

熱処理治具の脱着作業自動化技術の開発

古谷 優*

抄 録

CVT 用プーリ生産ラインにおいて、コスト低減を目的に全ての手作業の自動化を目指しているが、プーリを熱処理用台車に投入する工程の自動化が実現できていない。本工程の中には、2 段に重ねた熱処理治具の脱着作業を含むが、量産では熱処理治具が繰り返し熱処理炉に投入され、熱影響による治具の変形・曲がり次第に大きくなるため、特に熱処理治具の脱着作業の自動化が極めて困難となる。今回、大きく変形・曲がりが生じた熱処理治具であっても自動脱着が可能となる技術開発を行ったので報告する。

1. はじめに

ジャトコの CVT 用プーリ生産ラインでは、コスト低減を目的に、自動化を推進している。Fig. 1 にプーリラインの生産工程を示す。図中の青枠で示した工程は自動化済みだが、赤枠で示した工程は自動化できておらず、手作業の状況である。自動化ができていない工程は、台車内のプーリ有無検知や台車位置ずれ検知など、種々の課題がある。これらの中でも、Fig. 1 の二重赤枠で示す工程で行う熱処理治具の脱着作業は、エルゴノミクスの観点からも自動化の要求が特に高く、自動化を実現する技術開発を実施したので報告する。

2. 熱処理治具の脱着作業

2.1 熱処理治具と熱処理用台車

熱処理治具とは、プーリを熱処理炉内に搬送する際にプーリを並べるための耐熱合金製の治具である。本熱処理治具はプーリと共に熱処理炉内へ投入される。Fig. 2 に熱処理治具の外観および

部品構成を示す。熱処理治具は、Post, Bottom grid, Support grid から構成され、Post は Bottom grid にネジ止めされ、Support grid は Post に固定されている。

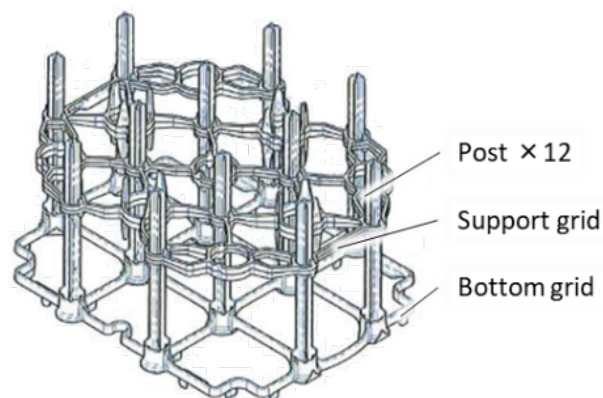


Fig. 2 Heat treatment jig

Fig. 3 に熱処理用台車の外観を示す。台車上に2列2段で熱処理治具を積載し、プーリを投入する。



Fig. 1 Pulley production line processes

* 部品システム開発部

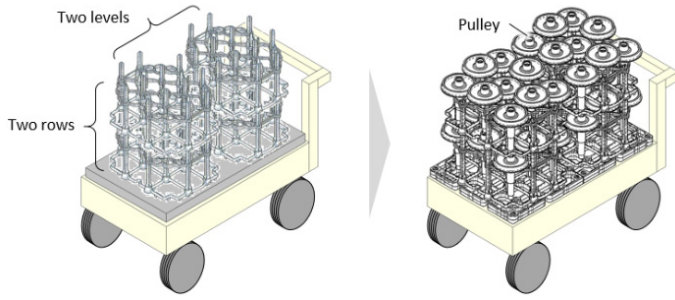


Fig. 3 Heat treatment jig trolley

2.2 熱処理治具の脱着作業

Fig. 4 にプーリを熱処理用台車に投入する工程の作業フローを示す。これらの作業を Fig. 3 に示した台車上で行う。熱処理治具は2段に重ねているため、下段の熱処理治具へプーリを投入するためには、上段の熱処理治具の脱着作業が必要となる。本作業は台車あたり2回繰り返すことになるが、熱処理治具は約15kgと重いため、エルゴノミクスの観点からも自動化の要求は大きい。

2.3 熱処理治具の変形・曲がり

プーリはトルク伝達の要求機能から、表面硬度を高めるために熱処理を施す。この時、耐熱合金製である熱処理治具にも熱処理歪が生じる。プーリの熱処理工程では、熱処理炉内を約900℃まで熱し、その後冷却する。熱処理1回あたりの歪み量は数十μm程度であるが、熱処理治具は量産の中で繰り返し熱

処理炉に投入されるため、その変形・曲がりは次第に大きくなる。

Fig. 5 に大きく変形・曲がりが生じた熱処理治具の事例を示す。Post は大きく曲がり、最大で約10mmの曲がりが発生している。



Fig. 5 Heat treatment jig

2.4 プーリ投入作業自動化の問題

Fig. 6 に熱処理治具に生じる変形・曲がりを示す。生産ラインでは数十個の熱処理治具を使用しており、熱処理治具の変形・曲がりの大きさは一様ではない。

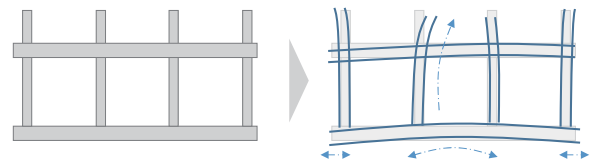


Fig. 6 Deformation/bending of heat treatment jigs

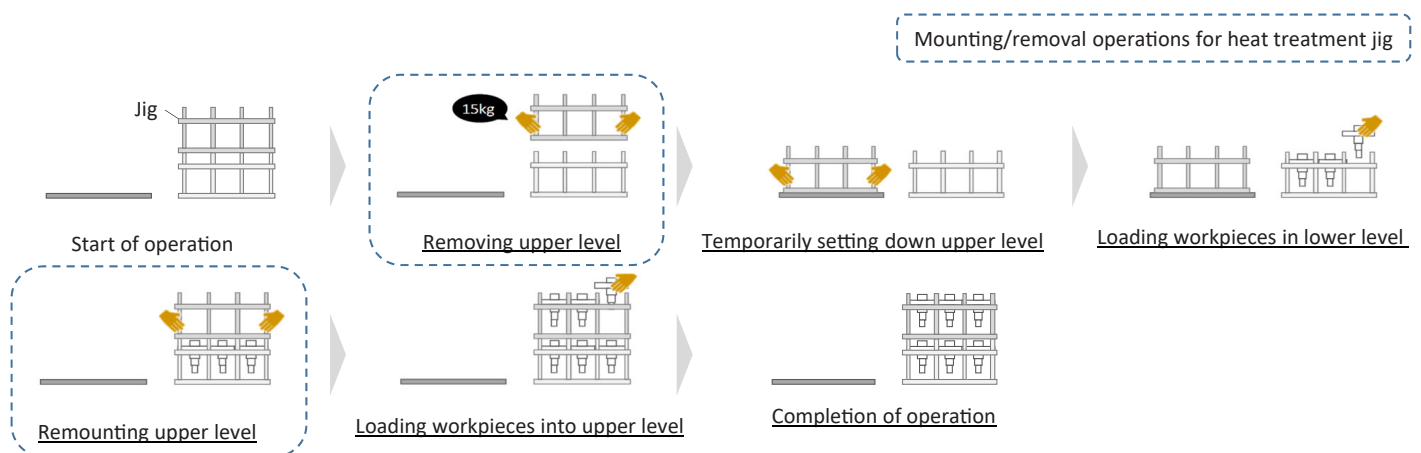


Fig. 4 Process of loading pulleys in jigs on trolleys for heat treatment

熱処理治具の脱着作業を自動化するためには、熱処理治具をクランプする必要がある。一般的に、このクランプにはエアシリンダを用いる。熱処理治具の構成から、クランプ部位は Bottom grid 部の側面が適していると考えられるが、以下の問題点が挙げられる。エアシリンダを用いてクランプする場合、決まった位置に固定されたセンサによりクランプ完了確認を行うが、大きく変形・曲がりが生じた Bottom grid をクランプする際に固定センサによるクランプ完了確認が取れず、クランプ不良が発生することが予測される (Fig. 7)。これがプリー投入作業自動化の問題となる。

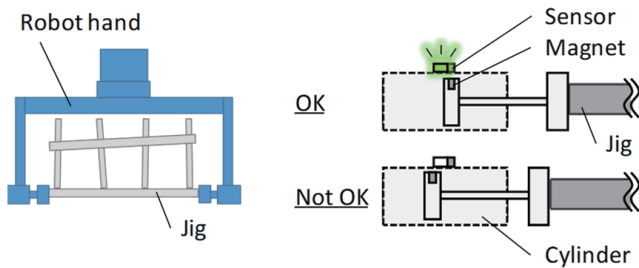


Fig. 7 General clamping system

3. 仕様検討

3.1 設備仕様

Fig. 8 に設備仕様の概要を示す。今回、多関節ロボットと 3D カメラを使用する設備仕様を検討した。

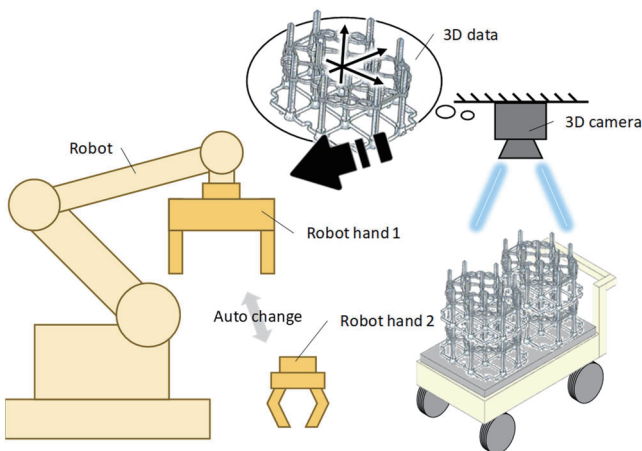


Fig. 8 Outline of equipment specifications

3D カメラとは、被写体の形状、位置、姿勢を 3 次元的に捉えることのできるカメラである。台車および台車上の熱処理治具は、台車の入れ替え毎に数十ミリの位置ずれが発生する。したがって、3D カメラによって熱処理治具の位置情報を取得してロボットへ入力することにより、ロボットハンドを熱処理治具の上空へアプローチすることを可能とする。なお、本設備ではプリーの投入も行うため、熱処理治具の脱着作業とプリー投入作業の各々に適したロボットハンドに脱着可能となる装置を取り付けた。

3.2 クランプ方式の検討

2.4 で述べた通り、一般的なクランプ方式では熱処理治具の変形・曲がりに対応することができないことは明白である。そこでクランプ方式のベンチマークを行った。

Fig. 9 にベンチマークした結果を示す。

Clamping system	Flexibility	Load capacity	O : Good X : Poor	
			Cost	Durability
Suction	O	X	O	X
Spring	O	X	O	O
Interchangeable soft/hard gripper mechanism	O	X	X	X
Cooperative linkage mechanism	O	X	X	X
Locking cylinder	O	O	O	O

Fig. 9 Benchmarking of clamping systems

ここで、今回のクランプ方式に求められる機能は、熱処理治具に変形・曲がりがある場合でも確実にクランプ可能なフレキシブル性である。これに加え、15kg と重量物である熱処理治具を搬送するための可搬重量、さらには、量産適用するにはコストと耐久性も重要な指標となる。これらの観点から、採用するクランプ方式としてロックシリンダ方式が最適であると考えた。

Fig. 10 にロックシリンダの概要を示す。ロックシリンダは停止した位置でロッドを固定することができる機構を有し、一般的なシリンダの様に決められた位置で停止する必要がないため、熱処理治具に倣っ

てクランプすることが可能となる。

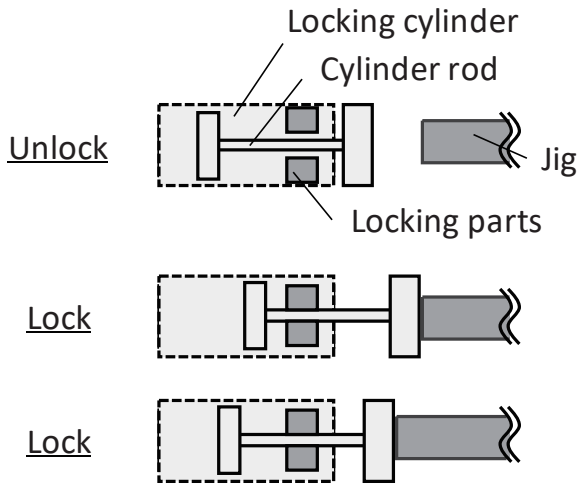


Fig. 10 Locking cylinder

3.3 ロボットハンド仕様の検討

Fig. 11 にロックシリンダを用いて熱処理治具の Bottom grid をクランプした場合のイメージを示す。

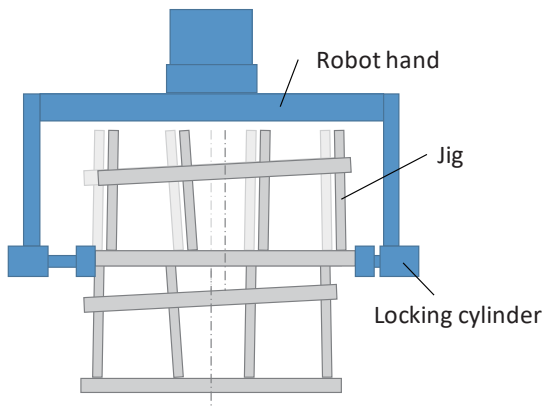


Fig. 11 Clamping system using a locking cylinder

ロックシリンダは一定の反力を得ない限り、前進端まで前進し続ける特性があるため、クランプする際に上段の熱処理治具の位置をずらしてしまう。このことは、上段の積戻し位置を再現できなくなることを意味する。そこで熱処理治具を固定しつつ、熱処理治具に倣ってクランプすることができる方法の検討を行った。Fig. 12 にクランプ方法を示す。

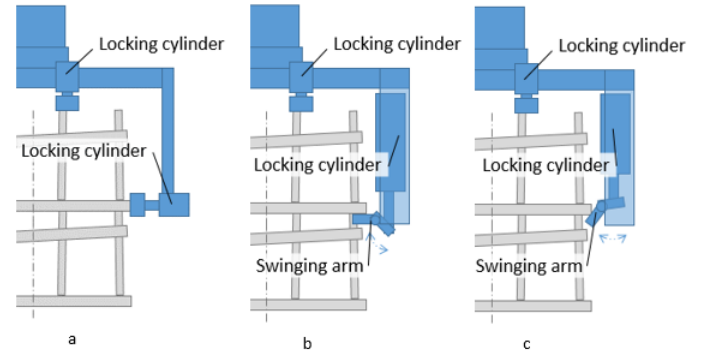


Fig. 12 Clamping method

熱処理治具を固定するために、まず、上段治具を下段治具に押し付ける。ここでもロックシリンダを採用することで、Post の変形に対応する。シリンダの先端に装着する“Post 押さえ”は熱処理治具廃却時の Post 変形・曲がりに対応できるサイズに設計した。次に、Bottom grid をクランプするが、水平方向にクランプすると搬送中の慣性力に対してクランプ力が不足し、熱処理治具が落下する懸念があるため、Fig. 12-b に示すスイングアームを採用することにより、上下方向から挟み込む仕様を考案した。しかし、この方式ではスイングアームが下段の熱処理治具に干渉するため、クランプが不可能である。そこで、この干渉を避けるために、スイングアームの支点をオフセットして斜めにアームを押し付ける方法を考案した (Fig. 12-c)。これにより、干渉を回避できるだけでなく、上下左右の位置ずれも防止することができる考えた。本考案方法で設計したロボットハンドの 3D モデルを Fig. 13 に示す。

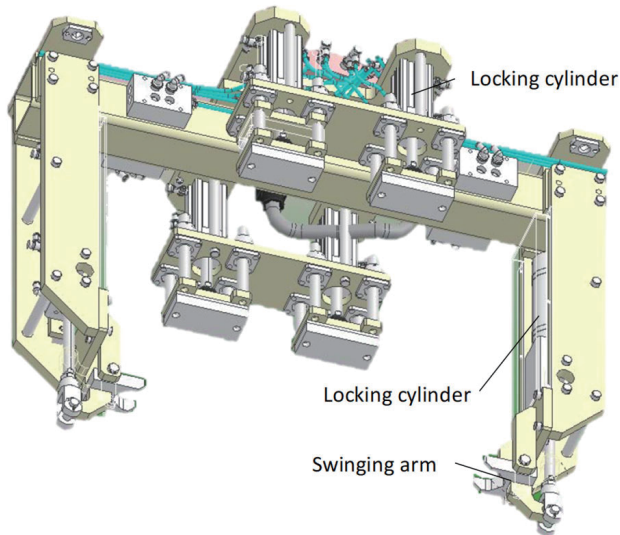


Fig. 13 Robot hand

3.4 熱処理治具仮置き仕様の検討

次に、Fig. 4 に示した ”上段仮置き” の作業について検討した。この作業を自動化するためには、ロボットハンドで上段の熱処理治具を取り出した後、プーリを下段治具に投入するためのプーリ用ロボットハンドへ切り替える必要がある。この時、Fig. 14-a に示す様に、熱処理治具とロボットハンドを別々に仮置きすると、熱処理治具とロボットハンドの位置関係にずれが生じ、上段の積戻し位置が再現できなくなる。そこで、ロックシリンダはエア供給が止まるとロックがかかる特性を活用し、ロボットハンドが熱処理治具をクランプした状態で、ロボットハンドと熱処理治具を一体で仮置きする方法を考案した (Fig. 14-b)。この方法により、仮置き時の位置関係のずれも抑制することが可能となる。

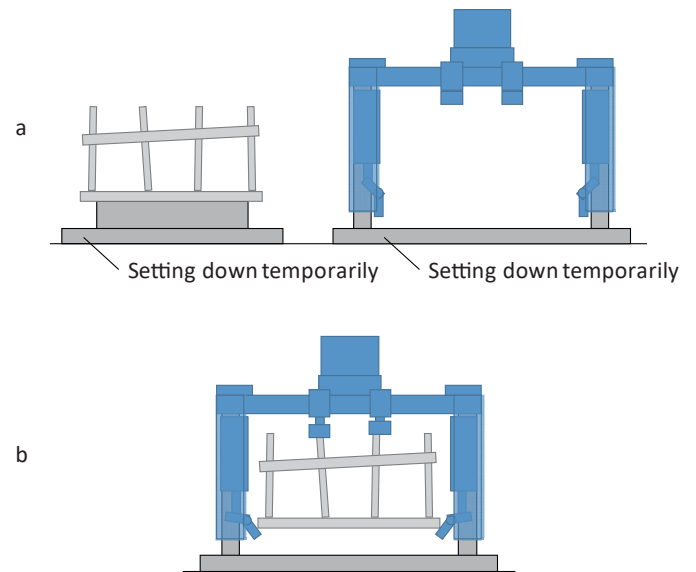


Fig. 14 Specification for temporarily setting down heat treatment jig

4. 量産適用

考案した方法を実現できる設備を設計・製作し、生産ラインに設置して量産トライアルを行った。Fig. 15 にプーリ生産ラインに設置した設備の外観を示す。トライアルは、変形・曲がりの異なる複数の熱処理治具を用いて行った。その結果、様々な変形・曲がりを有する熱処理治具でも安定してクランプすることが確認でき、取り出し作業と積戻しを含めた全てのプーリ投入工程の作業の自動化を実現し、量産適用することができた。

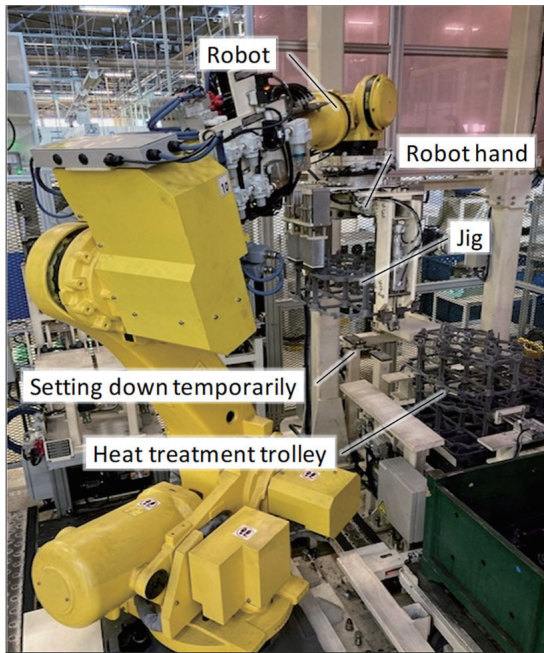


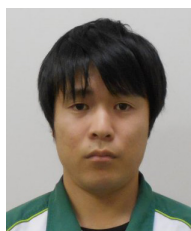
Fig. 15 Appearance of equipment

5. まとめ

本技術開発により、大きく変形・曲がりをもつ熱処理治具の脱着作業の自動化が可能となった。これにより、重量物を取り扱う熱処理治具への投入作業が不要となり、コスト低減および作業環境を改善することができた。

なお、今回設置した設備はプーリ生産ライン用に開発したものであるが、ギヤなどの生産ライン、治具にも応用することができる。今後、本技術を用いてさらなるコスト低減および作業環境の改善に取り組みたい。

■ 著者 ■



古谷 優