

シャフトレススクリーコンベアの利用技術開発

Development of application technology for shaftless screw conveyor



前原 威

大分生産部
ロール整備課

Takeshi Maebara

製鉄所の圧延工程地区においては防災リスクの低減を主目的として、発生する廃グリスや廃油潤滑剤等の清掃回収が必須である。これらの清掃作業は一般的に 3K 作業と位置付けられており、少子高齢化を起因とした労働人口減少下においては省力化や作業環境改善の取り組みが不可欠となる。その対策の一環として 3K 作業の省力化に取り組むこととした。清掃作業において、作業負荷が最も大きかった運搬作業に着目し、シャフトレススクリーコンベアを活用して粘性の高い廃グリスなど圧送が困難なものであっても搬送可能な装置を開発した。

At rolling process section of ironworks, mainly to reduce the risk of accident, it is necessary to clean up and collect waste lubricating oil generated by this process. This cleaning work is generally considered as “3D work” (3D means dirty, dangerous and difficult), and it will be essential to take efforts on labor-saving and improving working environment under declining of working population derived from a falling birth rate and an aging population. To take measures with such situation, we've started to tackle on labor-saving of “3D work.” As transportation work is harder and heavier than any other works among cleaning process, with utilizing shaftless screw conveyor, we've developed the equipment with which we can carry even highly viscous waste lubricating oil that is difficult to force feed.

1. はじめに

ロール整備現場では「きつい」、「汚い」、「危険」な、いわゆる3K作業撲滅に向けた改善を行ってきた。今後、少子化による労働力の減少への対応は必要な事であり、特に3K作業においてその対策が強く求められるものと考えられる。当該職場ではこれまでも生産技術者、操業オペレータと連携し、技術改善・開発活動を通じて省力化や自動化を持続的に推進してきた。

(表1)

表1：生産部門の主な技術改善・開発取組

テーマ名	概要	主な効果	取組み時期
圧延ロール用ベアリング保全技術の開発	圧延ロール用ベアリングの保全強化を目的にベアリングに封入されているグリース中の鉄粉濃度を基準とした保全方式を開発し実用化。	・圧延中のベアリングトラブル発生頻度の低減	2010年
砥石運搬台車の開発(図1)	圧延ロール研削用砥石を運搬する専用台車を開発し実用化。	・運搬時の安全性向上と省力化	2012年
赤外線カメラの開発	クレーン操作において、熱間圧延中に発生する湯気で視界不良となる不安全な環境を解決するため専用赤外線カメラを開発し実用化。	・クレーン操作の安全性向上 ・圧延作業率の改善	2013年
ロールダメージ識別技術の開発	熱間圧延において、ロールが圧延材から受けるダメージ量の識別技術を開発しロール研削量の低減を実現。	・ロール研削工程のサイクルタイムの低減 ・ロールコストの低減	2014年
ハイスロール研削用高エネルギー砥石の開発	熱間圧延に使用されるハイスロールの研削能率の向上を目的に、専用砥石を開発し実用化。	・ロール研削工程のサイクルタイムの低減	2015年～2016年
高速圧延用オイルシールの開発(図2)	高速圧延においてもシール性を確保可能なオイルシールを開発し実用化。	・ベアリング潤滑油の油質改善でコスト低減	2017年～2018年



図1：砥石運搬台車開発事例

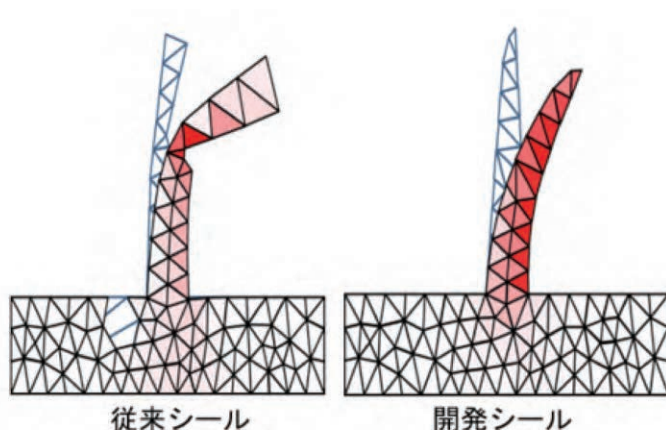


図2：高速圧延用オイルシールのFEM解析事例

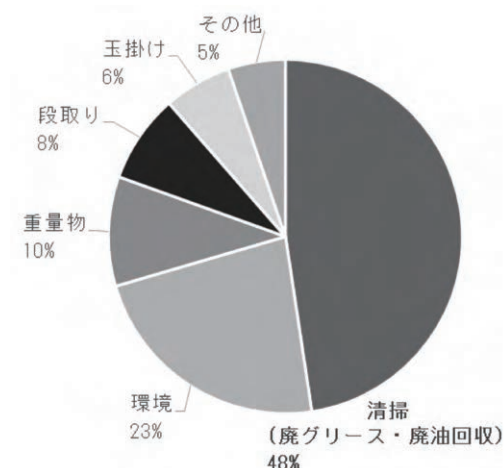


図3：ロール整備現場の3K作業内訳

2. 問題点の抽出

廃グリースや廃油回収の清掃作業における問題点を抽出し、作業環境、搬送、物性の3つの側面で整理を行った。

2.1 作業環境の問題

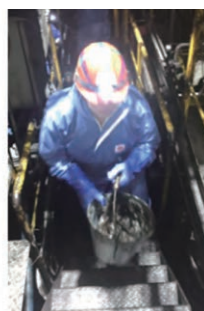
ロール整備現場における廃グリースや廃油回収の清掃作業を実施する環境は、主に作業中には立ち入ることのできない場所が発生源なので、作業を実施するタイミングは概ね月に2回の計画休止の際のみである。作業時間に制約があるので、作業中に発生した大量の廃グリースや廃油回収を集中して回収しなければならない。また、地下ピットや狭所での作業は、スパー



スコップによる回収



狭所で回収



地下ピットからの移送

図4：狭所での作業事例

スの制約から同時作業可能な要員数は1～3名程となっている。

(図4)

バッチ作業と、作業スペースの制約による作業環境上の問題を解決しなければならない。

2.2 搬送の問題

ロール整備現場で発生する廃グリースや廃油回収の清掃作業でそれぞれの工程での作業負荷の調査を行った。地下ピットや狭所では、回収した廃グリースや廃油を運ぶ際の階段の昇降や回収容器への投入を行っている搬送工程で、最も作業負荷が大きいことが分かった。(図5)

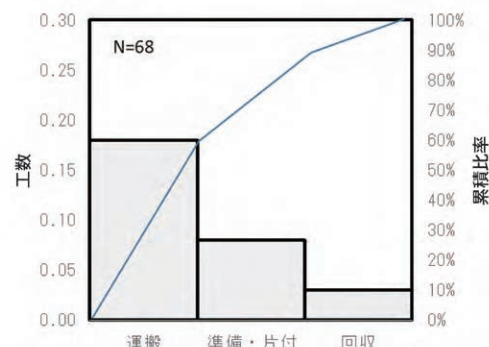


図5：工程毎の作業負荷

2.3 物性の問題

ロール整備現場で発生する回収物の状態はスラリー状や固体状など様々な状態であることが分かった。(図6)

具体的にはドライ域ではロール旋盤の切粉、ペンジュラー域で

はロールグラインダーの研削ダスト、キャピラリー域では廃グリース、スラリー状では廃油が挙げられる。回収物の状態のばらつきが大きいことが省力化や自動化を阻害している大きな問題であることが分かった。

	ドライ	ペンジュラー域	ファニキュラー I 域	ファニキュラー II 域	キャピラリー域	スラリー
	さらさら	ばさばさ		ねばねば		どろどろ
	液相がない	液相が不連続	固相、液相、気相が連続	固相が不連続で気相がない	固相が不連続で気相がない	
状態						

図6：回収物の物性

2.4 開発目標の設定

以上の問題を解決するためには、広範囲な状態の回収物を様々な発生源で搬送可能な搬送機器を開発することが必要である。そこで開発目標を設定した。(図7)

評価項目	現状	開発の意図	開発目標	備考
転倒リスク	Ⅲ	搬送工程での転倒リスクを軽減したい	Ⅱ	
回収方式	バッチ式	防災リスクを軽減したい	連続式	
投入要員数 (工/回)	0.29	人的作業負荷を緩和したい	0.03以下	1か所当たりの要員
回収能力 (T/Hr)	0.1	サイクルタイムを短縮したい	0.2以上	キャピラリー域の能力
単体機器重量 (kg)	-	1名で可搬なものとした	20kg以下	

図7：開発目標の設定

3. 対策の検討

▶3.1 従来技術

ロール整備現場で発生する回収物は圧送または人力での搬送が主流となっている。特にキャピラリー域における搬送は人力が必要である。圧送では閉塞現象が生じ、スクリーコンベアでは供廻り現象が生じ、ベルトコンベアでは付着の問題があることからキャピラリー域の搬送は一般的に難しい。また、旋盤切粉などのホースの破損、摩耗につながる状態は主にベルトコンベアの場合に発生している。

コンベア方式	圧送	ベルト	スクレーパ	スクリー
概略図				
粘着物質搬送性能	×	×	○	○
傾斜搬送性能	◎	×	○	◎
可搬性	○	○	×	△
イニシャルコスト	◎	○	×	○
ランニングコスト	○	○	○	◎

図8：搬送方法の比較と選定

▶3.2 対策立案

運搬が可能で、スラリーから圧送困難な固体までが搬送可能な方式の選定を行うために比較を行った。スクリーコンベア方式が最も有望であった。(図8)

更にスクリーコンベアの方式を比較した。可搬性の観点から小型化が可能なシャフトレススクリーを選定することとした。(図9)

表中記号 ◎ 良好 ○ 概ね良好 △ 問題あり × 不適

シャフトレススクリー
◎
◎
○
△
○

図9：スクリーコンベア方式の選定

4. モデル実験による検証

▶4.1 仮説の導出

市販されているシャフトレススクリーコンベアは一般的にプラントの一部として固定設置されるものが多く大型となっている。開発目標を満足する小型軽量で可搬性があり、様々な物性を搬送可能とする汎用性のあるものは無かった。そこで、現象を支配している物理法則を仮定しスケールダウンを検討した。

(式1) (式2) *1

$$Q=60 \cdot \phi \cdot \{\pi \cdot D^2/4\} \cdot S \cdot N \cdot \gamma \quad (\text{式1})$$

Q (ton/Hr) : 運搬能力

D : スクリューの外径

S : スクリューピッチ

N : スクリュー軸回転数

ϕ : 断面効率

γ : 運搬物比重

$$P=(K \cdot Q_{\max} \cdot L)/362 \pm (Q_{\max} \cdot H)/362 \quad (\text{式2})$$

P (kW) : 所要動力

$Q_{\max}$: 最大運搬能力

L : スクリューコンベアの機長

H : スクリューコンベアの揚程

K : 輸送物の性質により定まる実験係数

*1 2000年3月 技報堂出版

模型実験の理論と応用(第三版) 江守一郎・関本孝三他

2018年3月 一般社団法人日本粉体工業技術協会

粉粒体ハンドリング技術

を参考にした。

▶4.2 実証

仮定した相似比が合致するかの確認を行うために、市販のシャフトレススクリーコンベアをテスト機として搬送実験を行った。回収物は搬送が困難なキャピラリー域である廃グリースとした。(図10)

仮定と実験結果が概ね一致したため(表2)、式1・2を元に、開発目標を満足しうる搬送能力、完成重量等を考慮し、試作機を製作した(スクリー外径 $\phi 30$)。

当試作機を使用し、キャピラリー域である廃グリースによる実証実験を実施した。(表3)



図10：市販品での確認状況

表2：仮定と実験結果

評価項目	スクリー外径150 ϕ	
	仮定	テスト機実験結果
搬送能力(ton/Hr)	4.71	4.84
所要動力(kW)	0.47	0.50

表3：実機サイズの実験結果

スクリー外径30 ϕ	
仮定	実機サイズ実験結果
0.20	0.18
0.09	0.09

概ね想定通りの能力が発現したため、ロール整備現場で発生する回収物の全ての状態で実証を行った。(図11)

その結果いずれのケースにおいても、搬送が可能であることが確認できた。

状態	ドライ	ペンジュラー域	キャピラリー域	スラリー状
回収物	旋盤切粉	研削ダスト	廃グリース	廃油
搬送状況				
供回り	なし			
噛み込み	なし			
傾斜搬送	垂直～水平で搬送可能			

図11：回収物毎の搬送性能

5. 効果

開発目標を概ね達成しているので、エンジニアリング部門の協力の下で図面化し量産を行い実作業に展開した。達成状況を(表4)に導入事例を(図12)に示す。

表4：開発目標の達成度
表中記号 ○ 達成 △ 達成率80%以上

評価項目	現状	開発目標	達成状況	
転倒リスク	Ⅲ	Ⅱ	○	Ⅱ
回収方式	バッチ式	連続式	○	連続化
投入要員数(人/回)	0.29	0.03以下	○	0.02
回収能力(T/Hr)	0.1	0.2以上	△	0.18
単体機器重量(kg)	—	20kg以下	○	18kg



図12：導入事例

6. おわりに

開発した小型シャフトレススクリーコンベアの実用性と3K作業への展開について述べてきました。今後は量産機実験を重ねて、より汎用性のある機器となるように機能向上を図り、ロール整備現場のみならず社内展開を視野に入れ、3K職場の環境向上に貢献いたします。

最後に、本件についてご指導頂いた生産事業部、大分支店の関係者の方をはじめ、機械事業本部、ロボティクス事業部、技術総括部の皆様には深く感謝申し上げます。

お問い合わせ先

生産事業部 企画管理部

TEL 03-6860-6613