



ギヤポンプの部品加工ラインの構築

水 沢 達 哉

1 はじめに

KYBの熊谷工場で生産しているギヤポンプ（写真1）はフォークリフトをはじめ産業車両に搭載されている。ギヤポンプを構成している主要部品の一つであるドライブギヤとドリブンギヤ（以降ギヤ）

（図1）は、作業者による熟練作業で生産されているため、段取りミスや測定忘れ等のヒューマンエラー発生リスクがある。また、昨今の少子高齢化により今後の作業者の確保が困難であること、人から人へ作業を伝承する度に作業内容が変化するリスクがあることより、熟練作業を最小限にする必要がある。

今回構築したギヤ加工ラインは、ロボットにより段取り情報や品質確認のタイミングと異品混入の判定を管理させることで、ヒューマンエラー発生を低減した。また、品質確認は検査支援システム（後述）を導入し、測定値の管理と測定結果の判定を自動で行う仕組みを構築した。更にプログラム段取りを自動で行うことでヒューマンエラー防止を行った。

また、本ラインは切削加工工程となっているため切削油の飛散しやすい環境となっている。ライン周辺に切削油が飛散すると、滑りやすくなり転倒の危

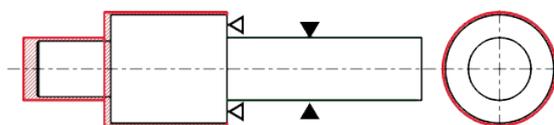
険源ともなる。そのため、今回は工場の床面を汚すことのないラインを構築する必要がある。

2 加工方法

ギヤは下記工程により製作されている。

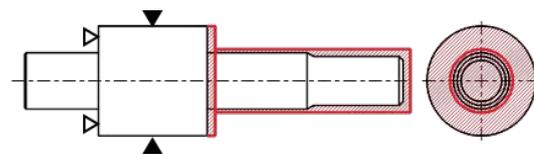
①NC旋盤 1

短軸及び太軸部の外径、端面切削加工



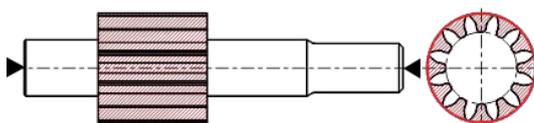
②NC旋盤 2

長軸側外径及び端面の切削加工



③ホブ盤（メインギヤ）

ギヤを成形する荒切削加工



④シェービング盤

ギヤの表面形状を整える仕上げ切削加工

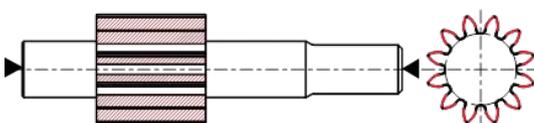


写真1 ギヤポンプ外観

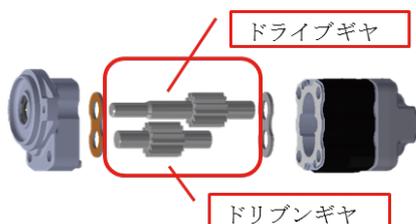


図1 ギヤポンプ構造

⑤ホブ盤（スプライン）

長軸側先端にギヤ形状を形成する切削加工

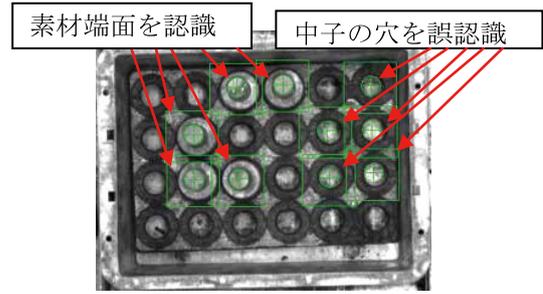
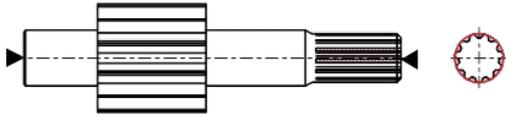


写真2 2Dカメラ映像

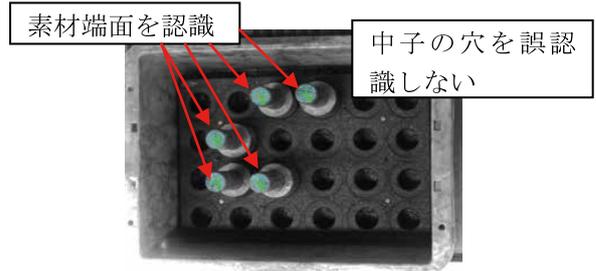


写真3 3Dカメラ映像

3 目的

- ①ヒューマンエラーを排除すること。
- ②切削油の飛散を低減し、安全を確保すること。

4 目標

- ①ラインクレーム [0件/年]
- ②労災 [0件/年]

5 ライン構成

ヒューマンエラーを排除するためにロボット搬送ラインとした(図2)。上流側ロボットは素材取り出し～ホブ盤投入まで、下流側ロボットはホブ盤取り出し～完品投入までを担う。

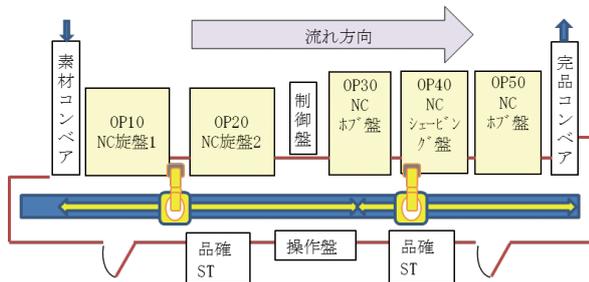


図2 ラインレイアウト

表1 各設備の脱着姿勢

設備	NC旋盤1	NC旋盤2
脱着姿勢	 横姿勢	 横姿勢
設備	ホブ盤（メインギヤ）	シェービング盤
脱着姿勢	 縦姿勢	 横姿勢
設備	ホブ盤（スプライン）	
脱着姿勢	 縦姿勢	

6 自動運転の安定化

6.1 3Dカメラによる素材検知

素材は素材箱で中子に立てられて並んでいる。2Dカメラで素材認識すると、取り出し後の中子の穴を素材と誤認識し、ライン停止の原因となる(写真2)。本ラインでは3Dカメラを使用することで高さを検知し、誤認識を防止している(写真3)。また、2Dカメラでは素材毎にプログラムを用意する必要がある。3Dカメラでは高さを検知することで1プログラムで複数の素材に対応可能とした。

6.2 ロボットハンドの3チャック構造

各設備でのワーク脱着時は、縦姿勢と横姿勢がある(表1)。通常の自動搬送ラインでは、取り付け用と取り出し用の2チャックしか設けておらず、ワークの着脱姿勢が変わるとロボットハンドを交換

する必要がある。そのため、ハンド交換にはハンド交換位置への精密な位置決めと置き場が必要であり、ハンド交換時間がかかることがネックとなる。本ラインでは1ハンドで縦横姿勢に対応するため中央に縦姿勢用チャックを追加し、3チャックをコンパクト

トに配置することでハンド交換不要な構造とした(写真4).

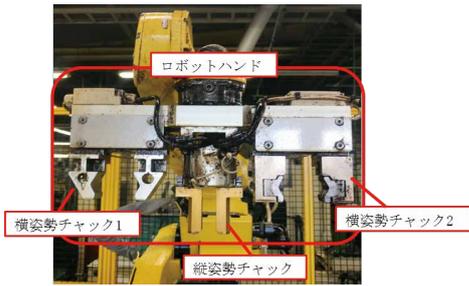


写真4 ロボットハンド外観

6.3 NC旋盤搬入ミス低減

NC旋盤1工程で使用しているチャックはワークをクランプする際に長手方向に引き込む動作をする。ロボットで搬入する際は、ロボットがワークを掴んだ状態で引き込まれるため、負荷がかかりアラームとなってしまう(図3)。本ラインではソフトフロート機能^{注1)}を導入し、アラームを回避している。

注1) ロボットアームにかかる負荷を検知して、負荷に応じ倣い制御する機能

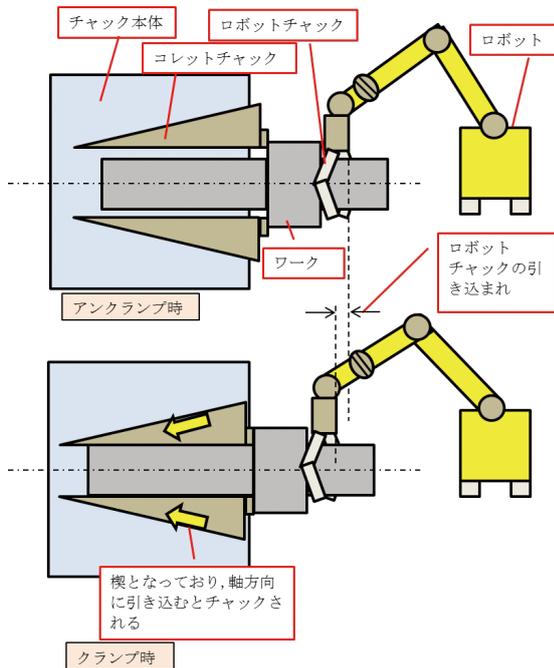


図3 NC旋盤1工程クランプ時の動作

6.4 プログラム段取りの自動化

本ラインの段取りは大段取り(治具、プログラム変更)と小段取り(プログラム変更のみ)が存在する。各設備の治具情報は番号化して管理しており、ロボットに登録する際に品番と治具情報、プログラム情報を紐付けて登録している(写真5)。作業者は加工予定の品番を登録する際に、後補充かんぱん

に記載されたバーコードを読み込む(写真6)。するとロボットは加工予定の品番と現在の品番の治具情報を照合し、治具段取りの有無を自動で判断する。判断結果によりプログラム段取りは自動で行い、治具段取りは全工程を経て払い出しを行う。

手流しラインでは段取り時のプログラム選択ミスによる設備衝突を回避するために、ワークを全て払い出している。本ラインでは、プログラム段取りの自動化により順次段取り^{注2)}を可能とした。

注2) 加工時間を利用して次の設備の段取りを実施する。ライン内に2品番が存在すると手作業では異品取り付け、プログラム選択ミスのリスクが生じる。



写真5 品番、段取り情報登録画面



写真6 品番情報読み込みの様子

6.5 ロボットプログラム管理の容易化

ロボットプログラムの構成は、品番毎に1プログラムを設けることが多い。そのため新規品番立ち上げの際は、ティーチングポイントを現場で教示する作業が必要である。今回用意したプログラムは代表1機種分であり、その他の品番を代表機種からのオフセット分のみ入力することで対応可能な構造とした(図4)。これにより図面から数値を入力し、PC上でシミュレーションすることが可能となり(図5)、ティーチングポイントの変更や新規品番の立ち上げ時のヒューマンエラー低減を図った。

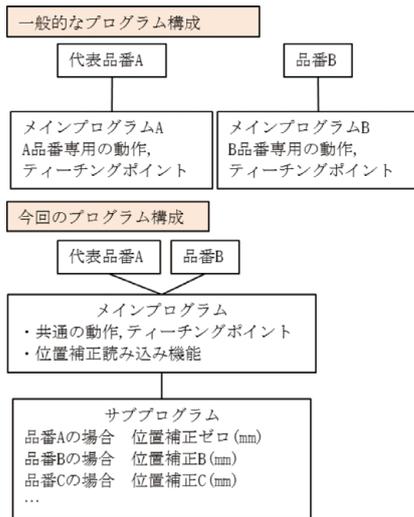


図4 プログラム構成説明

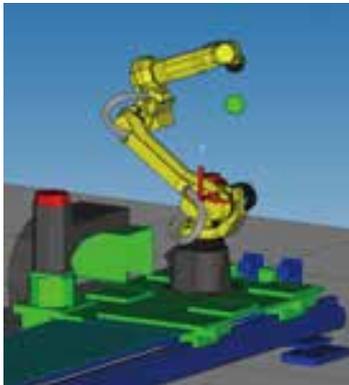


図5 シミュレーション画面

7 品質確保

7.1 異品検出

ギヤ素材は類似形状が多く、素材箱に異品混入する場合があります。手流しラインでは、全数を全長確認治具にセットして目視確認していたが、見間違いのリスクが生じる。本ラインでは箱から取り出した後、ロボット台車に設置された計測シリンダにて全長測定を行うことで異品を加工機へ取り付けを防いでいる（写真7）。

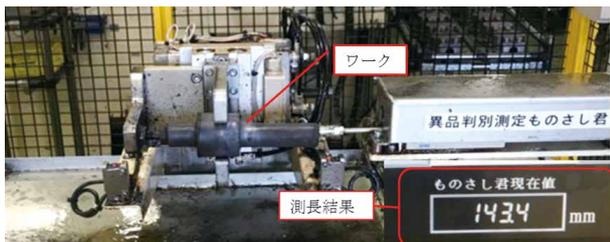


写真7 素材全長測定の様子

7.2 NC旋盤負荷監視

NC旋盤1, 2工程において工具の使用過多で“欠け”が発生する可能性がある。ロボット搬送の場合、工具が欠けても生産を続けることで大量不良の恐れがある。そこで今回はNC旋盤の負荷監視機能を設定した。これは送り軸にかかる負荷を監視し、閾値を超えたら停止させる機能である（写真8）。欠けた工具で切削を行うと送り軸に負荷がかかるために停止する。これにより、加工不良の大量発生を防ぐことが可能となった。

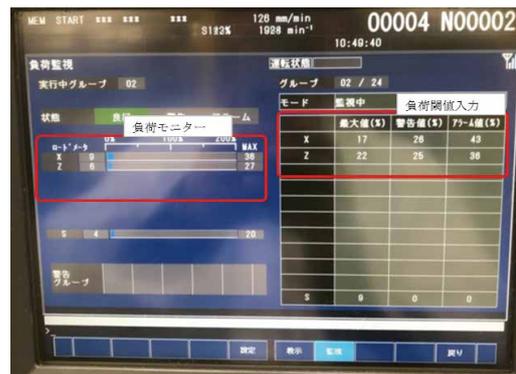


写真8 負荷監視機能設定画面

7.3 ギヤ幅寸法精度確保

ギヤ幅の寸法精度は、NC旋盤2工程でギヤ側面を基準当て止めに密着することで精度が決まる。従来の手流しラインでは人力の加減で密着を確認し、精度を確保していた。しかし、ロボットで着脱する場合、基準面への密着の確認ができない。そのためチャックに着座確認機能^{注3)}を設けてギヤ幅不良を防止した（図6）。

注3) チャック側基準当て止めからエアを出し、圧力監視することで密着確認を行う。

7.4 初品自動管理

品番切り替わり時の初品は一目でわかるように初品ランプを設けて“見える化”した。初品検査時は順次段取り機能と連携し、ワークを自動で品質確認ステーションに置く仕組みとした。これにより検査支援システムと組み合わせて、初品検査漏れがなく確実に初品を管理できる仕組みを構築した（図7）。

7.5 検査支援システムの導入

従来は全測定項目を手作業で測定し、初物終物チェックシートに転記して作業者が可否を判定していた。今回は検査支援システム^{注4)}を導入し、転記ミスや測定値の見間違いによる判断ミスを防止した（写真9）。

注4) 測定器と検査支援システム端末で測定値を通信することで判定を自動で行うKYBの社内システム。測定データはネットワーク上に保管される。

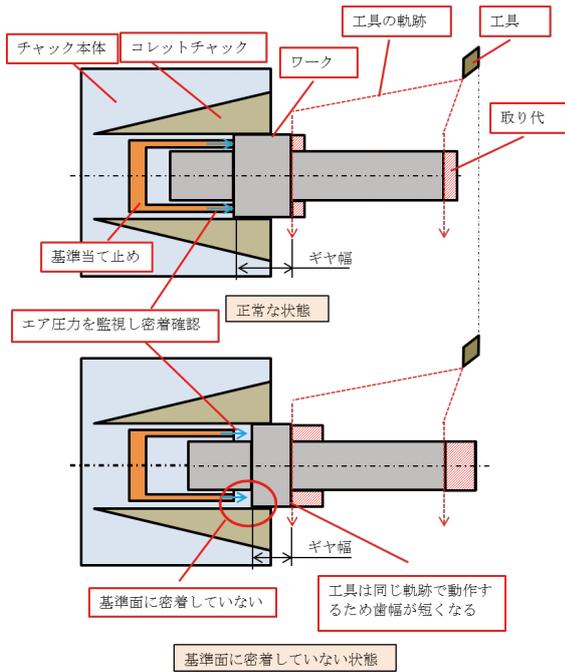


図6 着座確認機能説明図

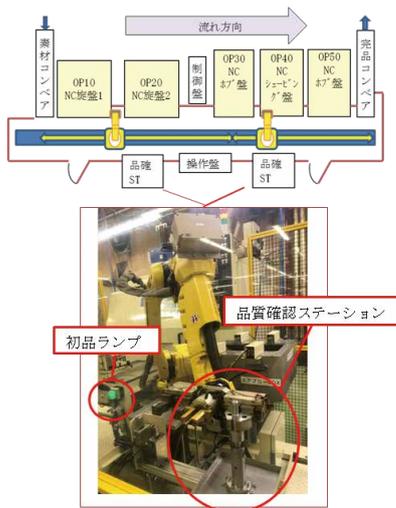


図7 品質確認ステーション



写真9 検査支援システム利用の様子

8 環境・安全性

ワークに付着した切削油の油垂れ防止のためにエアブローBOX (写真10) とオイルパン (写真11) を設けた。エアブローBOXはロボットが積載された搬送台車に取り付け、搬送中にエアブローを実施している。またエアブローBOXに移動する間の油垂れをオイルパンで受けて油の飛散を防止した。



写真10 エアブローBOX



写真11 オイルパン

9 結果

- 2018年2月より量産稼動し、下記目標を達成中。
- ①ラインクレーム [0件/年]
 - ②労災 [0件/年]

10 今後の展開

本技術を活用し、他ラインの自動化に展開、発展させる。

11 おわりに

本ラインの目的であるヒューマンエラーの排除と環境改善の目的は、搬送の自動化や検査支援システムの活用と、搬送時間を活用したエアブローで達成できた。

今回の自動搬送ラインの構築は、ギヤポンプのギヤ加工ラインとしては初の試みであり、今後の他ラインへの横展開への足掛かりとして大事な経験を得られたと感じる。

最後に、本ラインの構築にあたり、多大なるご支援とご指導をいただいた関係者及び関係部署の方々にこの場を借りて厚く御礼を申し上げます。

著者



水沢 達哉

2009年入社。ハイドロリックコンポーネンツ事業本部相模工場生産技術部生産技術課熊谷駐在。主にギヤポンプの工程設計に従事。