B6 Materials

# フッ素樹脂用 小型射出成形機「NIF-20V」

"NIF-20V" Small Injection Molding Machine for Fluororesins

**キーワード** フッ素樹脂・射出成形機・耐食性・インサート成形
コンタミ低減・樹脂材料熱劣化抑制・交換容易射出ユニット

サーモテック事業部／製造部

木本 邦人 Kunito Kimoto

# 要　旨

射出成形機は、プラスチック成形加工法のひとつとして、熱可塑性樹脂を用いた部品の製造に多く使用されている。近年では、とくに半導体製造装置や輸送機器、電装部品で「非粘着性」「耐摩耗性」「耐熱性」「耐薬品性」「耐食性」を持つフッ素樹脂の需要が高まっている。

一方で、フッ素樹脂の成形工程では、射出成形装置を構成する部品の摩耗・変形・腐食による異物混入（コンタミネーション）が発生しやすく製品品質を低下させる。また、小物成形品に適した専用装置がないため、横型仕様の大型装置で非効率な生産をしているユーザーも多い。

NACHIは、総合機械メーカーとしてこれまで培ってきた材料・油圧・工作機械・熱制御の技術を結集し、フッ素樹脂成形におけるコンタミおよび、樹脂材料の熱劣化を低減し、小物成形品のインサート成形に適した竪型仕様のフッ素樹脂用小型射出成形機「NIF-20V」を開発した。本稿ではその特長と性能について紹介する。

# Abstract

An injection molding machine as one of the plastic molding methods has been greatly used to manufacture the parts that are molded out of thermoplastic resin. In recent years, devices and parts made of fluororesins, particularly semiconductor manufacturing equipment, transfer units and electrical/electronic parts, have been increasingly in a high demand due to fluororesin characteristics of non-adhesiveness, abrasion resistance, heat resistance, chemical resistance and corrosion resistance.

On the other hand, in the molding process of fluororesins, component parts of the injection molding machine are likely to develop abrasion, deformation and corrosion, resulting in contamination of the molded parts and leading to quality issues. In addition, due to a lack of the machine exclusive to mold small parts, many users deploy inefficient production method by using a large horizontal injection molding machine.

NACHI, as a comprehensive machine manufacturer, has converged technologies in materials, hydraulic equipment, machine tools and thermal control and has developed “NIF-20V” which reduces contamination and thermal degradation in the molding of fluororesins. “NIF-20V” is a small vertical injection molding machine for fluororesins and is suitable for insert molding of small parts.

The features and performance of “NIF-20V” are introduced in this article.

# 1. 開発の背景

半導体関連事業は日本政府も再発展させるべく力を注いでいる分野である。

とくに半導体製造用装置（とくに洗浄装置）に多く使われているフッ素樹脂製の部品は射出成形・押出成形で製造されており、その成形機の部品はフッ素樹脂が高温になった際に発生するフッ化水素にさらされるという過酷な条件下で使用される。とくにスクリュや金型などは鉄系鋼材ではフッ化水素による腐食により比較的短時間で使用不能となる。

そこで、NACHIはフッ化水素の耐腐食性があり、かつ高強度のNi系合金「NPR-FX25」を開発し、射出成形機・押出成形機用のスクリュなどを販売してきた[2)]。

今後、半導体は需要ののびが期待できるため、その製造装置、それらに使用されるフッ素樹脂製品の需要量も同様にのびていくと考える。

そこで、その材料技術を活かし、また、社内のシーズである油圧・工作機械・熱制御の技術を結集し、フッ素樹脂製品の成形用に特化した射出成形機「NIF-20V」を開発した。図1に「NIF-20V」の外観、設備サイズを示す。

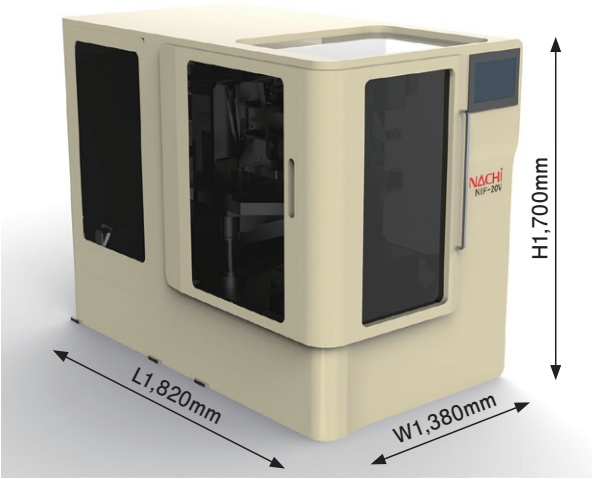



図1　「NIF-20V」外観、設備サイズ

# 2. 基本仕様

表1に仕様一覧を示す。主な仕様は次の通りである。

①据付寸法:W1,380×L1,820×H1,700mm

②型締力:196kN(20tf)

③金型寸法:□200×H150 ～ 250mm

④最大射出・保圧圧力:100MPa

⑤可塑化能力(PFA):2.5kg/h(樹脂グレードにより変動)

⑥最大射出量:30cm$^3$

表1 「NIF-20V」仕様一覧

| 区 分 | 項 目 | 内 容 |
|---|---|---|
| 型 締 | 型締方式／制御方式 | 直圧式／油圧サーボシステム |
| | 型締力 | 196kN (20tf) |
| | タイバー間隔 | 504mm |
| | 型開閉ストローク | 200mm |
| | デーライト | 348mm |
| | 金型寸法 | □200×H150～250mm |
| | ロケートリング対応径 | φ60mm |
| | エジェクト方式 | 油圧シリンダー突出し |
| | エジェクトストローク | 30 ～ 65mm (型開位置可変) |
| | エジェクト力 | ～ 2.2kN |
| 射 出 | 可塑化方式／制御方式 | トーピード・プランジャ方式／油圧サーボシステム |
| | 理論射出体積 | 30cm$^3$ |
| | 最大射出・保圧圧力 | 100MPa |
| | 最高射出速度 | 40mm/s |
| | トーピードロッド径 (バレル内径) | φ30mm |
| | トーピードストローク | 50mm |
| | 可塑化能力 (PFA) | 2.5kg/h (樹脂グレードにより変動) |
| | ノズルゲート径 | φ3mm |
| | ノズルゲートタッチ径 | SR10mm |
| | ノズルストローク | 130mm |
| | ノズル突出し寸法 | 12mm |
| | ノズルタッチ力 | 5kN |
| 駆動源 | 油圧ポンプモーター容量 | 1.5kW |
| | 油圧ポンプタンク容量 | 10L |
| | 油圧サーボシステムモーター容量 | 11kW (5.5×2) |
| | 油圧サーボシステムタンク容量 | 9L (4.5×2) |
| 温度制御 | 制御点数 (射出部、金型部、射出部内部) | 3、1+1、1 |
| | ヒータ容量 (射出部、金型部、射出部内部) | 1.4、2.8+1.2、0.5kW |
| | 電源 | 3φ、AC200V |
| | 電気容量 | 20KVA |
| その他 | 本体寸法 (カバー含む) | W1,380×L1,820×H1,700mm |
| | 質量 | 2.1ton |
| | 騒音レベル | 80dB以下 |

# 3.「NIF-20V」の特長

今回開発した設備の特長は次の通りである。

## 1）射出ユニットはトーピード・プランジャ方式を採用

一般的な横型射出成形機で広く使われているスクリュ方式ではなく、小型・軽量のカートリッジ式の射出ユニットを採用しているため、樹脂種の変更や内部清掃などのメンテナンス時も容易に取り外し、交換が可能である。図2に射出ユニットの外観、サイズ、質量を示す。

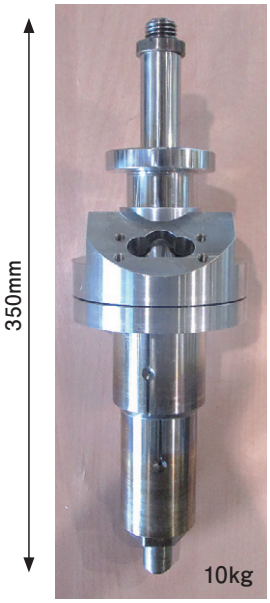



図2　射出ユニット外観、サイズ、質量

## 2）射出ユニットにNACHI開発のフッ素樹脂対応高性能合金を採用

射出ユニットにはNACHI開発のニッケル系合金「NPR-FX25」を使用しており、鉄成分を含まないため、溶融したフッ素樹脂から発生するフッ化水素にも高い耐食性を示す。真空溶解炉で精製しており、介在物を極力少なくした材料となっている。また、機械特性も高く、従来の耐食ニッケル合金の5倍の硬さ、2倍の引張強度を有している。常温時の硬さは約56HRC、500℃の高温下においても55HRCを維持している。図3に「NPR-FX25」の機械的特性(高温硬さ)を示す。

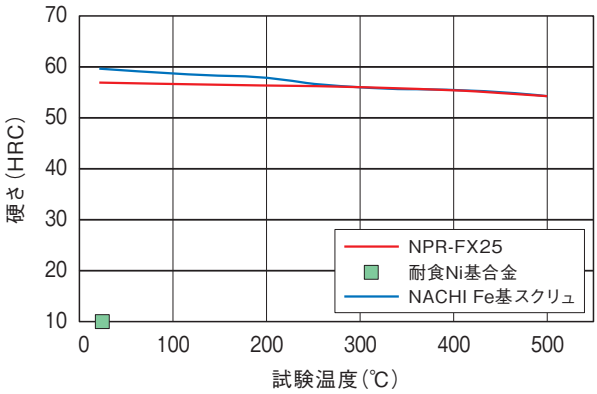



図3　「NPR-FX25」機械的特性(高温硬さ)

## 3）小型・竪型の構造

型締力は196kN(20tf) と小型で少量・多品種の成形に適している。また、竪型であり、樹脂に部品を装入するようなインサート成形に適した構造である。加えてフットプリントも小さく抑えることができた。

## 4）精密油圧サーボシステムで射出・型締め動作をパワフルかつ高精度で制御

NACHI製の精密油圧サーボシステム「パワーマイスター」を射出・型締め動作の動力に使用している。圧力・速度・位置制御を高精度で制御できる。

# 4. トーピード・プランジャ方式の射出動作

トーピードとはロッド形状が魚雷(torpedo) に似ているところから、名付けられたとのことである。この方式自体は古くからあったものだが、NACHIにて射出動作をより効率的に行なえるよう改良したものである。

射出ユニットの構造は、固定部として下からノズル、バレル、材料入口部がある。ノズル部、バレル部にはヒーターが取り付けられている。それらの上部にプランジャがあり、中央部にトーピードロッドが配置されている。図4に射出ユニット構造図、可塑化・計量・射出動作を示す。

射出動作としては、次の通りである。

①材料供給

材料入口部よりペレット状のフッ素樹脂材を投入する。

②可塑化

材料が規定量投入されたら、プランジャで材料を押し込み、バレルとトーピードロッドの狭いすきまを通し、ヒーターによる加熱と剪断熱による可塑化を行なう。

③計量

可塑化された樹脂がトーピードロッドを押し上げていく過程で、背圧制御で計量を行なう。このときパワーマイスターの精密な位置制御で樹脂量の計量を行なう。

④プランジャ上昇

可塑化動作が完了したプランジャは上昇し、定位置へ戻る。

⑤サックバック

可塑化した樹脂がノズル部より漏洩しないようにトーピードロッドのサックバック動作で樹脂を保持する。

⑥射出

トーピードロッドを押し下げて、樹脂を金型へ射出する。

⑦保圧

射出後、一定時間圧力を保持する。

射出動作後、樹脂材が材料入口より投入され、①の状態となり、これらを繰り返す動作となる。

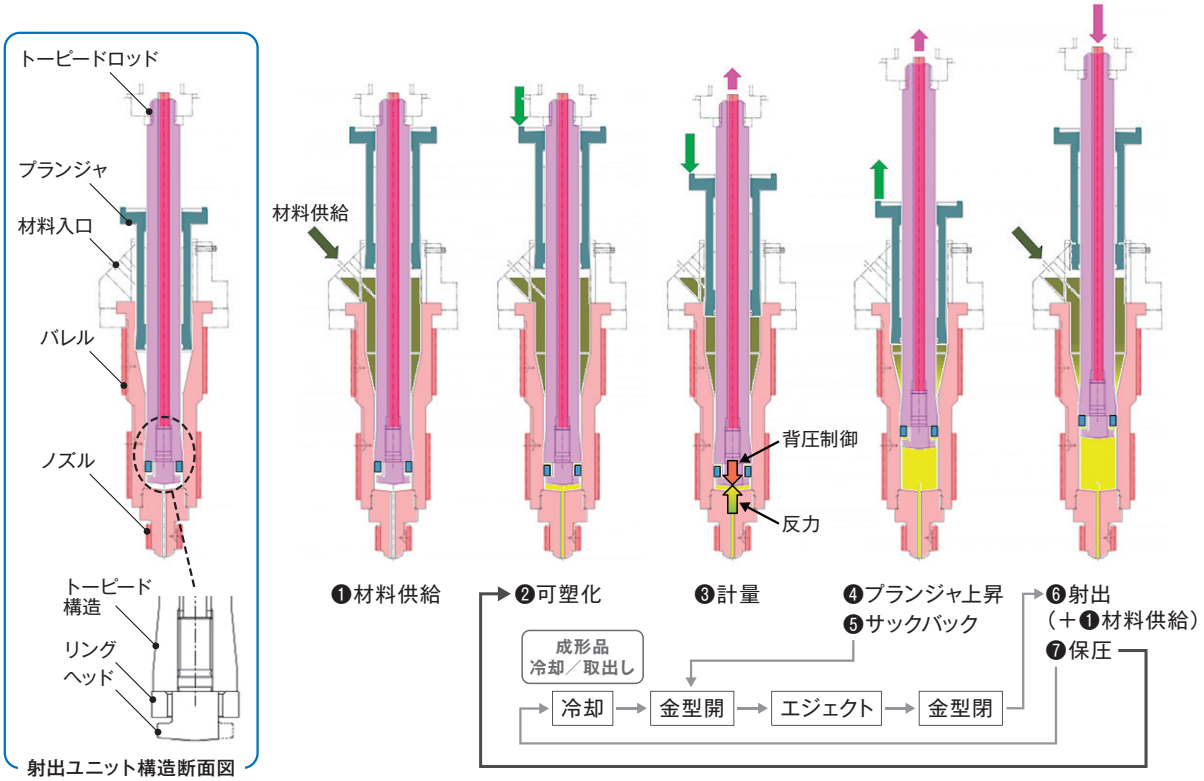
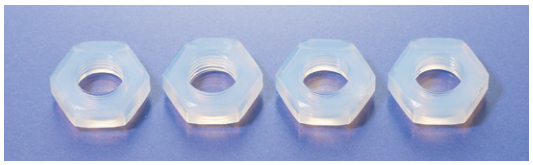



図4　射出ユニット構造図、可塑化・計量・射出動作

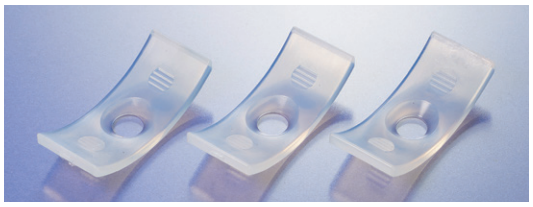
# 5. 成形品の品質

射出部の内容積が少なく、フッ素樹脂材が加熱された状態の時間が、横型インラインスクリュ式と比較し短時間であるため、熱履歴による材料物性低下を最小限に留めている。そのためフッ素樹脂材本来の性能に近い成形品が得られる。NACHI設備での成形品において、樹脂の熱劣化の指標として使用されるΔMFR(メルトフローレート) 値では、1%前後に収まっていることが確認されている。図5にPFA射出成形事例を示す。

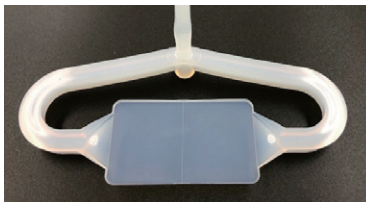


**M10六角ナット**
幅19.6×高さ8mm
0.9cm$^3$(2.0g)

**スライドブシュ**
外径φ12×内径φ6×高さ9.5mm
0.8cm$^3$(1.7g)



**スラストブシュ**
t2.5×幅17.5mm×外径φ65×85°円弧
1.6cm$^3$(3.4g)



**引張試験用サンプル(ウェルド有)**
t1.5×47×28mm(平板部)
12cm$^3$(24.5g)スプール―ランナー部含む

図5　PFA射出成形事例

# 6. 今後の展開

現在、型締力20tf仕様の成形機を販売開始したが、顧客が現在お使いの50tf、100tf級の金型が使用できるようシリーズ化を今後めざしていく。また、フッ素樹脂材の様々なグレードやスーパーエンジニアリングプラスチックへの対応など、NACHI設備の特長を活かして、これまで射出成形の適用に困難がともなった分野、領域へもとり組んでいきたい。

## 参考文献

1) 三舩 達也
フッ素樹脂用小型・竪型射出成形機の特徴「NIF-20V」
プラスチックス 2024.9月号 P.38 ～ 41
2) 船平 伸之
フッ素樹脂対応成形機スクリュ「NPR-FX25」
NACHI TECHNICAL REPORT Vol.33 B4 May/2018