

トピックス

構体の長尺部品製造における安全性向上とコスト低減に向けた取り組み

生産本部 生産管理部

1 はじめに

鉄道車両構体には、約20mになる長尺の部品が数種類使用されているが、これらの部品を製造するにあたり、ロールフォーミングという装置を用いて加工を行っている。

ロールフォーミングとは、形状の異なる円形状の金型（成形ロール）を複数個連続して配置し構成されたロールフォーマという部分にコイル状の鋼板を通し、徐々に材料を送りながら成形することにより、必要とする断面形状で任意の長さに加工作ることが可能な装置である（図1）。

プレス加工などでは、長尺の製品を加工することは困難となるが、ロールフォーミングは、プレス加工と比較して、長尺の部品を精度良く安定的な加工が可能で、かつ、加工速度が速いという利点がある。

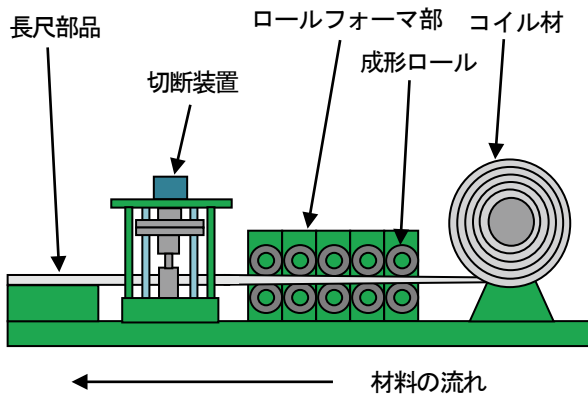


図1 イメージ図

加工と切断を繰り返していくと、最終的にコイルエンドやデータエンドで必要な寸法を満たすことのできない部分が残材として残ってしまう。

材料の送り装置の構成上、材料が長尺の状態では、多くのロールの送り力が働くため、材料はスムーズに移動させることができる。

しかし、材料が残材のように短尺な状態では、材料に接するロールの数が少なくなり、送り力が減少してしまうため、残材を自動で送り出すことができなくなる（図2）。

その場合、作業員が人力により残材を引き抜く作業を行っていたが、作業場所や作業姿勢が悪く、安全上の課題があるとともに、残材ではあるが重量物であるため、作業負荷も高く時間を要するため、コスト面においても改善が望まれていた。

そのことから、安全面、コスト面の両面における課題解決を目指し本テーマの取り組みを行った。

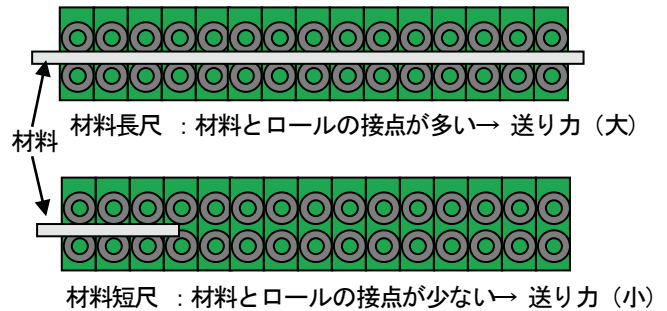


図2 材料の長さに対する送り力

2 従来の問題点

従来の残材引き抜き作業は、作業員がロールフォーミング装置の近傍でロールフォーマのペンダントスイッチの操作によりロールを送り方向に回転させながら、残材の引き抜き作業を作業員2名で行っていた。

そのとき、ロールフォーマの送り速度と作業員の引き抜き速度が異なる場合、ロール上でのスリップ等により、ロールの表面にキズをつけてしまうリスクがあった（図3）。

ロール表面のキズは、製品の品質に大きな影響を与えるため、補修や損傷が著しい場合は取替えが必要となり、多大なコストがかかるためキズの発生は回避する必要がある。

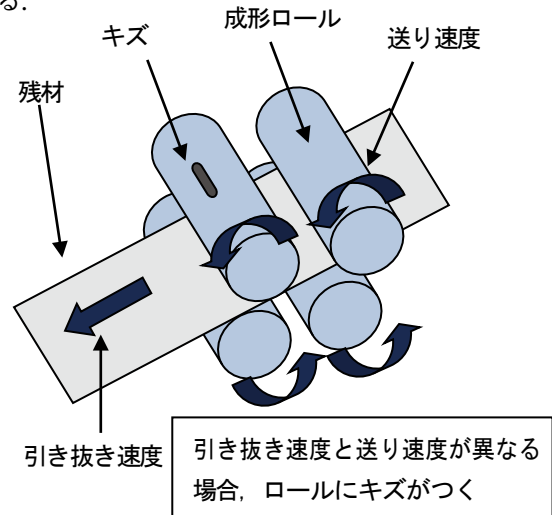


図3 残材の引き抜きとローラの送り速度

3 開発の目的と概要

残材の引き抜き作業では、前述したとおり、安全性の向上と作業コストの削減が課題となっていた。それらの問題点の解消にむけて、自動化を進め、安全で効率的な残材の引き抜きが可能となる機構の開発に着手した。

3.1 対象部品の選定

構体の製造に使用される長尺の部品は屋根部、側面部、床部に6種類使用されているが、全ての部品に対応することができなければ課題は依然として残ることになるので、形状の異なる6種類の部品を対象とした。図4に一例を示す。



図4 長尺部品の一例

3.2 自動化にむけての検討

安全性の向上と作業負荷低減によるコスト削減の両面を実現するには残材の引き抜き作業の自動化が必要となるためその検討を進めた。

人が手で引く力については、目安として図5から（約130N／一人）×2人=260Nとした。

また、残材引き抜きの自動化の検討を行うに当たり、既存装置の有効活用も視野に入れ進めた。

既存装置には部材の切断装置が組み込まれており、

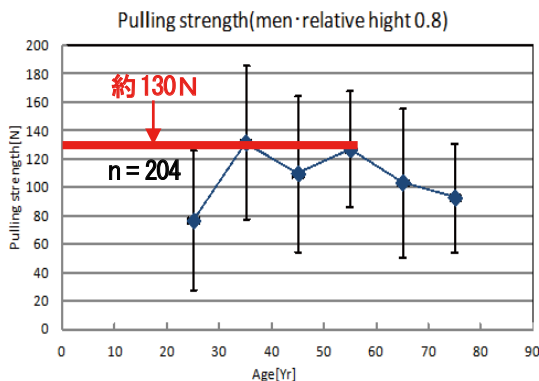


図5 操作グラフ 手で引く力（男性）⁽¹⁾
高さ：肘－頭高さ×0.8

NC制御による上下の切断機能と前後の移動機能が備えられているが（図6）この機能を有効に活用することにより製作コストの削減が見込めることから、切断装置に新たに付加価値つけ残材を引き抜く機構を構築することとした。

切断装置の前後移動の推進力は約10kNであり前述した人が手で引く力（約130N／一人）×2人=260Nをはるかに上回り、十分な推進力（引く力）を有している。

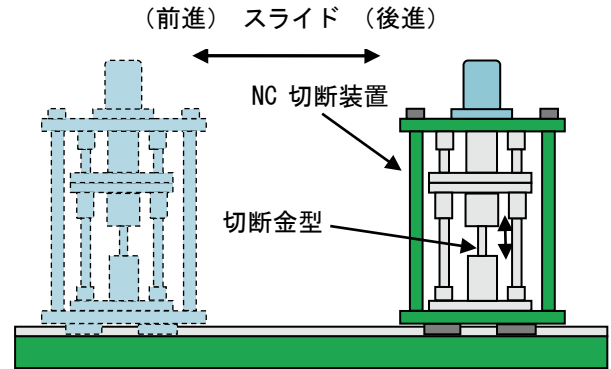


図6 切断装置部

3.3 新たに設けたクランプ機構

残材を引き抜く方法として切断金型の切断力を調整し、残材をクランプして引き抜く方法も考えられるが、この場合切断金型を損傷させるリスクも想定されることから、切断金型は使用せずに切断装置に新たにクランプ機能を追加し、既存のスライド機構と併用して引き抜く構造とした（図7）。

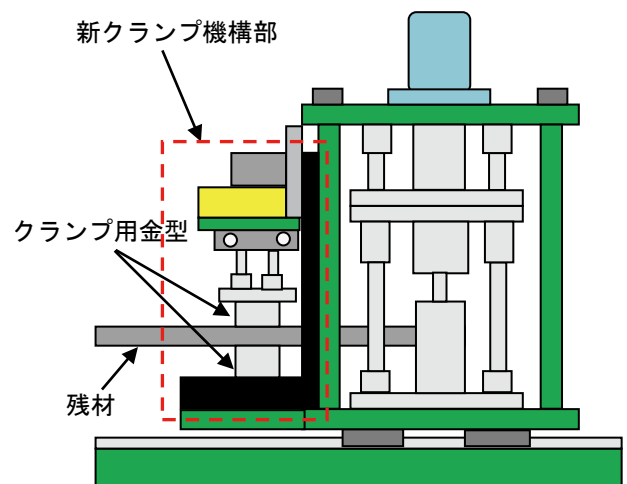
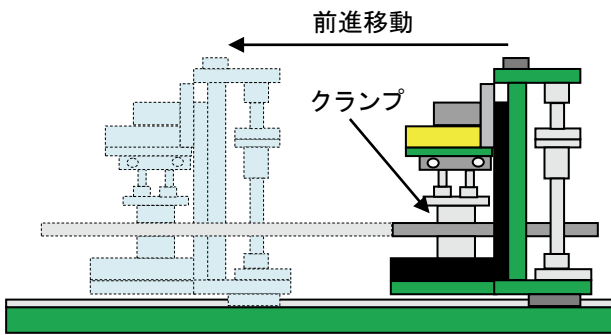


図7 新クランプ機構部

3. 4 引き抜き機構の概要

引き抜き機構を用いた引き抜き工程を図8に示す。材料のコイルエンド、またはデータエンドの残材の板端を検出した後、任意の位置まで残材を通す。その後、引き抜き機構を起動し、材料のクランプ→NC切断装置の前進→残材のアンクランプ→NC切断装置の後進を繰り返し、残材を引き抜く(図8 ①②を繰り返す)。

① 残材をクランプし前進する



② アンクランプし後進する

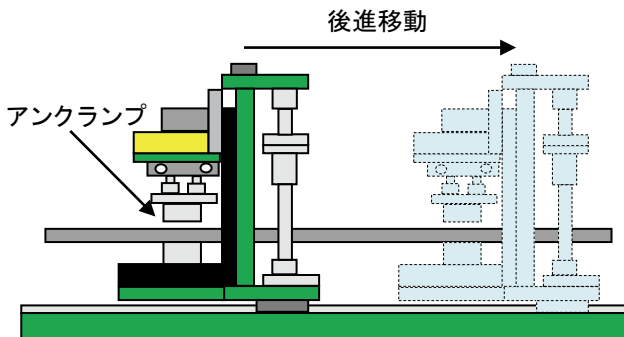


図8 残材の引き抜き工程

3. 5 クランプ用金型

クランプ用金型の形状は製作する部品の断面形状に合わせてあるが、引き抜きをより確実にを行うため、上下の金型に凹凸を設けて、残材に完全に穴を開け上金型の凸部が貫通した状態で引く抜く構造とした。

しかし、この方法では、残材を確実にクランプし、引き抜くことは可能となるが、引き抜いた後、アンクランプしたときに残材が上金型の凸部から開放されず、金型の上昇とともに持ち上がってしまう現象が起きてしまう(図9)。

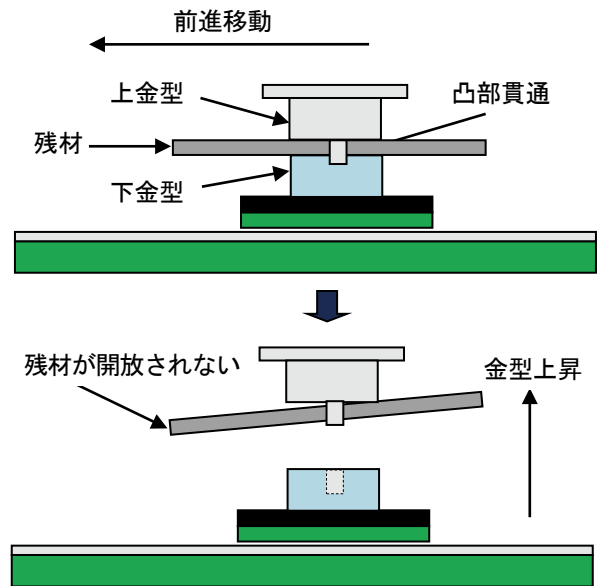


図9 金型凸部貫通によるクランプ

3. 6 クランプ用金型の改良

残材をクランプする際に確実に残材を保持、開放することが自動化にむけての必須条件になる。

前述した残材を引き抜いた後、上金型上昇時に残材が開放されないという課題を改善するために金型の凹凸の形状を変え、凸を貫通させず、残材に窪みをつける程度の形状とし、残材のクランプと同時にエンボス加工が可能な構造とした(図11)。



図10 エンボス加工

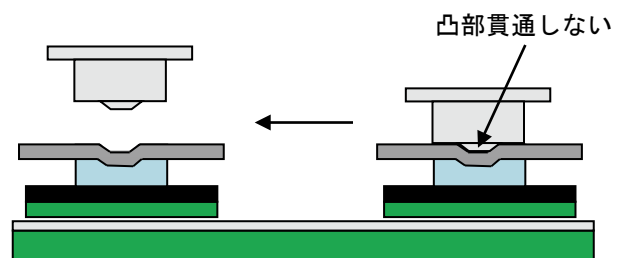


図11 金型凸部を貫通させないクランプ

クランプ部をエンボス加工としたことにより、上金型上昇時に残材が上金型とともに上昇してしまうという状態は改善され、円滑に開放することが可能となった。

3.7 引き抜き速度とロール送り速度の同調

残材を引き抜く速度とロールフォーマの送り速度が異なる場合、ロールにキズをつけてしまうというリスクもある。

その対策として、NC切断装置の移動速度とロールフォーマの送り速度を同調させる機構とした(図12)。

そのことにより、スリップ等の現象を防止することが可能となり、ロールの損傷を回避することができた。

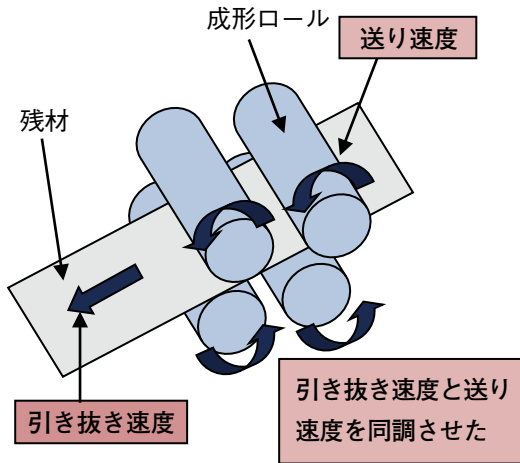


図12 引き抜き速度と送り速度の同調

一連の動作をフローチャート(図13)に示す。

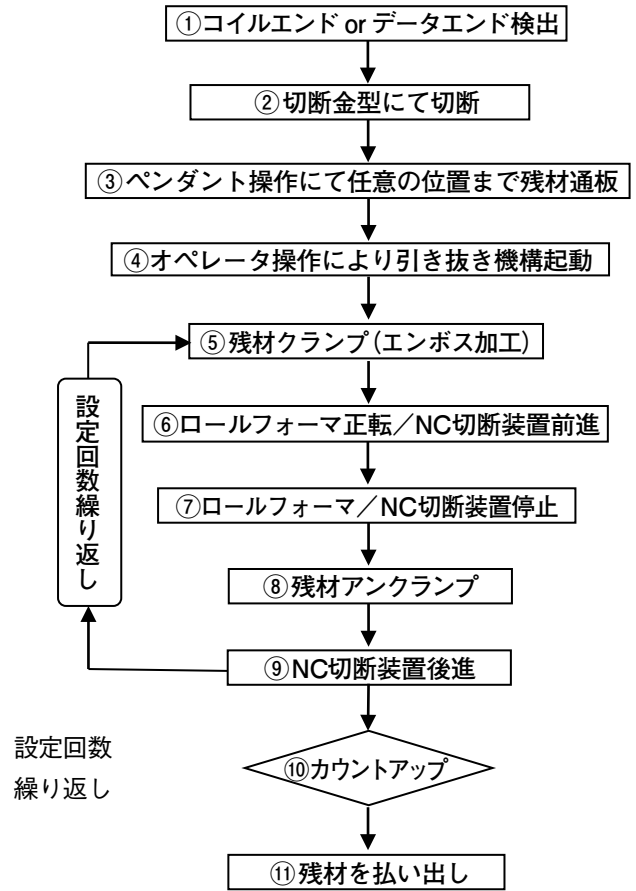


図13 引き抜き作業フロー

4 試験結果と効果の確認

6種類の異なる形状の構体部品に対し、それぞれの形状に対応した金型を製作し試験を行った。いずれの種類においても、残材のクランプ、残材の移動、残材のアンクランプの一連の動作で異常は認められず、良好な試験結果が得られた。

それにより、残材引き抜き作業で大幅な自動化を実現でき、作業姿勢の問題や作業負荷に対してなど、作業環境の改善ははかられ、安全性の向上につながった。

また、作業時間については、全6種類中3種類について大幅な改善をはかることができた(表1)。

表1 作業時間短縮一覧

構体部品種別	改善効果
構体部品 A	▲83%
構体部品 B	▲83%
構体部品 C	▲70%
構体部品 D, E, F	▲ 0%

5 まとめ

本開発を遂行してきた中で、各種の検討と対策の実施、試験、検証を重ねた結果、これまで人手による作業で行っていたローフォーミングの残材引き抜き作業の自動化を実現し、当初の目的を達成することができた。

その結果、安全性の向上と作業時間の短縮に寄与することができたとともに、ロールフォーマとNC切断装置の速度を同調することで、スリップ発生の抑制も実現し、これによりロールに対するキズの発生を未然に防ぎ、修繕コストの抑制についても期待できる結果となった。

今後も現場作業における安全性、作業性の向上とコスト低減にむけて取り組みを進めていきたい。

参考文献

- (1) 独立行政法人 製品評価技術基盤機構 人間特性データベース 操作力グラフ 手で押す力・引く力 一部加筆
(西脇正, 鈴木正幸, 玉木将純, 山口敏明, 遠山肇 記)