

産業用ロボットを用いたプレス成形後の玉罫子バリ取り作業の改良

—産業用ロボットの可用性検証—

Improvement on the deburring process of press-molded ball insulator using industrial robot

- Validation available of industrial robot -

電子・機械技術部 ロボット・制御科 根本大輝 松本聖可

応募企業は、電力用の玉罫子を製造している。社員の高齢化や昨今の資材価格の高騰等から、この製造ラインをプレス機と産業用ロボットを用いて効率化したいニーズがある。製造工程はプレス機で成形後、産業用ロボットを用いてバリ取りをしている。しかし、焼成後に形状が変形するため改善が必要である。本研究は産業用ロボットによるバリ取りの可用性を検証するため、玉罫子の形状測定、シミュレーションによるロボットの動作確認、バリ取り工具及び産業用ロボットの動作を変更した時の玉罫子形状について確認した。

Key words: 産業用ロボット、バリ取り、シミュレーション、形状測定

1. 緒言

応募企業は、電力用の玉罫子を製造している。現行の玉罫子成形工程¹⁾では、真空土練機で円筒形に押し出した粘土を作業者が機械を用いて溝切を行った後、手作業で表面を磨くなど形を補正している。現工程から成形、乾燥、施釉、焼成した玉罫子の例を図1に示す。玉罫子は凹曲面と凸曲面を組み合わせた形状からなる。

近年、作業者の高齢化や資材価格の高騰等を背景に製造工程の効率化が求められている。そこで依頼企業では、プレス機で玉罫子を成形し、成形工程で生じたバリを産業用ロボットで除去する工程を検証している。図2に検証工程で製造した玉罫子を示す。6軸垂直多関節ロボットに樹脂製の棒を把持させ、回転させながら罫子に押し当ててバリを均すよう動作させバリ取りを実施したが、焼成後にバリがあった部位に線が浮き出ることが問題となっている。

本研究では、ロボットによるバリ取りの可用性を検証するため、玉罫子の形状測定、シミュレーションによるロボットの動作確認、バリ取り工具及び産業用ロボットの動作を変更した時の玉罫子形状について確認した。



図1 従来製造の玉罫子



図2 検証工程で作成した玉罫子

2. 実験

2. 1. バリ取り条件

バリ取りは、手作業及び三菱電機（株）製6軸垂直多関節ロボット（RV-20F-D）を使用した。このときロボットの制御方法は位置制御とした。

図3に樹脂棒によるバリ取りの概略図を示す。依頼企業で行われている、樹脂棒によるバリ取りでは、焼成後にバリが浮き出ることから、十分にバリが取れていないことが考えられるため、本研究ではバリを深さ3mm程度削り落とすこととした。図4に使用したバリ取り工具を示す。工具は、粘土ベラ、彫塑ベラ、かきベラの3種類を使用した。図5にバリ取り時の工具と玉罫子の位置関係を示す。バリ取り時は、図5のように工具をバリ部に沿ってかつバリ部以外には干渉しないよう動かす必要があった。

罫子原料である粘土は、乾燥するに従い、収縮し、硬くなっていく。従って、精度よくバリ取りを行うためには、粘土の状態把握が必要である。依頼企業では大蔵商事株式会社製の粘土硬度計で工程管理をしており、本研究でも同型の硬度計を使用し、バリ取りを行う硬度を決定した。

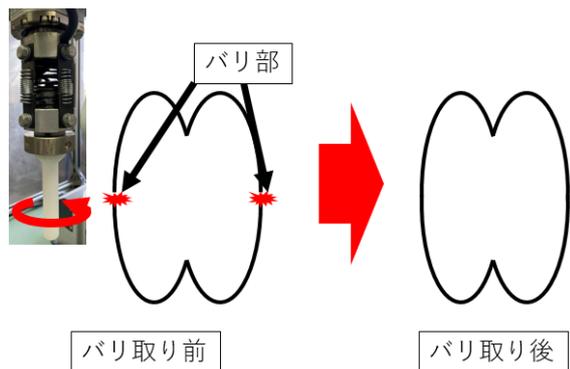


図3 樹脂棒によるバリ取りの概略図



(a) 粘土ベラ

(b) 彫塑ベラ



(c) かきベラ

図4 バリ取り工具

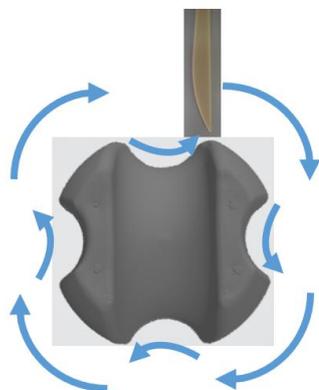


図5 工具と玉碇子の位置関係

2. 2. 産業用ロボットによるバリ取り実験

2. 2. 1. シミュレータによる動作検証

オフラインでロボットの姿勢を確認するため、生産ラインシミュレータ (Octopuz) を用いてロボットの動作を検証した。はじめに、粘土状態の玉碇子をデータ化するために非接触三次元デジタルサイザ (Atos CompactScan 5M) を用いて形状測定をした。その後、形状データを用いてバリ取り時のロボットの姿勢をシミュレーションした。

2. 2. 2. 産業用ロボット

バリ取り条件及びシミュレーション結果を基に、産業用ロボットのプログラムを開発した。2爪のロボットハンドで工具を把持して、位置制御によるバリ取りをした。バリ取り時の玉碇子は、3Dプリンターで造形した治具を用いて固定した。

3. 結果

3. 1. 手作業によるバリ取り結果

図6に手作業によるバリ取り後の玉碇子を示す。彫塑ベラ及びかきベラは、バリ取り面に沿って削ることは可能だが、工具先端の幅が広く、バリ周辺の粘土も削り落とすことがあった。粘土ベラは、バリ周辺の粘土に影響が少ないことから、産業用ロボットによるバリ取りには粘土ベラを用いた。

使用工具	硬度	バリ取り後の玉碇子
粘土ベラ	9	
彫塑ベラ	9	
かきベラ	9	

図6 手作業によるバリ取り後の玉碇子

3. 2. 産業用ロボットによるバリ取り

3. 2. 1. シミュレーション結果

図7にシミュレーション時のロボットの姿勢を示す。非接触三次元デジタルサイザによる形状測定の結果から、玉碇子形状は円弧形状であることがわかった。形状データを基にシミュレーションを行い、玉碇子設置位置及びバリ取り時のロボットの姿勢を決定した。また、ロボットによるバリ取り時のバリ取り工具の把持方法

を決定した。



図7 シミュレーションによるロボットの姿勢

3. 2. 2. バリ取り結果

図8にロボットによるバリ取り状況を示す。ロボットは、シミュレーション結果を基に玉碓子の形状に沿った円弧動作をすることでバリ取りをした。

硬度 11 以下の粘土は、取り扱い時に粘土が変形した。硬度 15 では、硬度が高く、バリ取り時に工具が変形した。図9に硬度 12 の時にバリ取りした結果を示す。硬度 12 では、取り扱い時及びバリ取り時に、粘土及びバリ取り工具は変形せずにバリ取りを行うことができた。しかし、二次バリが発生している箇所が複数見られた。



図8 ロボットのバリ取り状況



図9 ロボットによるバリ取り後の玉碓子

4. 考察

産業用ロボットによる玉碓子のバリ取りは、粘土硬度によってバリ取り条件が異なると考えられる。例え

ば、粘土硬度が高いほど高剛性のバリ取り工具が必要となる。また、ロボットを位置制御で動作させる場合、工具を当てた時に玉碓子が工具に押されて位置ずれを起こすことが考えられる。また、二次バリが発生した時の除去方法も必要である。そのため、位置制御でバリ取り可能な粘土硬度、バリ取り工具及び二次バリの除去については今後の課題である。

ロボットのバリ取り動作は、形状が複雑であったためバリ取り面に対して工具が一部直角に当たっていない箇所があった。このことから、制御プログラムに改良の余地があったと考えられる。よって、CAM ソフトウェアである Mastercam を用いて工具先端が玉碓子に常に直角に当たる工具動作をシミュレーションした。結果の一部を図10に示す。本実験で行ったものとは異なっており、工具角度のバリ取りに対する影響は今後の課題である。

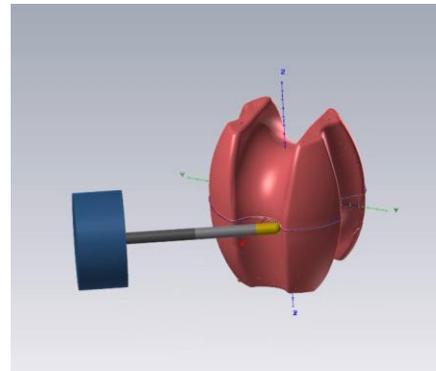


図10 Mastercamによる工具先端位置

5. 結言

産業用ロボットによるバリ取りの可用性を検証するため、玉碓子の形状測定、シミュレーションによるロボットの動作確認、バリ取り工具及び産業用ロボットの動作を変更して、バリ取り後の玉碓子形状を確認した。この結果から以下の課題が明らかになった。

- ・ロボットを位置制御してバリ取りを行う場合は、粘土の挙動がその硬度で異なるため、作業時の硬度を正確に選ぶ必要がある。
- ・工具と玉碓子の位置関係及び工具形状の最適化による二次バリ抑制は今後の課題である。

参考文献

- 1) “碓子ができるまで”. 株式会社流紋焼.
<http://ryuumon.co.jp/?mode=f8>, (参照 2024-02-19)