

NACHI
TECHNICAL
REPORT
Materials

Vol. **33** B4
May/2018

マテリアル事業

■ 新商品・適用事例紹介

フッ素樹脂対応射出成形機スクリュー
「NPR-FX25」

"NPR-FX25"

Injection Molding Machine Screw
for Fluoropolymers

〈キーワード〉 フッ素樹脂・耐食性・硬さ・疲労強度・射出成形
耐食Ni基合金

マテリアル事業部／技術部

船平 伸之 Nobuyuki Funahira

要 旨

「NPR-FX25」はフッ素樹脂射出成形に対応する高強度スクリュー部品用として開発した従来にない高強度と耐食性を両立したNi基合金である。

フッ素樹脂は、熱可塑性樹脂中で最高クラスの耐薬品性・耐熱性、難燃性を有し、リチウムイオン電池用ガスケット、半導体製造装置部品、高温環境下におけるシール材などに使用されている。

一方、フッ素樹脂の射出成形においては、樹脂が溶融した可塑性状態で高温かつ激しい腐食性雰囲気になることから、耐食性に優れたNi基合金が使用されている。しかしながら、耐食Ni基合金は強度が低く、高い応力を繰り返し受けるスクリューをはじめとする可塑性部品に適用した場合、部品の変形、かじりなど多くの問題が生じ、安定生産における共通の課題となっていた。

「NPR-FX25」は、フッ素樹脂に対して優れた耐食性を有しながら、かつこれまで市場にはなかった極めて高い強度を可塑性温度において発揮することで、生産現場の課題解消に貢献している。

Abstract

“NPR-FX25” is Ni-based alloy with unprecedented high-strength and anti-corrosion characteristics and is developed for high-strength screws used in the injection molding machine for fluorocarbon resin. The sales started in January, 2018.

Fluorocarbon resin has the best chemical resistance, heat resistance and incombustibility among the various types of thermoplastic resin and is used in materials for gaskets of lithium batteries, component parts for a device to manufacture semiconductors, and seal materials used under high-temperature environment.

On the other hand, the temperature becomes high and the atmosphere becomes dramatically corrosive under plasticization where resin is melting in the injection molding of fluorocarbon resin. Thus superb anti-corrosive Ni-based alloy is used. However, anti-corrosive Ni-based alloy's strength is low and poses many issues such as deformation and galling when it is used in the screws and other parts for the plasticization process where they receive repeated high stress. This has been a common challenge in terms of stable production.

“NPR-FX25” possesses excellent anti-corrosive characteristics for fluorocarbon resin and demonstrates unprecedentedly, significantly high strength under the high temperature of plasticization, contributing to resolution of the challenge at the production floor.

1.はじめに

自動車の軽量化、EV化、IoT化などに対応し、樹脂部品・コネクタ・センサ筐体などに使用される高機能樹脂部品が増加している。高機能樹脂であるPPS樹脂、PA樹脂をはじめとするエンジニアリングプラスチックの需要が拡大しており、NACHIは、これら高機能樹脂に対応した十分な耐食・耐摩耗性を有する射出成形機部品NPRシリーズを商品化、ご好評をいただいている。

自動車分野において、運転者の前方安全支援・危険回避機能の法的導入が進み、画像処理・センサ用半導体の車載標準化がすすんでいる。またCO₂排出量規制強化への対応としてEV化が進行、モーター駆動制御の効率化にむけ高電圧化を可能とする炭化ケイ素をはじめとするパワー半導体をはじめ車載半導体需要のさらなる増加が見込まれている。あわせてリチウムイオン電池、高電圧に対応したハーネス信号線をはじめとしたEV化対応の車載電装機器市場に拡大している。

一方、半導体製造においては、回路生成時の製造装置部品である容器・配管継手、洗浄工程で使用されるウエハカセット容器は、エッチング溶液・ガスに晒される環境で用いられ、極めて高い耐薬品性、低汚染性が求められることから、高純度なフッ素樹脂が使用されている。

さらに、リチウムイオン電池用ガスケットや高圧電線、信号線の被覆にも適用されており、需要が拡大している。

フッ素樹脂は、射出成形をはじめとする溶融成形が可能な熱可塑性樹脂ではあるが、成形難易度の高い樹脂とされている。その理由の一つとして、溶融可塑性温度が約400℃と高温で、溶融時に



発生する腐食性ガスの発生により、Fe成分に対する激しい酸化腐食性が観察されることにある。フッ素樹脂による腐食評価結果例を図1に示す。

半導体製造時のエッチングガスや、ウエハ洗浄用途においては、フッ素樹脂製部品からの金属イオン溶出がウエハ汚染に直結することから、スクリュー部品腐食起因による金属溶出は極めて重要な問題となる。

また、フッ素樹脂は熔融状態においても粘性が高いことから、射出成形スクリュー部品には高温下での強度が求められる。

	NACHI Fe基スクリュー	熱間工具鋼	超硬	サーメット
試験前				
試験後				
樹脂汚染				

図1 フッ素樹脂による腐食評価結果例

2. 射出成形スクリューの機能

射出成形機スクリュー概略図を図2に示す。

射出成形機スクリューは、ヒータ加熱されたバレルシリンダ内で回転することで、固形粒状のフッ素樹脂ペレットを前方へ移送、途中スクリュー谷径変化部において樹脂ペレットを圧縮、すりつぶし作用により熔融させ、可塑化状態が得られる。

製品形状が削り込まれた射出成形金型に対し、適切な樹脂量を計量し、スクリューの押出動作により成形金型内に樹脂を射出する。

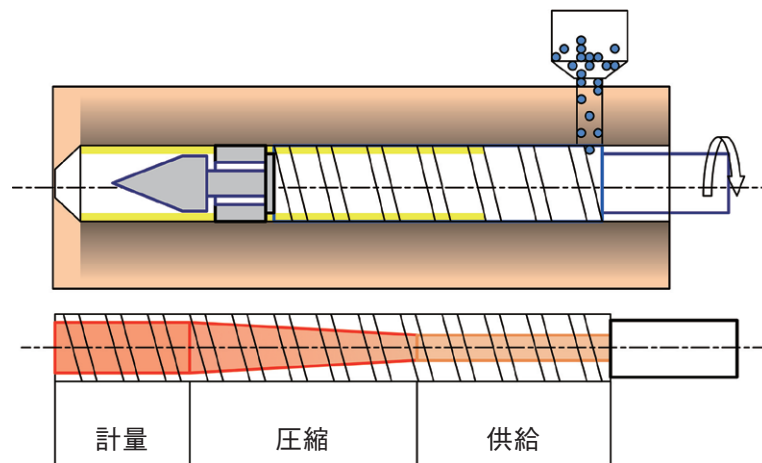


図2 射出成形機スクリュー概略図

3. フッ素樹脂対応スクリュー部材の要求特性

エンジニアリングプラスチック成形の場合は、工具鋼をベースとしたFe基スクリューが適用されている。一方フッ素樹脂はFe成分に対する腐食性が強く、一部メッキ被膜処理による使用例もあるが、めっき剥離が生じた場合、急激な腐食が発生するため安定使用は難しい。

Fe成分を含まず、可塑化温度で適用可能な部材

としては、Ni基素材およびセラミック系がある。

Ni基素材は高温下での耐酸化性に優れる反面、強度が低いいため、機構部品としての使用に際しては発生荷重、圧力を制限することが必要となる。

セラミック系素材はスクリュー形状への素材製作・加工の難易度が高く、工業商品としてスクリュー部品としての適用可能範囲が限定されている。

4. 「NPR-FX25」の特徴

「NPR-FX25」は、十分なフッ素樹脂耐食性を有するNi基超合金をベースとしながら、Fe基スクリューと同等の強度、疲労強度、耐摩耗性を有する。

硬さの温度依存性について図3に示す。

強度は常温から500℃まではほとんど低下することなくその硬さは55HRC以上を発揮する。

疲労強度を図4、大越式摩耗試験結果を図5に示す。

硬さ、疲労強度、耐摩耗性に優れることからフッ素樹脂射出成形スクリューとして、Fe基スクリューと同等の条件において動作可能となっている。

従来フッ素樹脂成形スクリュー部品に用いられている耐食Ni基合金は、800℃付近の高温環境下でも耐酸化性が高く安定な特性が得られる一方、全域で硬さが低い。

「NPR-FX25」は、フッ素樹脂成形に用いられる常用500℃以下の温度範囲における特性を追及することとし、フッ素樹脂耐食性、硬さを含む機械的特性、スクリュー部品として加工性を成立させるため、品質工学を用い各構成成分による特性影響解析を行なった。

500℃以下における評価水準において、耐食Ni基合金を構成する成分(Cr, Mo, Wなど)種類と配合量、そして独自の調質方案を加えデータを取得、解析の結果、従来の耐食Ni基合金の成分配合量と異なる範囲において、要求特性が満足することを得た。

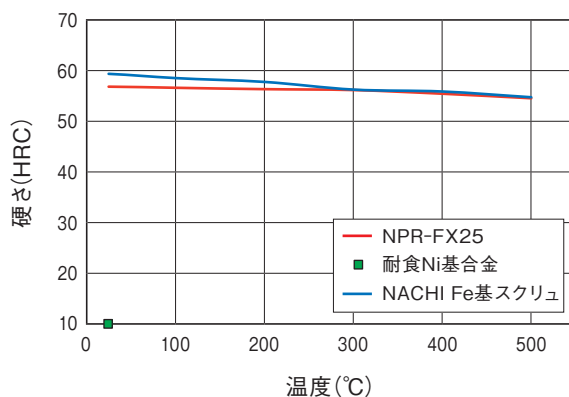


図3 硬さの温度依存性

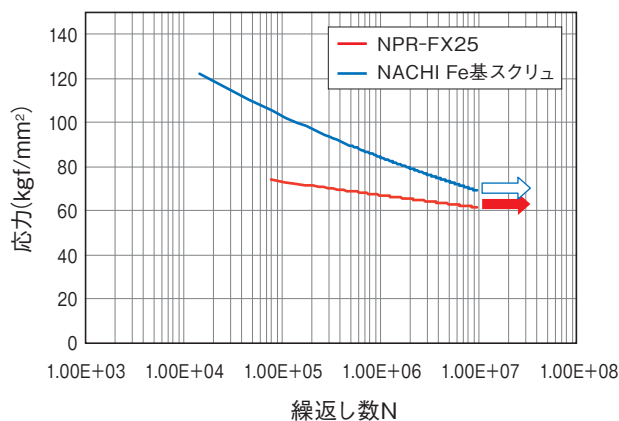


図4 疲労強度

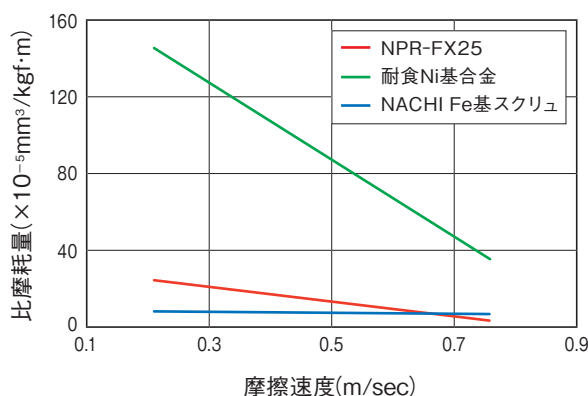


図5 大越式摩耗試験

5. 耐食性評価

物質の耐食性を評価する際、塩酸、硫酸をはじめとする試薬に浸漬し、溶出することによる腐食減量を評価することが一般的である。しかしながら、高温で溶融した樹脂中に発生する腐食現象は、必ずしも試薬による腐食現象と一致しない。

試薬で生じる腐食現象は、水溶液中に溶出した成分により評価金属の表面で局所電池を発生させ進行するものである。一方、可塑化樹脂中で生じる腐食現象は、水分の影響度は低く、乾式腐食という腐食性ガスが温度エネルギーにより金属に直接作用するものが支配的となっている。

NACHIは、樹脂による腐食現象を解析するため樹脂腐食摩耗試験機を開発、これまで各種樹脂に対する耐食性を評価してきた^{1) 2)}。樹脂腐食摩耗試験機構造を図6に示す。

フッ素樹脂に対しても樹脂腐食摩耗試験による評価を実施、試験後の試験片表面観察結果を図7に示す。

「NPR-FX25」試験片表面において、腐食による変質、損耗は観察されない。一方、比較材として用いたFe基スクリューにおいて50 μ m以上の酸化減肉が観察され、腐食が進行していることが分かる。「NPR-FX25」は、耐食Ni基合金との差は検出されおらず、十分な耐食性を有することを確認した。

フッ素樹脂成形品からの金属イオン溶出評価

「NPR-FX25」スクリューおよび従来耐食Ni基合金製スクリューそれぞれフッ素樹脂容器を成形、成形容器中に3.6%塩酸水溶液を入れ、1週間経過後、容器から溶出した金属イオンを計測した結果例を表1に示す。

従来耐食Ni基合金と比較して、溶出イオン量は少なく樹脂汚染に対する影響も抑制されていることを確認した。

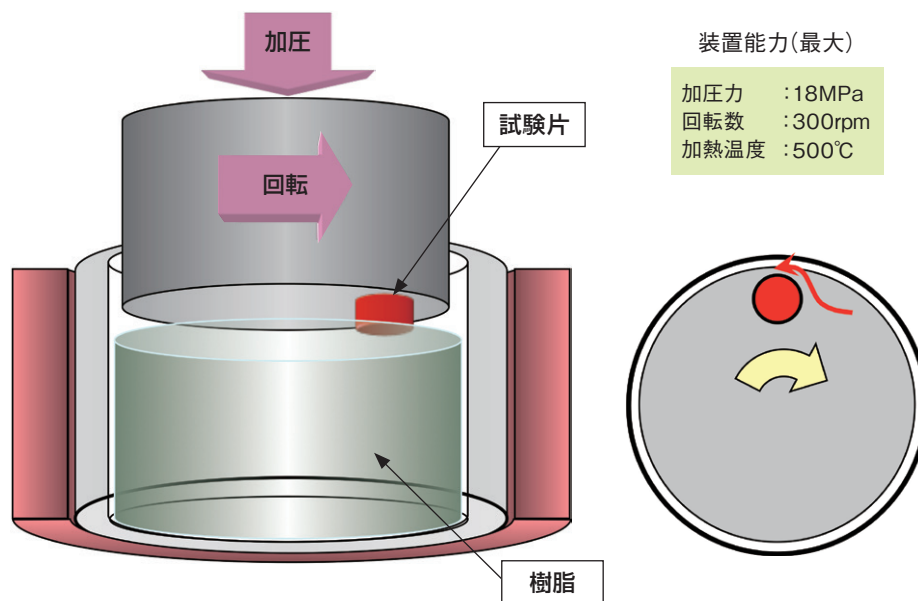


図6 樹脂腐食試験機構造

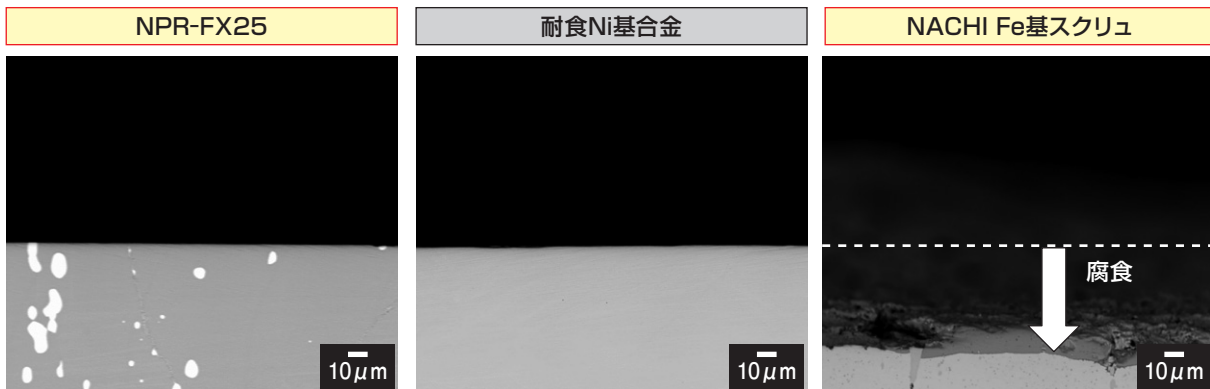


図7 樹脂腐食摩耗試験片

表1 溶出金属イオン濃度測定例

	濃度 nl/mL^{-1}							
	アルミニウム	カリウム	チタン	クロム	鉄	コバルト	ニッケル	銅
NPR-FX25	1.3	1.3	<0.1	0.2	2.9	<0.01	<0.2	<0.1
耐食Ni基合金	0.4	7.4	<0.1	0.2	3.7	<0.01	<0.2	<0.1
基準例	<5	<8	<0.5	<0.5	<5	<0.01	<0.5	<0.1

条件：フッ素樹脂成形品を溶出液(3.6%塩酸水溶液) 300ml中に浸漬
1週間室温放置、溶出液中の金属イオン濃度を測定

測定装置：ICP質量分析装置(Agilent Technologies社)

6. 今後の展開

射出成形をはじめフッ素樹脂の溶融成形分野への展開をすすめ、従来現場で発生していた強度不足による課題解決により生産性向上に寄与していく。

さらに、「NPR-FX25」の高強度特性を活かし、成形難易度の高いフッ素樹脂成形を一般樹脂成形レベルまで容易にすることで、フッ素樹脂成形市場を拡大することができるものと考えている。その結果、フッ素樹脂の特徴を活かした対象製品の拡大がすすみ、今後増加が見込まれるEV車関連商品の生産性向上につなげ、EV車市場のグローバルな拡大に貢献していく所存である。

参考文献

- 1) 宮田・船平・他：プラスチック成形加工学会 第13回秋季大会、E-108 (2005)
- 2) 船平：プラスチック成形加工学会誌「成形加工」第24巻 第10号解説 (2012)