

ねじの箱詰め新型ロボットシステムの開発

平尾友二^{*}，大家好太郎^{**}

抄 録

従来の「ねじの箱詰めロボットシステム」で残されていた「生地ねじの掴み損ね」と「箱に被せている内袋の引っ掛け」の問題を改善するために、剛性を高めた新ハンドを設計製作し、箱の供給排出方式を変更した。また、ハンド重量の増加に対応して従来の2倍の可搬重量を有すロボットに変更し、モーメント荷重余裕も増やした。この結果、生地ねじの掴み損ねが従来に比べ1/100以下に改善され、内袋の引っ掛けも無くなり、新たに導入した新機能や様々な改良により、高速かつ高安定なねじの箱詰め作業が確立され、作業時間を15%程度短縮し、現場でのトラブルもほとんど無くなった。

1 はじめに

多軸汎用ロボットを使った「ネジの箱詰めシステム」は、初号機の共同開発から15年が経過し、その間、数々の改良を加えつつ平成10年にはメッキ専用の改良型2号機を共同開発した。平成13年には「長寸ねじの小箱詰めシステム」の共同開発へと発展を遂げ、同社自主開発の「小型ねじのバラ詰め装置」と併せて、同社内でのねじの自動包装システムが構築されるに至っている。

しかし、平成4年から稼働してきた同社の「ネジの箱詰めシステム」初号機はコスト低減の目的で中古ロボットを利用していたこともあり老朽化が著しく、メーカー修理部品在庫も無くなっていることから対処修理による運転が続いていた。そして、平成17年の台風による浸水被害以後は致命的な故障を度々生じるようになっていた。

一方、近年のロボット技術は二足自立歩行型ロボットをはじめとする高機能化・知能化が急速に進み、産業用ロボットにおいても、モータの小型化などにより小型軽量高機能な多軸汎用ロボットが比較的安価に入手可能となっている。

そこで、初号機を新型ロボットに換装することにし、これを機に生地ねじに付着した潤滑油によるハンド端部での掴み損ねや箱に被せている内袋の引っ掛け問題など、これまでの改良では対応できていなかった問題の解決を図るとともに、新機能を付加した新たな「ねじの箱詰めシステム」を開発した。

2 問題点とその解決方法

(1) 生地ねじの把持に関する問題

「ネジの箱詰めシステム」の共同開発当初、ロボットはまだ高価であったため、初号機では可搬重量10kgfのロボットを用いていた。このためハンド重量には制約があり、軽量化が大きな課題であった。しかし、近年ロボットの価格は可搬重量の差ほどでは無くなったため、可搬重量を従来の10kgfから20kgfへと変更することでハンドの構造設計に余裕が生じ、剛性と把持精度を向上させることによって掴み損ねを減らすことが出来る。

本システムでは、把持するねじの本数は箱の底面サイズから算出した最大本数とすることにより把持回数を最少にして作業効率を向上させている。このため、ハンドは箱詰め作業に於いて箱内に侵入でき、且つ、箱の四隅から並べて配置出来るように、把持に用いるシリンダを引き圧で使用して爪の外周に突起を生じない構造としていた。そして引き圧による把持力不足を補うために爪の両端部にバネを取り付けていた。一方、ハンドは軽量化のために5mm厚の2017アルミ合金が使用されていたため、バネの収縮力により爪部で0.7%のたわみが生じていた。また、ねじを把持した際にも爪の先端が開き気味となっていた。そこで、ハンド構造を設計し直し、組み付け精度と剛性の向上を図った。

従来のハンドの爪取り付け部品は、図1のようにシリンダ全面に2本のねじで取り付けるようになっており、軽量化のために5mm厚の柱を残し板厚を5mmとなるように削り込んでいた。爪を取り付ける

^{*}電子機械課 ^{**}(株) ヒラノファステック

張り出し部は5mm厚の15mm幅であった。

新たに設計したハンドの爪取り付け部品は、図2のように5mm厚の柱を残し板厚を15mmとなるようコの字型に削り込み、前後からシリンダを包み込むような構造とした。これによりシリンダとの接合は前後貫通の2本のねじの他に両サイドの2×4本も加わりシリンダとの結合が強固となった。また、爪を取り付ける張り出し部も20mm厚の30mm幅に変更して剛性を高め、固定部の爪との接合面積も従来の3倍以上となり、組精度と接合性を向上させた。

従来のハンドの爪は板厚5mmのものをねじ止めする構造となっていた。可動部の爪は図3のように軽量化のために台形状に削られており、シリンダの開閉方向と平行な2本のねじでシリンダの可動部に上下方向から取り付けられる。さらに補強のために2mm厚の2本のアルミアングルがシリンダの可動部を前後から挟み込むようにそれぞれ2本ずつのねじで取り付けられ、この2本のアングルが5本のねじによってハンドの爪と結合される。固定部の爪は3本のねじによって爪取り付け部品に取り付けられる構造となっていた。

新たに設計したハンドの爪は、図4のように可動部の爪が従来の補強用アングル部品を取り込んで一体化させた構造となり、さらにアングル部の板厚を5mmに、爪の板厚を15mmにそれぞれ増やして剛性を高めてたわまなくした。固定部の爪も板厚を15mmに増やして剛性を高め、爪取り付け部品と6本のねじで結合するような構造とした。

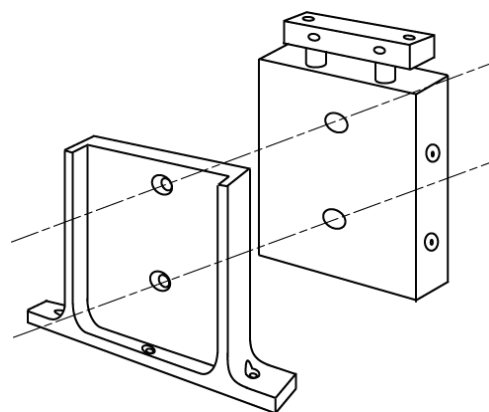


図1 従来の爪取り付け部品図

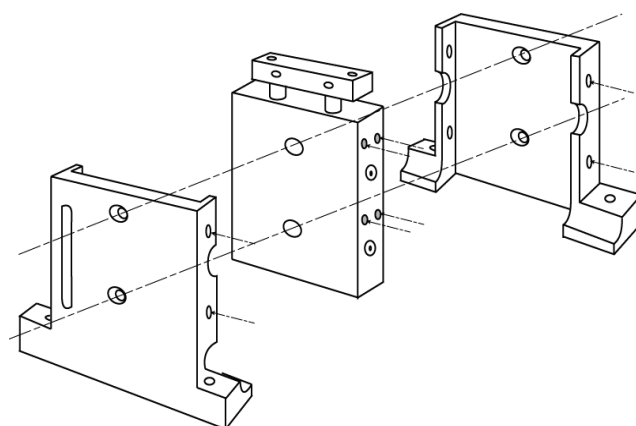


図2 新しく設計した爪取り付け部品図

また、従来は5mm厚のアルミ爪の表面に干渉ゴムを貼り付けていたが、新しい爪では板厚を増やしたことにより開口長がハンド長に比べ狭くなったことから、5mmの凹字溝を掘り込みこの凹部に干渉ゴムを貼り付けることで、爪内部に干渉ゴムを埋設する

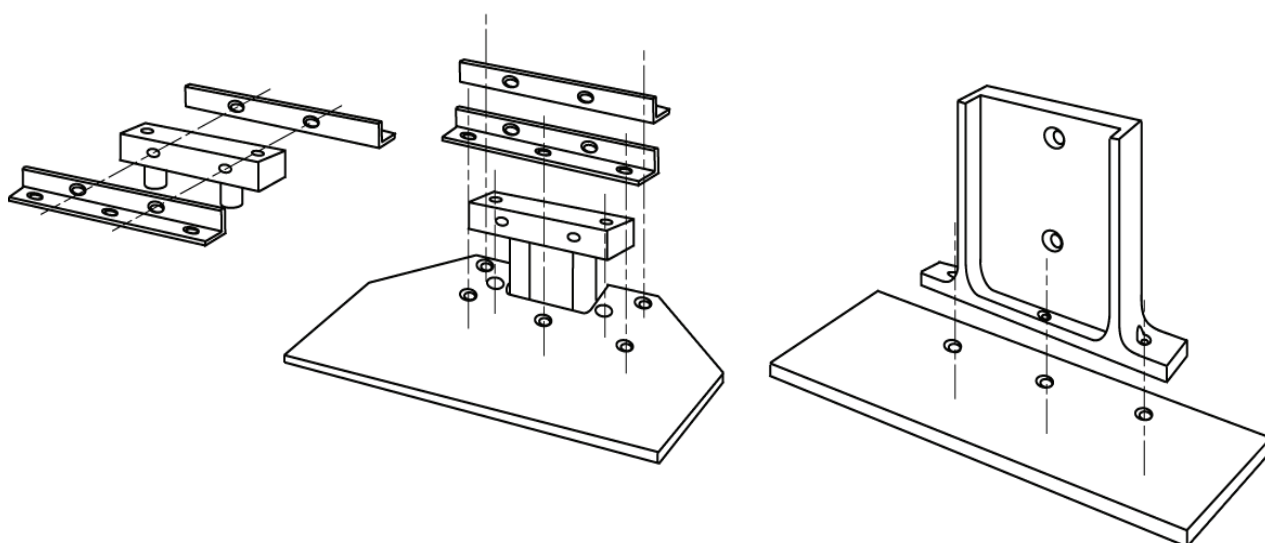


図3 従来の爪部品図

ような構造とした。これらの設計変更によりねじを把持した際にも爪の先端が開き気味となるたわみも改善された。

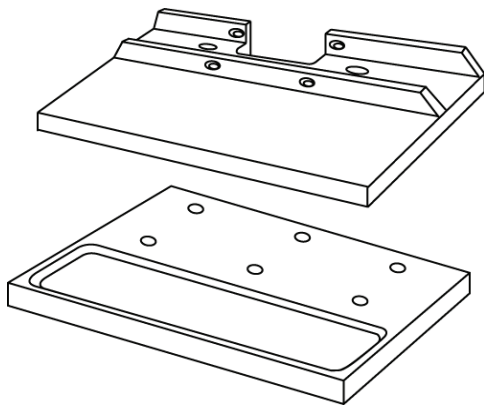


図4 新しく設計した爪部品図

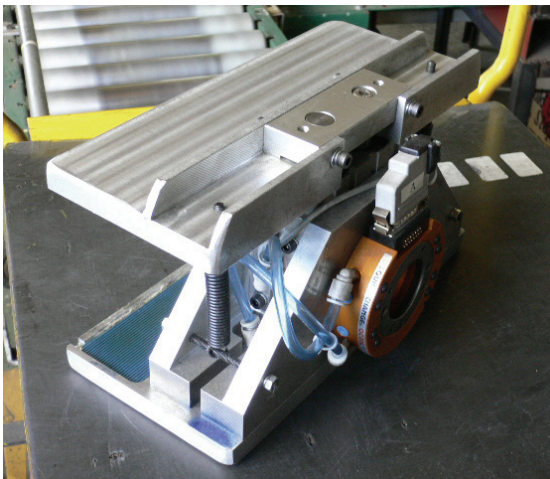


図5 新しく製作したハンドの一例

(2) 箱に被せている内袋の引っ掛け問題

従来のシステムでは、空箱の供給をシリンダなどで行わず、図6のようにロボット自身が空箱内にハンドを挿入して箱詰め位置にスライドさせると言う方法で行っていた。これは、シリンダを用いない分安価で可動部も減るため故障率が低減すること、箱の供給排出には2本のシリンダの往復時間が必要であるのに対しロボットでは各一方向の時間のみで良いこと、ロボットは箱がセットされたことを確認しなければねじの把持動作に入れないこと(一度ねじを把持してしまうと整列シュートには戻せないため、箱の供給にトラブルが生じた場合や箱詰め中に停電などで箱位置がずれた場合などに自動で作業復帰できなくなるため)などの観点から作業の効率を重視

した結果であった。

一方で、ハンドのサイズは、前述の通り、作業効率を向上させる方法として爪の幅サイズを箱の内部底面サイズから両端 10mm の余裕を持たせただけの長さにしていたため、空箱の供給工程に於いて箱に被せられたナイロン袋を引っかけて抜き取ったり、箱詰め中にナイロン袋を引っかけて箱内に押し込んでしまうと言う問題を生じることがあった。

新しいシステムでは、爪の板厚が厚くなったこと、爪の幅をさらに 10mm 短くしたこと、箱の供給排出を図7のようなシリンダ方式に変更するなどにより解決を図った。



図6 従来の空箱供給の様子



図7 新しい箱の供給排出部

3 新機能の導入による作業効率の改善

初号機の開発以降、マンマシンインターフェースの改善、ティーチレス設計、メンテナンスフリー化などに努めてきた結果、前述の2つの問題と異サイズの混入などによる衝突、ハンド部センサの配線の断線・接触不良、干渉ゴムの劣化による張り替え交

換以外には、メンテナンスを要することは無くなっていたが、本システムの開発では、さらにマンマシンインターフェースの改善と衝突検知機能の導入による衝突時の回避動作、荷重負荷に応じたアームの加減速制御機能などを新たに組み込んだ。

マンマシンインターフェースの改善では、図8のようにティーチングボックスの表示部に作業情報を表示したり、スイッチ類の状態表示とタッチパネルによるショートカットリモート操作、LANによる作業状況のリモートモニタリングなど管理やメンテが容易に出来るように改善した。

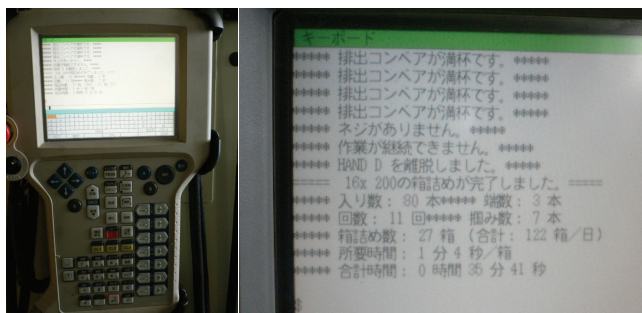


図8 ティーチングボックス

衝突検知機能は、ロボットの手首3軸のモータ電流をモニタリングして、設定値を超える急峻な過電流を検知した場合にハンドの衝突であると推定検知して、あらかじめ設定された回避動作をロボットに行わせるものである。これにより衝突を検知した場合、整列シュート上のねじを把持しに行く過程では待避位置に移動して作業者の呼び出しを行い、箱詰め過程では箱詰め開始位置に一旦戻って衝突を回避できる新たな軌道を経て箱詰めを自動でやり直すことが出来るようになった。

荷重負荷に応じたアームの加減速制御機能は、ハンド+ワークの重量とモーメント荷重をあらかじめ測定しておき、これをデータテーブル化して作業中のアームの加減速を負荷荷重モーメントに応じた加減速パターンに調節するもので、高速かつ滑らかなアーム軌道を実現できるようになった。

4 結果及び考察

板厚の変更による剛性の向上、シリンダを包み込む形状などの設計の変更による取り付け精度の向上、新型ロボットの動作位置精度の向上などの効果によ

り、平均100回の箱詰め作業で1回程度であった従来機での掴み損ねの発生率は、新しいシステムでは平均13000回に1回程度の掴み損ねにまで改善した。その際の掴み損ねの原因は干渉ゴムの不良によるものであったことから、掴み損ねの問題はハンドの設計変更によりほぼ解決したと考えられる。

また、荷重負荷に応じたアームの加減速制御機能の導入によって生地ねじ特有の潤滑油によるねじの振り落としも無くなった。

袋の問題はハンドサイズの変更と組精度の向上、新型ロボットの動作位置精度の向上、箱の供給排出方法の変更などの効果により、稼働後3ヶ月間では全く発生していない。

作業効率は、箱の供給排出方法をシリンダ方式に変更したことに伴い箱の供給排出に従来の2倍の時間を要しているが、ロボットの高速化や新機能の導入効果などによって箱詰め作業工程全体の所要時間は従来よりも15%短縮（同速度のロボットを使ったメッキ専用の2号機に比べても5%短縮）された。



図9 新しく開発したねじの箱詰めシステムの全景

5 まとめ

初号機の老朽化に伴う今回の新システム開発では、これまでに蓄積してきた様々なノウハウを生かして、作業しやすい位置へ制御盤の配置換え(図10)や、ラックを設けてコンベア下に配線・配管を懸架、傾いた床に適当に置かれたロボットの座標系を周辺機器が配置されている座標系と一致させるための座標変換プログラム、ロボットハンド数の増設による作業対象範囲の拡大、安価且つ容易に製作できるように

設計変更された簡易ハンド置き台(図 12), ツールアダプタの材質変更(アルミ材から炭素鋼材に変更)による手首軸へのハンド取り付け向上と慣性モーメント剛性の向上, 操作ボタンスイッチ I/O 用有接点リレーの無接点半導体 IC 化, シグナルポールの LED 化など, 様々な変更を加え初期の開発コンセプトである低コスト・メンテナンスフリーを継承し, 高効率で使いやすいシステムとなった。

また, ハンド構造の設計変更による剛性と精度の向上, 新機能の導入などの効果により, 作業時間の短縮にも貢献した。特に生地ねじの掴み損ねと袋の問題を解決できたことは現場からも好評を得ている。

しかし, 初号機が担当していた包装 1 号ラインは, 大型ボルトの生地ねじ専用箱詰めラインであり, 生地ねじには錆の発生などの問題から潤滑油が多く付着している。このため, 一列に整列した複数本のねじを同時に把持した場合, ねじの規格内形状寸法の差異により掴み損ねが生じるのを防ぐために干涉ゴムを把持ハンドの爪部に用いる必要があり, 現在, 把持動作に伴うゴムの劣化などにより月 2 回程度の交換作業を行っている。今回の開発に伴う改善によってトラブル対応やメンテナンス作業がほぼ不要となったため, 現場からはゴムの張り替え作業の改善が強く求められており, 今後, 材質の見直しや貼り付け方法の再検討, 油ぎれを良くしたハンド構造の考案などを行い, 交換回数の低減を図っていく必要がある。

また, 今回の開発成果を同様の作業を行っている機種・機能の異なるメッキ専用の 2 号機に如何に反映させて作業効率の向上に結びつけていくかも検討が必要であろうと思われる。

参考文献

- 1) 平尾友二・大家好太郎:「ネジの箱詰めシステムの開発」, 徳島県立工業技術センター研究報告, vol.2, 69-73(1993)
- 2) 平尾友二:「ロボットによるパッキン詰め作業の自動化」, 徳島県立工業技術センター研究報告, vol.5, 29-34(1996)
- 3) 平尾友二:「ねじの箱詰めシステム 2 号機の開発と 1 号機の機能向上」, 徳島県立工業技術センター研究報告, vol.7, 119-120(1998)

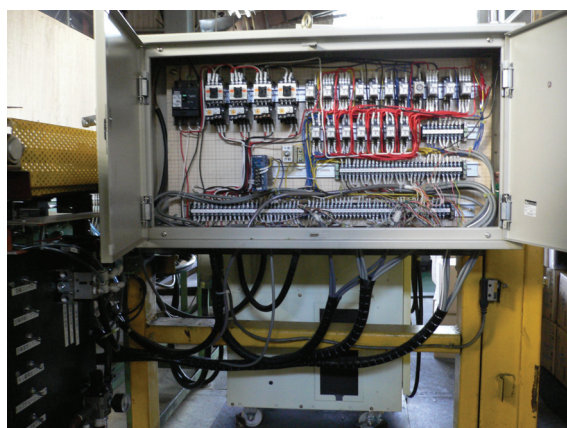


図 10 取り付け位置を変えた制御盤



図 11 従来のハンド架台と 4 種の箱詰め用ハンド



図 12 簡易架台と 6 種の箱詰め用ハンド

- 4) 平尾友二・大家好太郎:「ねじの小箱詰めロボットシステムの開発」, 平成 13 年度徳島県立工業技術センター業務報告, 52(2001)
- 5) 久保田哲也・他:「生産性向上に向け進化するロボット」, 川崎重工技報, 第 163 号, 32-35(2007)