

# 射出成形ウォームホイールの量産技術開発

小倉 翔吾 ・ 藤波 太郎

## 1 はじめに

ピニオン式電動パワーステアリング（以下EPS）は、ピニオン軸をアシストするEPSである。電動モータからのトルクを減速機により増幅し、ピニオン（出力軸）へ伝達している。その減速機構にウォームホイールを使用している（写真1）。ウォームホイールは歯打ち音を低減するため、歯部に樹脂を採用している。

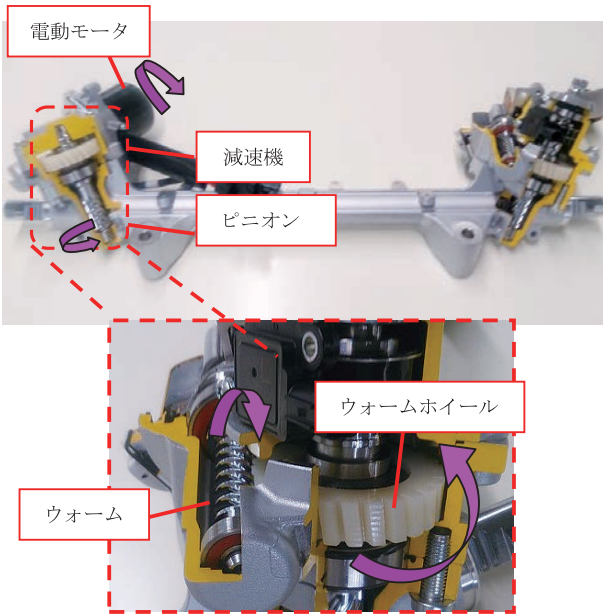


写真1 EPSの構造

ウォームホイールは操舵の度にウォームとかみ合い、歯元に応力が発生し、歯面に摩擦を受ける。それにより、歯車部が変形、摩耗すると、ウォームとウォームホイールのバックラッシュ量が増加し、歯打ち音が発生する。そのため、ウォームホイールには高い強度と耐摩耗性が要求される。

また、昨今では品質確保はもちろん、コストダウンの要求も高く、生産性の向上は必須である。

そこで、高い要求品質を確保しつつ、生産性の高

い新規量産ラインを構築したので紹介する。

## 2 目的

機能部品に求められる高い強度、耐久性と高い生産性を両立した量産ラインを構築する。

## 3 目標

- ①内部欠陥不良率0%
- ②要求強度を満足する樹脂材料特性の確保
- ③可動率85%以上

## 4 対象部品の概要

対象部品のウォームホイールは樹脂製の歯部と金属製の芯金にて構成されている（図1）。

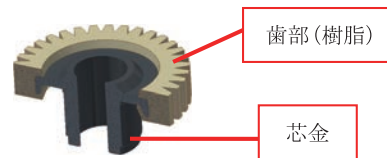


図1 ウォームホイール断面

## 5 生産ラインの概要

### 5.1 工程フロー

図2に構築した射出成形ラインの工程フローを示す。

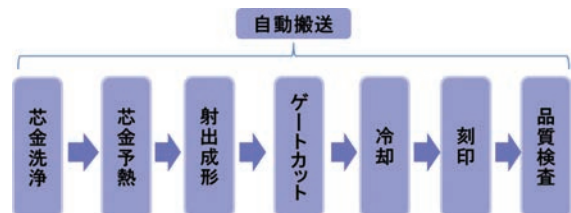


図2 工程フロー

品質と高い生産性を確保するために以下の基本的な考えをもとにラインを構築した。

### 5.2 品質

#### ①不良発生防止

目標品質が確保できる製造管理条件を決定する。

#### ②不良流出防止

不良品発生時には自動廃却を行い、作業者による判断をやめ、不良流出防止を図る。

#### ③トレーサビリティ体制の構築

万が一、市場で不具合が発生した場合に短時間で影響範囲の追跡が可能となるよう、トレーサビリティ体制を構築する。

### 5.3 生産性

#### ①自動化

自走式ロボットにて工程間のワーク搬送を行い、搬送に伴うロスやばらつきを無くす。

#### ②多品種生産

段取り替え時間を抑制可能な方策を取入れ、多品種生産時にも高い可動率を確保する。

以下、実施内容と開発結果の一例について紹介する。

## 6 実施内容と開発結果

### 6.1 芯金温度の安定化

芯金温度の変動により、樹脂の充填性が変化し、寸法ばらつきなどが懸念される。そこで、成形時の芯金温度と品質の関係を調査し、寸法変化のばらつきが小さい温度範囲を明確にした(図3)。

目標とする芯金温度確保のために低周波誘導加熱方式の予熱機を導入し、短時間での均一加熱を実現した。なおこの方式は、異形状の芯金に対して、加熱条件の変更のみで対応可能であり、コイル交換等の段取り替え作業を排除することができる。

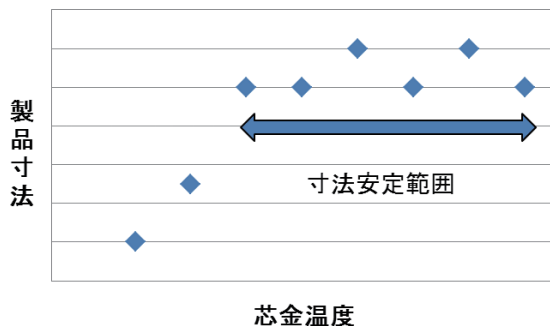


図3 芯金温度と製品寸法の関係

### 6.2 射出成形

射出成形は、樹脂を溶融し、金型内に射出した後、冷却固化させる工法であり、複雑な形状の製品を大

量生産するのに適している。射出成形機を写真2に示す。

射出成形した成形品は、成形時の樹脂溶融温度、充填速度、充填圧力等の違いによって寸法、外観、強度が変化する。



写真2 射出成形機外観

#### 6.2.1 内部欠陥の防止とサイクルタイムの両立

開発当初、樹脂内部に気泡が発生していた。気泡の発生原因を特定するため、流動解析を用いて充填時の温度分布を確認した(図4)。

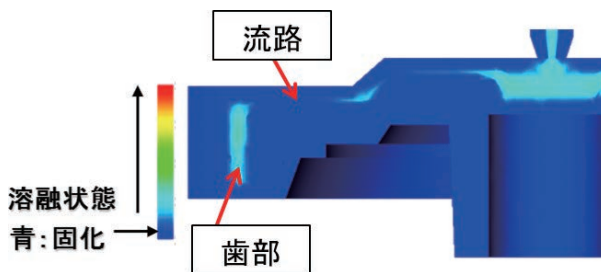


図4 樹脂充填時の温度分布

歯部に樹脂が到達する途中の流路部が歯部より先に固化しており、歯部に十分な樹脂が充填できていないため、気泡が発生していた。そこで、流路部の固化を遅らせるように射出成形条件を適正化し、再度温度分布を確認したところ、流路部の固化が遅延できていることが確認できた(図5)。適正化した条件にて成形を実施したところ、樹脂内部の気泡の発生防止が確認できた。

また、樹脂充填速度、樹脂充填圧力を多段階制御することで気泡の発生を防止しつつ、サイクルタイムの短縮が可能となった。

#### 6.2.2 品質の条件管理

射出成形品は、同じ素材を使っても樹脂温度や金

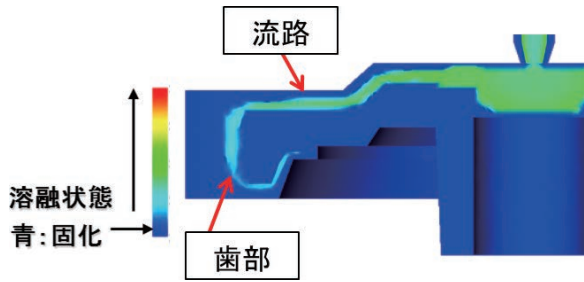


図5 樹脂充填時の温度分布  
(射出成形条件適正化後)

型温度等の条件によって、強度や寸法が異なる。これは、金属材料でも加工や熱処理方法で組織や結晶構造が変化して機械的性質に差が生じることと同様である。そこで、樹脂の材料特性を軸として、成形条件と品質を相関付けた。図6に概念図を示す。

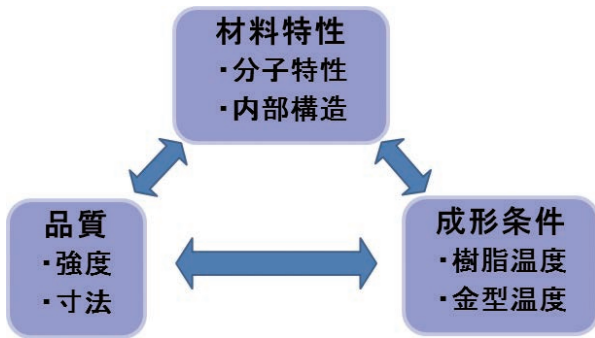


図6 射出成形概念図

本報では要求強度を満足する成形条件の管理値の決定方法を紹介する。

まず、強度と材料特性の関係を調査し、要求強度を満足する材料特性を明確にした。

次に、各成形条件の変動が材料特性に与える影響を確認し、材料特性が目標を満足する条件の管理値を決定した。樹脂温度の例を図7に示す。

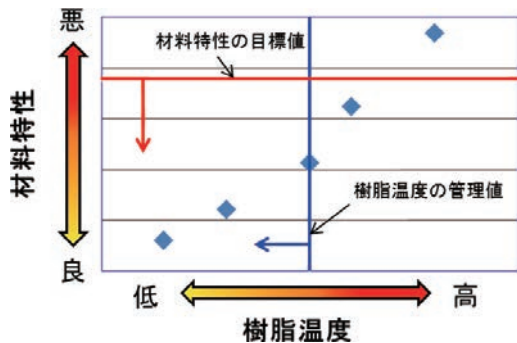


図7 材料特性と樹脂温度の関係

決定した樹脂温度等の管理項目は生産時にショット毎にモニタしており、管理値を外れた場合は、自

走式ロボットが自動でNGシュートに廃棄する。これにより、不良流出防止が図れる。

さらに、上記で設定した管理項目のデータが紐付けされたシリアル番号を成形品に刻印することで、各種成形条件の確認を可能とした。

### 6.2.3 設備停止後の時間・材料ロスの低減

設備が停止すると、射出ユニット内の溶融樹脂は熱劣化し、成形品の強度が低下する。その場合、熱劣化した樹脂を排出する捨てショットを行うのが一般的であるが、過度な捨てショットは可動率の低下や材料ロスにつながる。

そこで、設備停止時間と強度の関係を調査し、強度に影響を与えない設備停止時間と復旧に必要な樹脂排出量を決定した。

設備が異常停止した際、自動で停止時間の計測を開始する。規定の時間を超えた場合は、停止時間によって決められた樹脂量を自動排出した後に、再稼働する仕組みを構築した。

これにより、劣化樹脂が混入した成形品の後工程流出を防止すると共に、過剰な捨てショットが不要となり、品質確保と高い可動率を両立した。

### 6.3 ゲートカット工法の開発

成形後のゲート部分(図8)を切削除去するゲートカット工程は、切削中に発生する切粉、刃物摩耗、製品形状のばらつきに起因する設備異常の発生が予測された。そこで、信頼性の高いゲートカット工法を開発した。

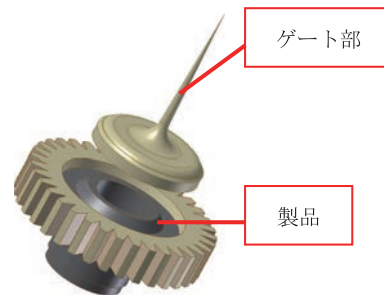


図8 ゲートカット部

ステップ送り<sup>注1)</sup>により切削時に発生する樹脂切粉を逐次分断し、エアブローとバキュームで切粉回収を行い、刃物への切粉巻き付きを防止した。

注1) 一定量切削した後、刃物を穴口元に戻す送り方式

主軸の負荷トルクのモニタリングにより、切削過程において刃物が芯金に接触した点を検出し、その信号を加工終了信号に活用した(図9)。これにより、ワーク寸法のばらつきや刃物摩耗によるばらつきの影響を解消し、ゲート切り残りによる設備停止を防止できた。更に、芯金切削量を低減することで、刃

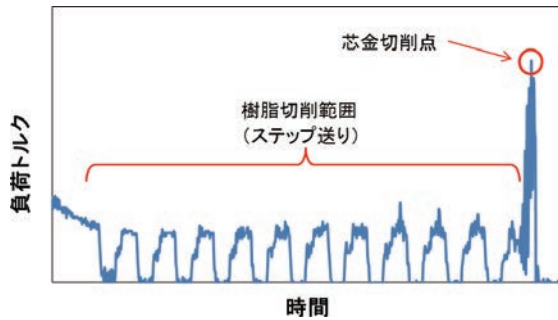


図9 ゲートカット時の主軸への負荷トルク

物摩耗の低減も図った。

#### 6.4 多品種生産のための段取り替え時間短縮

多品種生産において高い生産性を確保するには段取り替え時間の短縮が必要不可欠である。

以下の方策により段取り時間の抑制を図った。

##### ①金型交換時間の短縮

射出成形機では、製品形状に応じて金型交換が必要となるが、短時間で交換可能な金型構造を開発し、段取り時間を大幅に低減した。

##### ②部品形状の共通化

製品設計段階において可能な範囲で部品形状の共通化を図り、部品形状に関わる治具等の段取り作業を極力排除した。

##### ③設備、工程仕様への盛り込み

加工条件変更のみで対応できる工法、設備仕様の採用、加工条件等のデータの切替えはロボットと各設備間の通信による自動切替え等、段取りロス低減のための仕様を盛り込んだ。

## 7 成果

- ①内部欠陥不良率0%
- ②材料特性の確保が可能な製造条件を決定
- ③可動率88%

## 8 おわりに

高い強度が要求される樹脂機構部品の量産ラインが構築できた。又、多品種生産にも対応可能な生産性の高い自動ライン、又、設備による異常判断及び復旧システムを構築することで高い品質維持を図ることができた。

今後も金属部品の樹脂化による軽量化や、樹脂部品の更なる高機能化、低コスト化のために、樹脂部品の加工技術開発に取り組んでいきたい。

最後になりましたが、今回の開発・導入に至るまでに多大なご支援をいただきました社内関係者各位にこの場をお借りして深く感謝の意を表します。

## 著者



小倉 翔吾

2012年入社。技術本部生産技術研究所第一研究室。樹脂成形技術の開発に従事。



藤波 太郎

2005年入社。技術本部生産技術研究所第二研究室。自動化設備の開発に従事。