
	コーティング	ジオメット	無機系、クロムフリー	亜鉛色
		ドルブレード	有機系、クロムフリー	亜鉛色
ステンレス	表面改質	JPCコート(開発中)	有機-無機系、クロムフリー	光沢亜鉛色
		サスガードSG	高耐食、接触腐食抑制	透明
		サスガードNBS	高耐食、接触腐食抑制	黒色
	サスガードBR	高耐食、接触腐食抑制	ブロンズ調	
新素材	表面改質	エコガード(開発中)	高耐食、クロムフリーメッキ、コーティングフリー	透明

表2. 今後の表面処理

(文責：事務局)

## 〈参考資料1〉異種金属接触腐食について

### 1. 異種金属接触腐食とは

種類の異なる金属を接触させ電解質を含む水溶液（自然環境では雨水、海水、河川水、結露水など）に浸漬すると、卑な金属側の腐食が促進され反対に貴な金属側の腐食は抑制されます。これらの腐食を異種金属接触腐食（以下略称-接触腐食）またはガルバニック腐食と呼びます。

#### 1) 貴な金属、卑な金属

貴な金属 = イオン化傾向が低い金属（錆びにくい金属）

卑な金属 = 〳 高い金属（錆びやすい金属）

### 2. 接触腐食のメカニズム

金属は固有の電位を持っており、種類の異なる金属が接触すると両金属の電位差によって局部電池が形成され、電気化学反応によって電流が流れます。この電流は貴な金属（高電位）側から卑な金属（低電位）側に流れ、卑な金属イオンとして溶け出し腐食が始まります。

### 3. 接触腐食の速さ

接触腐食の促進速度は、接触した両金属の電位が離れているほど速くなりますが、両金属の面積比によっても異なります。一般的に面積比と腐食速度の関係は以下の式が成り立ちます。

$$P = P_0 (1 + A/B)$$

P : 貴な金属に接触後の卑な金属の腐食速度

P0 : 卑な金属の単独での腐食速度

A : 貴な金属の表面積

B : 卑な金属の表面積

この現象をわかりやすい例で説明しますと、普通鋼板に銅のクギを用いたときに、普通鋼板の腐食は銅製クギの接触周辺部だけに緩やかに起こりますが、鋼板に普通鋼製釘を用いた場合にはクギはたちまち腐食してなくなってしまいます。

### 4. 接触腐食防止対策

- 1) できるだけ電位の接近した金属を選ぶ
- 2) 面積の大きい側が貴な金属となる組合せは避ける
- 3) 接触部位に適切な絶縁を施す
- 4) 接触部位に水がたまらないような水密設計を行う
- 5) 接触電位差を減少させるための卑な金属側に亜鉛系めっき、塗装をする
- 6) 特に重要箇所を保護するためには、犠牲となる亜鉛板を用いて陰極防食をする

## 〈参考資料2〉「遅れ破壊」

### 1. 水素脆性破壊について

一般に施工後、時間の経過と共に発生するねじの破壊には、ねじ自体の強度不足による延性破壊と脆性破壊に大別されますが、ここでは、よく問題になり重大な事故につながる水素脆性破壊について述べます。

ドリルねじは、熱処理・電気亜鉛めっきを行い、表面・心部硬さを高めると共に、耐食性を向上させます。電気亜鉛めっきを行う際、発生した水素原子の一部はめっき層中に吸蔵されますが、ねじの鉄鋼部（内部）にはほとんど拡散しません（鉄の水素吸蔵能力が小さいため）。しかし、この状態に対して、あるレベル以上の引張りまたは曲げ応力を継続的に受けると、素地の結晶格子が歪み、水素原子が内部に拡散しはじめます。

この時、水素原子はガス状の水素分子となって体積を増し、周辺に強圧を及ぼして歪みをさらに増大させ、ガス化の圧力を高めてねじを破断させます。この結果、ねじの頭飛びや軸部の破損により、急激に締結能力を失います。この水素脆性現象は、硬さの高い製品ほど顕著であり、特に心部硬度Hv400以上のねじ製品では注意が必要です。

### 2. 水素脆性破壊の防止法と問題点

水素脆性を防ぐためには、亜鉛めっき後、めっき層中に入った水素原子をガス化して外部に放出すればよく、放出は温度が高いほど活発なので、普通は200℃前後の温度で4～8時間加熱する「ベーキング処理」を行います。

ベーキング時間は、製品の硬さと粗さ、めっきの厚みと時間、酸洗条件等で決められます。

高硬度の製品は当然、長時間のベーキングが必要ですが、ベーキング処理での管理の不徹底（処理忘れや処理時間短縮）があっても外観変化がなく、見過ごされる可能性があります。また、きちんと品質管理されたメーカー製品を選ぶ必要があります。また、ベーキング処理をした製品でも、強い腐食を受けると再び水素が発生し、水素脆性を引き起こす恐れもあります。