

磁石応用の自動鋼板搬送装置

Magnetic Handling of Steel Sheet Conveyance

平岡 満 登* 坂口 博 之*
 Michito Hiraoka Hiroyuki Sakaguchi

石坂 竜三郎* 中山 泰 一*
 Ryūzaburō Ishizaka Taiichi Nakayama

要 旨

鋼板運搬合理化のため各種の自動搬送装置があるが、磁石を応用することによりきわめて簡単な構造で、しかもスピードアップ可能な自動搬送装置が製作できる。本稿はこれらの使用例と技術上の問題点について述べ、需要家の参考に供するものである。

1. 緒 言

近年産業の合理化が強力に推進され、生産工程における運搬管理 (Material Handling) が注目されてきた。単に1工程1区画の自動化、専用化では満足されず、ラインの自動化、スピードアップにより生産性を向上させなければ激しい企業戦争に打勝つことができなくなった。

日立金属株式会社ではこの分野に対し、従来ほとんど試みられなかった磁石を応用した鋼板の自動搬送装置を開発し、すでに種々の機械を製作納入してその威力を発揮している。従来の鋼板搬送装置は一般に機構学的組合せによる機械装置が普通であったが、これらの方式では非常に困難とされていた微妙な動作を磁石を用いれば簡単に解決できる問題も少なくない。これらの装置に用いられる永久磁石の特長は設備が安価であり、維持費が不用であることおよび経年変化がほとんどないことがあげられるが、ON-OFFをひん繁に必要とする個所には不適で、この場合には電磁石が用いられる。このようにして永磁式と電磁式をうまく組み合わせることにより、その吸着力、場合によっては反発力を利用すれば、磁性体(特に鋼板)の運搬自動化が容易に行なわれる場合が多い。

2. 生産ラインへの応用例

2.1 シャーライン

コイル材からシャー、検査を経てパイリングまでの一連のシャーラインにおける磁石の使用は今や不可欠のものとなっている。図1は鉄鋼メーカーにおけるライン速度4.5m/sのシャーラインの一例である。サイドトリマー・レベラー・シャーを経て検査後パイリングする工程であるが、この間、鋼板を高速度で処理するための各種のマ

グネチックコンベヤが設置される。ペイオフリールからピンチローラへのかみ合わせでは作業に危険を伴うことが多く、遠隔操作により自動的にかみ込ませることが要求される。この案内としてピーラマグネットを用い、板を吸着してピンチローラへ送り込むと特に薄鋼板では非常に高能率、確実なかみ込みが可能になる。板の先端または最終切端の寸法不良品そのほかのスクラップはスクラップパイラへ落とし、多少の傷があり3級または4級品と判定された板はリジェクトパイラへ落とす。これらは検査員の出す信号で記憶装置に記憶され上下の電磁石が交互に働いて自動的に鋼板の進路が選択される。こうして表面、裏面ともに合格した鋼板は最終製品として製品パイラにより積層される。

2.2 スリッターライン

定尺板を切断するのに従来ギャップシャーが用いられていたが、近年この能率化のため gangs スリッターを使用する機会が多くなった。ところがこの場合切断板を1個所に積層する方法に難点があった。図2は能率化されたスリッターラインの一例を示したものである。シートフィーダで1枚ずつ送り出された鋼板はスリッターを通り、ランアウトコンベヤ上に乗移り、このコンベヤ上に直角に取り付けられた別のマグネチックコンベヤで自動的に、瞬間的に吸着されて直角方向に搬送され、1個所に積層されるもので従来の5~20倍程度の能率向上が可能になった。

2.3 プレスライン

プレスの自動化は一般には機械的方法が採られていたが、これらは動作が複雑で処理能力に制限を受けることが多い。図3はプレスラインの一例を示したものである。積層されたブランク材をシートフィーダで1枚ずつ取り出し、それを電磁石で吸引してプレス型上へ運び、プレス上で自動的にOFFにして板を落としたのち、電磁石

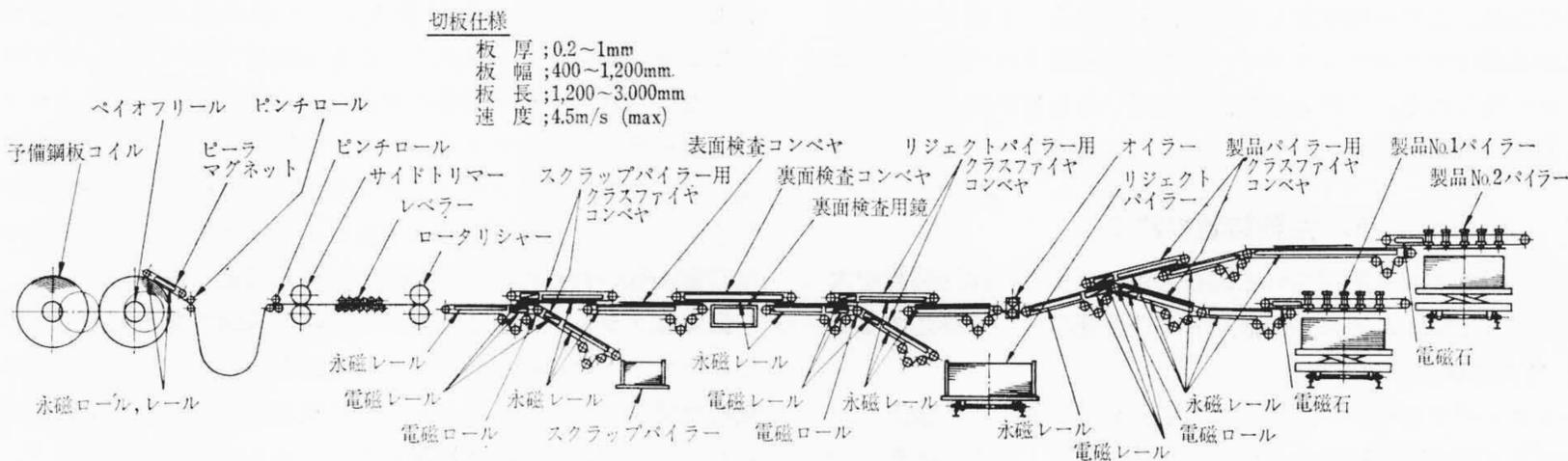


図1 シャーラインフローチャート

* 日立金属株式会社熊谷工場

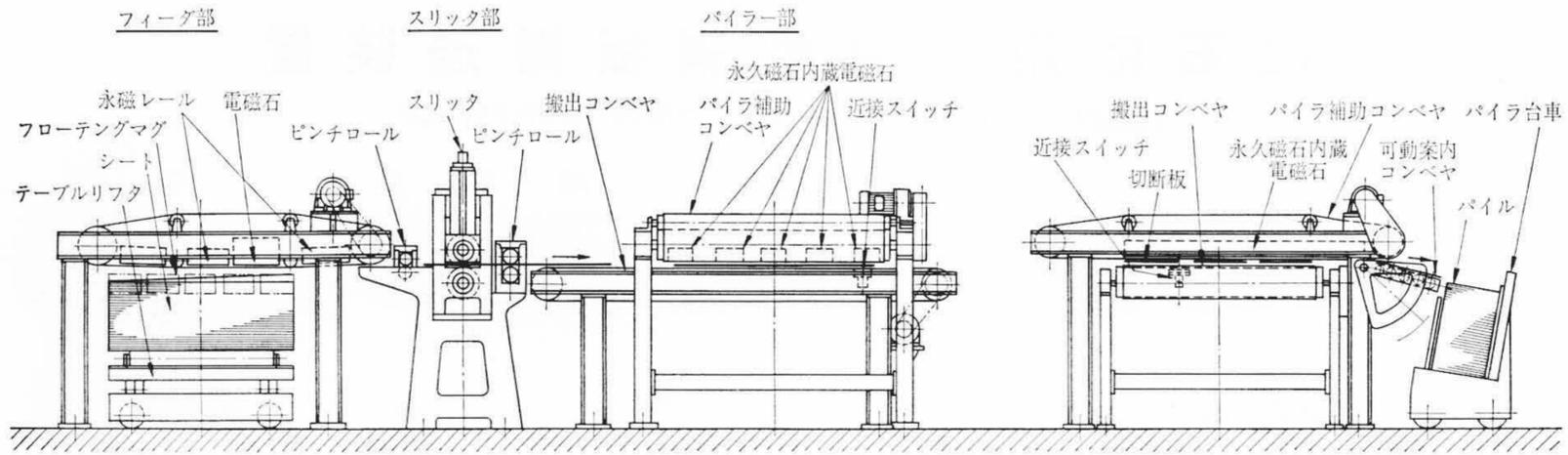


図2 スリッタラインの一例

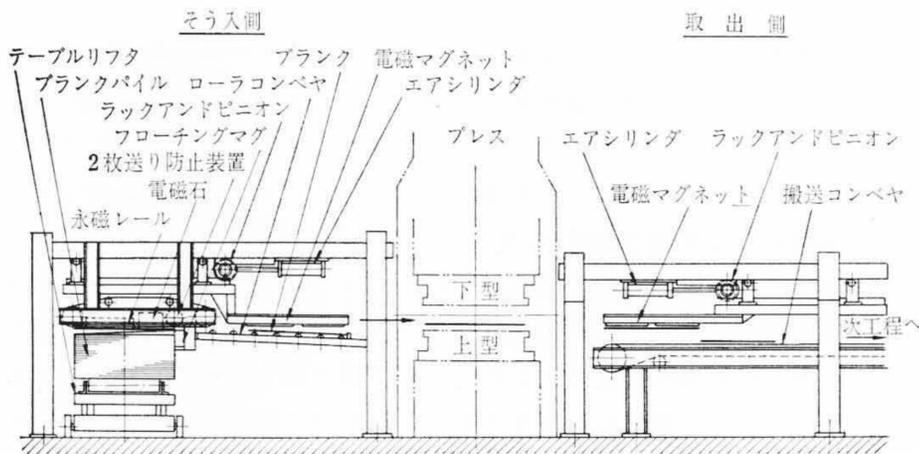


図3 プレス自動化ラインの一例

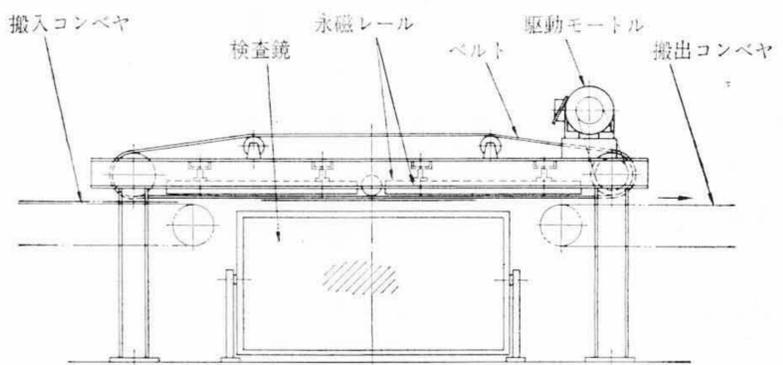


図5 薄板裏面検査コンベヤ

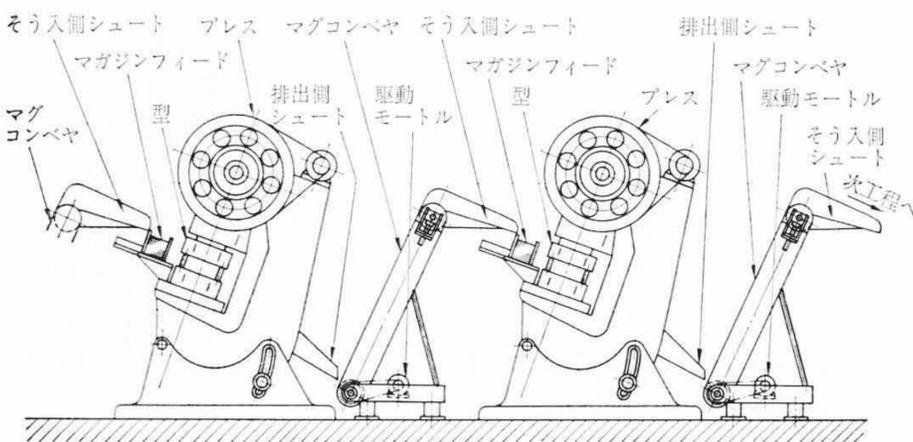


図4 マグネットコンベヤのプレスへの応用例

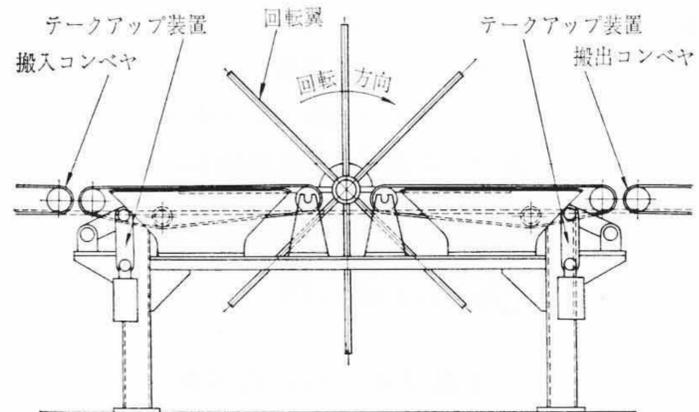


図6 反転装置の一例

はふたたびブランク上へ戻る。さらに製品取出側にも電磁石を設け、以上の動作と全く逆の動作をさせる。これらの動作をプレスストロークに合わせて連続的に行なえば1工程の完全自動化が可能になる。またプレスが多段式になれば各プレス間のトランスファマシンが必要になる。この一例を示したのが図4である。1次プレスが終わった加工品はマグネチックコンベヤで吸着搬送されて自動的に2次プレスへ送られる。このように磁石を用いると簡単にしかも確実な搬入搬出が可能になる。

3. 主要装置の詳細

前述の生産ラインに使用される磁石応用の自動鋼板搬送装置を大略次のように分類し、それらの構造および性能について詳述する。

3.1 マグネチックコンベヤ

ベルトコンベヤのベルト裏面に永久磁石または電磁石を設置し、鋼板をベルト面に吸着搬送する構造であり、ベルト面での吸着力のためにベルト上で踊ったり、スリップする現象がない。これは特に100 m/min以上の薄板高速搬送に有効である。

図5は2.1で述べた裏面検査コンベヤの詳細図である。従来図6

に示すような反転装置が用いられ、鋼板を機械的に反転していたが、この方法では搬送速度が遅いことおよび反転時の鋼板表面に傷が発生することなどの欠点があった。ここに図で示すようなマグネチックコンベヤを用い、コンベヤで運ばれた板をベルト下面に吸着し、45度傾斜させて設置した検査鏡により板の傷の有無を検討することにより、非常にスムーズでしかも大幅なスピードアップが可能になった。これは一般に薄板に使用されるが、厚板になるとマグネチックローラを使ったローラコンベヤ式にする場合もある。図7は前述のマグネチックコンベヤに使用される永久磁石レール性能の一例を示したものである。吸着力は板厚にほぼ比例するが、薄板の場合は自重が軽いので比較的低い磁力で吸着可能である。

図8はクラッシュファイヤコンベヤの拡大図である。上コンベヤおよび下コンベヤに取り付けられた電磁石のどちらかを励磁すると、鋼板は励磁されたほうのコンベヤに吸着搬送される。電磁石のタイムコンスタントは電磁接触器を含めても5/100秒以内であり、鋼板の処理能力に比べほとんど問題にならない。

これらマグネチックコンベヤにおいて磁石によって鋼板を吸着するため搬送する鋼板の使用によっては残留磁気を問題にする場

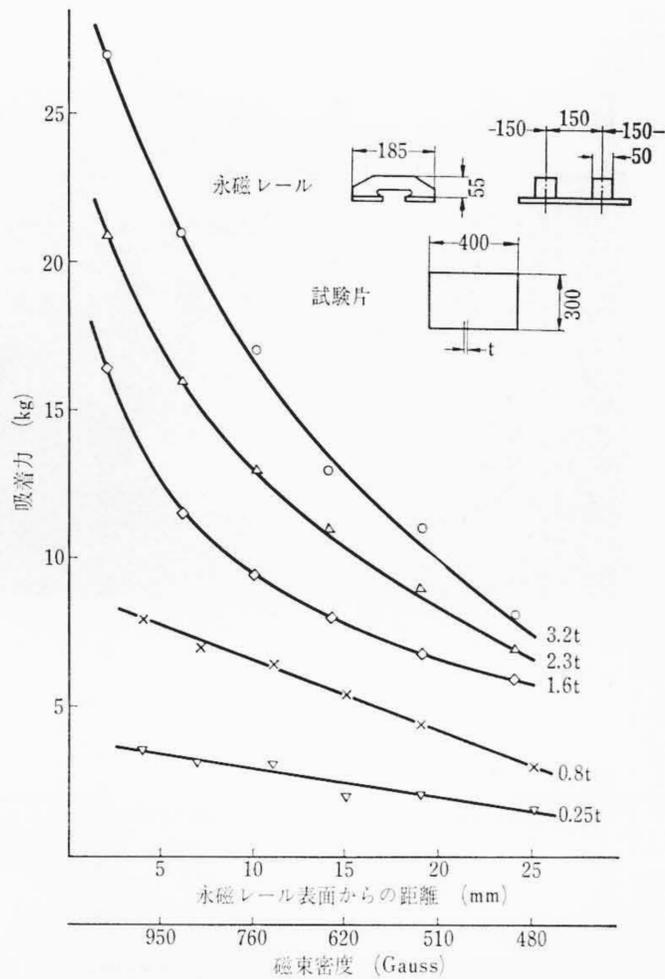


図7 永磁レールの吸着力

表1 特殊合金鋼の残留磁束密度

種	類	記号	ヤスキ規格 記号	残留磁束密度 (Gauss)		
				着磁界強さ 800G	着磁界強さ 1,200G	飽和着磁
炭素	工具鋼	SK-3	YC3	11.7	12.1	15.6
ステンレス	鋼棒 50種	SUS-50		5.3	7.3	10.1
ステンレス	鋼棒 52種	SUS-52		3.7	6.1	10.4
ステンレス	鋼棒 53種	SUS-53		7.4	8.9	13.1
クロムモリブデン	鋼 21種	SCM-21		3.3	5.7	9.4
ニッケルクロム	鋼 2種	SNC-2		7.3	8.5	12.7
ニッケルクロム	鋼 21種	SNC-21		1.9	3.0	4.2
高炭素クロム	軸受鋼 2種	SUJ-2		10.4	11.3	12.6
合金工具鋼	D 61種	SKD-61	DAC	9.4	11.5	13.0
(耐摩不変形用鋼)			CRL	11.7	12.1	13.7
合金工具鋼	S 2種	SKS-2	SA1	14.3	16.1	16.9

合がある。図9は構造用炭素鋼の場合の測定値であるが、鋼中のカーボン量に比例してその残留磁束密度は上昇する。この図中の着磁界強さ800 Gaussは日立金属株式会社設計における永磁レールの一般的値であり、1,200 Gaussは電磁レールの一般的値に相当する。日立金属株式会社においては残留磁束密度を7~10 Gauss以下を目標に設計している。一般に7~10 Gaussの磁力は虫ピンを吸引しない程度の磁力で、この方法が簡便なため広く現場作業で採用されている。特殊合金鋼に対する残留磁束密度は一般に高い。表1は各種合金鋼の残留磁束密度である。この表で示すように、材質により前記目標値を上回るものもある。これが用途により問題となるものについては脱磁工程をラインに付属させることも可能である。

3.2 シートパイラ

シャープライン、プレスラインなどの生産工程の最終工程では次々に送られてくる鋼板を積み重ねる作業が必要になる。従来この作業は鋼板を高速で送り出し、鋼板の先端をストッパーに当てて重ねる方法が普通であった。この方式の欠点はストッパーに直接当てるために鋼板の前端部が損傷しやすいこと、積層が不ぞろいになることさらに板寸法が大きくなると板上をすべらせるために板表面に傷が付くことがあげられる。これらの問題を解決したのが図10に示す磁石式シートパイラである。これは永久磁石レール（または電

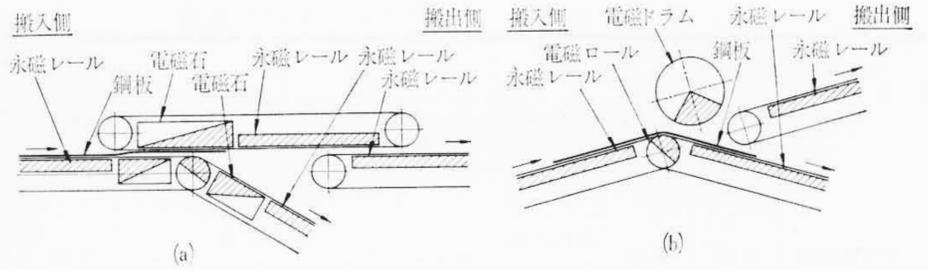


図8 クラッシュファイヤコンベヤシステム

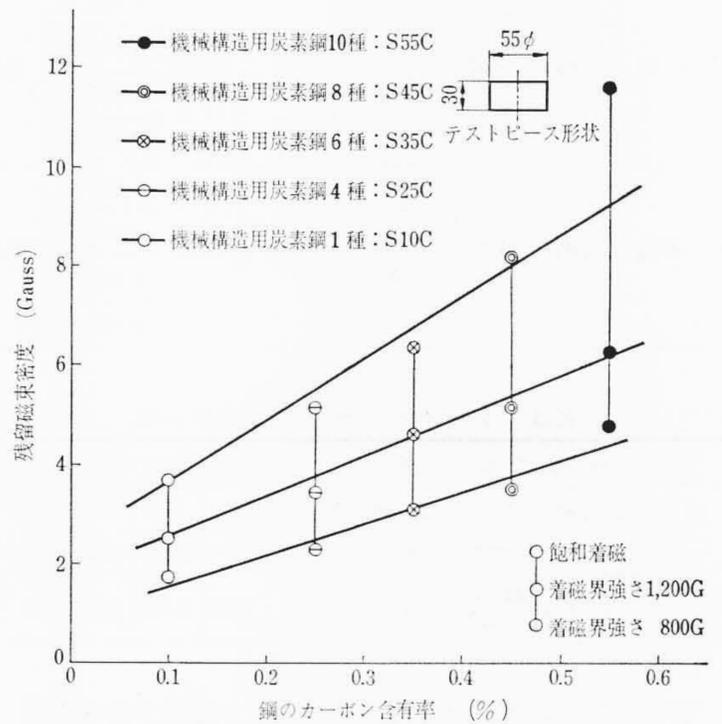


図9 機械構造用炭素鋼のC%-残留磁束密度

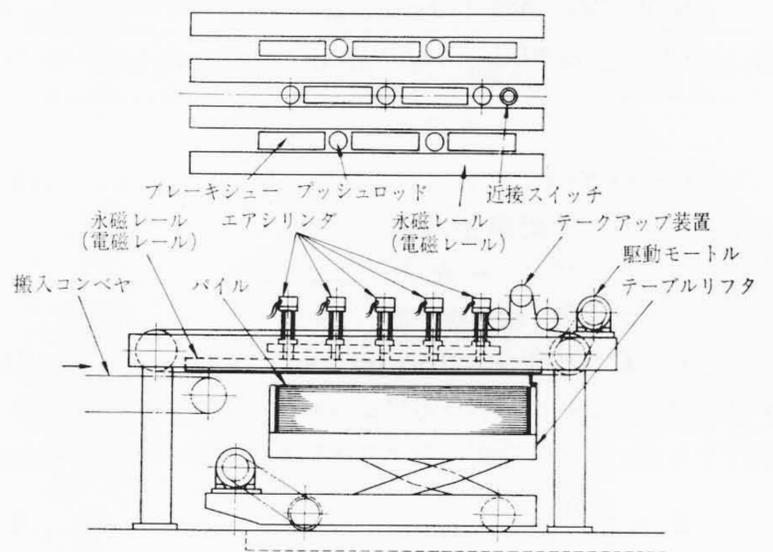


図10 シートパイラ

磁レール), ブレーキシュー, プッシュロッド, 油圧テーブルリフタそのほかで構成され、ベルトとしてはVベルト類のものをを用いる。ベルトはレールの下を走り、レール間からブレーキシューあるいはプッシュロッドが空気圧または油圧によって押し下げられる。搬送されて来た鋼板の先端を永磁（または電磁）レールで吸着搬送し、一定の位置で近接スイッチが働くとシリンダが作動して鋼板にブレーキがかかる。このブレーキ面圧は磁石の吸引力で保持し、さらにプッシュロッドによって磁力範囲外に押し下げて落とす。このプッシュロッドによる押し下げ装置の代わりに磁気レールを電磁式とし、電流をOFFにすることにより鋼板の自重で落下させることもできる。

シートパイラのブレーキ材料の必要条件として、鋼板の運動エネルギーを吸収すること、鋼板に有害な傷を与えないこと、耐摩耗性を有することなどがあげられる。一般制動用ブレーキではブレーキ容量 C ($\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}\cdot\text{cm}^2$: ブレーキ単位面積当たりの吸収動力) は

表2 シートパイラ用ブレーキ材の性能

ブレーキ材 鋼板	合成ゴムシート			ポバールシート			フェルト		
	静止摩擦係数	運動摩擦係数	ブレーキ圧 (kg/cm ²) 傷の発生	静止摩擦係数	運動摩擦係数	ブレーキ圧 (kg/cm ²) 傷の発生	静止摩擦係数	運動摩擦係数	ブレーキ圧 (kg/cm ²) 傷の発生
冷間圧延鋼板	0.56	0.49	0.005 無	0.51	0.13	0.001 無	0.41	0.35	0.005 無
			0.010 無			0.010 有			0.010 無
			0.045 無			0.045 有			0.045 無
			0.080 無			0.080 有			0.080 無
ブリキ板	0.53	0.51	0.005 無	0.41	0.30	0.001 無	0.32	0.29	0.005 無
			0.010 無			0.010 有			0.010 無
			0.045 無			0.045 有			0.045 無
			0.080 有			0.080 有			0.080 有
カラー鉄板	0.65	0.58	0.005 無	0.58	0.52	0.001 有	0.39	0.35	0.005 無
			0.010 無			0.010 有			0.010 無
			0.045 有			0.045 有			0.045 有
			0.080 有			0.080 有			0.080 有

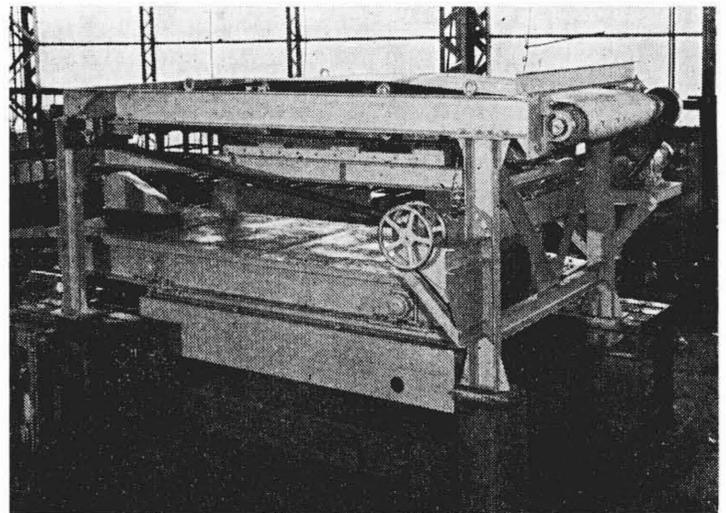


図11 シートフィーダ

表3 シートパイラ仕様寸法の一例

形式	処理鋼板寸法			ロット		装置寸法			ベルト	装置重量 (kg)
	厚さ (mm)	幅 (mm)	長さ (mm)	重量 (kg)	枚数 (枚/min)	幅 (mm)	長さ (mm)	高さ (mm)	速度 (m/min)	
HSP-I	0.7~1.2	805	850~1,500	5,000	70	1,500	3,500	2,200	60	3,500

表4 ガングスリッタ用シートパイラ仕様寸法の一例

形式	処理鋼板寸法			ロット		装置寸法			ベルト	装置重量 (kg)
	厚さ (mm)	幅 (mm)	長さ (mm)	重量 (kg)	枚数 (枚/min)	幅 (mm)	長さ (mm)	高さ (mm)	速度 (m/min)	
HSP-II	0.5~3.2	2,050	300~1,500	—	23~60	2,100	3,600	1,640	70	2,650

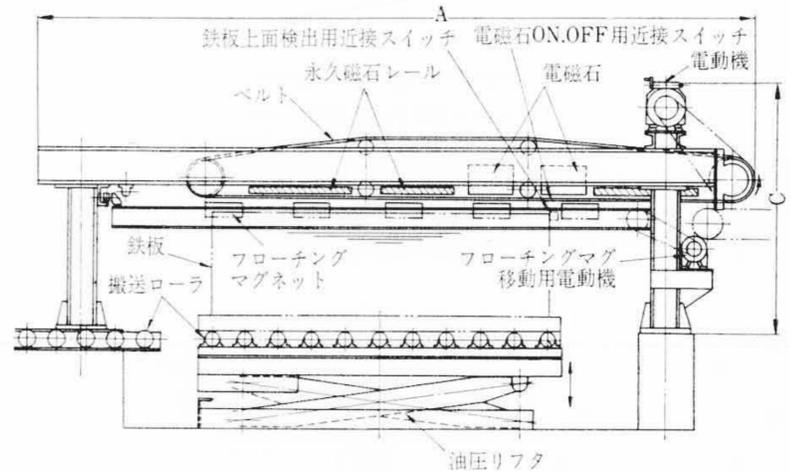


図12 シートフィーダ機能図

$$C = \mu \cdot p \cdot v \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 μ : 運動摩擦係数
 p : ブレーキ圧 (kg/cm²)
 v : 鋼板速度 (m/s)

で表わされ、 C の値を6~10 kg・m/cm²に、 p の値を2~5 kg/cm²にとるが、シートパイラ用ブレーキはこれより低い値で用いなければならない。また鋼板の有する運動エネルギー E_1 (kg・m)は

$$E_1 = \frac{1}{2} \frac{W}{g} \cdot v^2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 W : 鋼板重量 (kg)
 g : 重力加速度 (9.8 m/s²)
 v : 鋼板速度 (m/s)

であり、ブレーキにより消費されるエネルギー E_2 (kg・m)は

$$E_2 = \mu \cdot p \cdot A \cdot S \quad \dots\dots\dots (3)$$

A : ブレーキ面積 (cm²)
 S : 鋼板すべり距離 (m)

で表わされる。 $E_1 = E_2$ とし、シートパイラ装置をコンパクトに製作するため S の値を小さくとり、ブレーキ面積を求める。計算の一例として、3.2t-3'×6'板(自重42kg)を120 m/minで搬送された場合を想定すると $p = 0.05$ kg/cm², $S = 87$ mmとなる。ブレーキ圧は板寸法により変わる。表2は各種鋼板とブレーキ材の静止摩擦係数および運動摩擦係数の実測値を示し、ブレーキ圧により傷の発生する限界を示したものである。このように一般鋼板はもちろんのこと、カラー鉄板のような特殊な鋼板に対しても、ブレーキ材を正しく選ぶことによって従来のシートパイラに比べ傷つけることなく高速高能率な積層が可能になる。

表3はシートパイラ仕様の一例を、表4は2.2で述べたガングスリッタ用パイラ仕様の一例を示したものである。

3.3 シートフィーダ

鋼板を傷つけることなく自動的に1枚ずつ送り出すことを機械的に行なうのは非常にむずかしい。それは板と板が油で密着している場合が多く、まずこれをはがすのに良い方法がないことおよび鋼板に傷がつきやすいことなどの理由による。この問題を解決したのが磁石式シートフィーダである。図12はその機能図である。鋼板吸引として電磁石を鋼板先端部に取り付け、その前後には搬送用の永磁レールを取り付けて、全体をベルトコンベヤ内部に収める。他方磁石の反発力を利用した鋼板分離用磁石(フローティングマグネット)を鋼板両側に並べる。鋼板上昇は油圧式テーブルリフトによる。電磁石のON, OFFはコンベヤ内部に取り付けられた近接スイッチにより行なわれ、テーブルリフトの上限調整は鋼板の先端からわずかに離して設置した近接スイッチによる。まずパイリングシートのロットをローラテーブルで搬入し、フローティングマグネットを所定の位置にセットし、油圧リフトを作動させてテーブルを上昇させる。一定の位置にくると吸引用電磁石を作動させ、鋼板の前端を吸引し、同時に永磁レールによって全体を吸引する。吸着すると同時に電磁石はOFFになる。吸着した鋼板をベルトコンベヤで搬送し、ラインに供給し終わると鋼板の末端を検出して自動的に電磁石がはいる、次の鋼板が吸引される。以上の動作を連続的に行なうことにより高能率な自動搬出が可能になる。この磁石式シートフィーダには次の特長がある。

- (1) 2枚送りができない。
- (2) 無接点スイッチを使っているため、鋼板に傷がつかない。

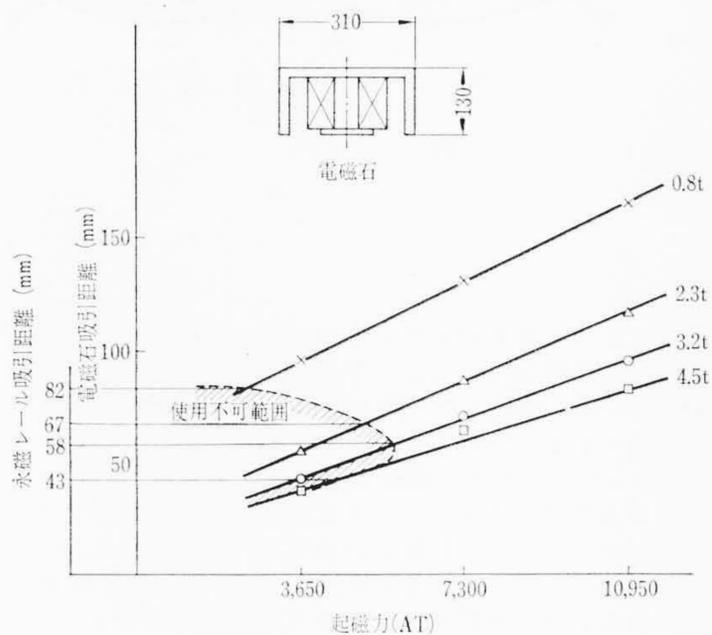


図13 起磁力による吸引距離の変化

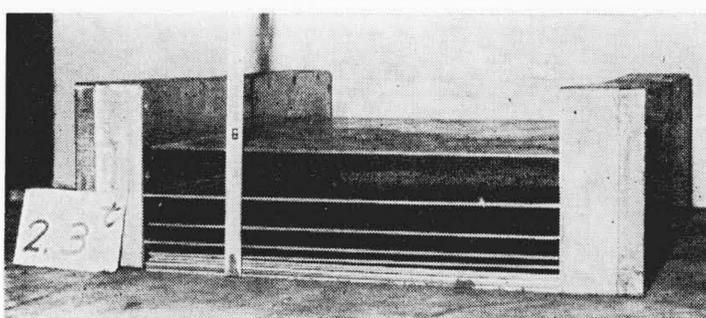


図14 フローチングによる鋼板浮上り現象

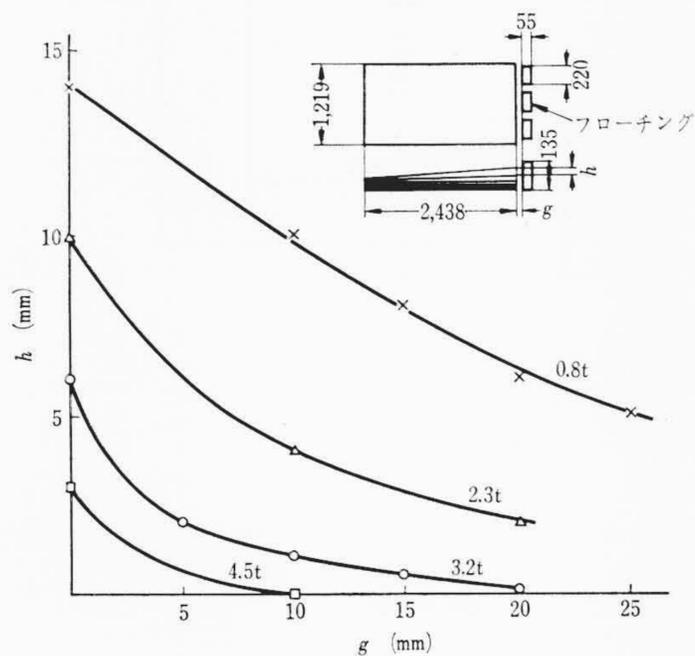


図15 鋼板浮上量

(3) 電磁石は吸引する瞬間だけ作用し、搬送は全部永磁レールで行なうため、電力消費が少ない。

(4) 全自動式であるため、無人化できる。

図13は電磁石起磁力による吸引距離の変化と永磁レールによる吸引距離も記したものである。図から板寸法によって必要な起磁力が推定できる。また斜線部は電磁石による吸引よりも先に永磁レールによって吸引されることを示し、使用不可能範囲を示している。

鋼板の2枚送り防止のためには鋼板を引きはがす必要がある。この目的のためにフローチングマグネットを用いる。磁石は同極同士は反発し合う性質を有している。これを利用したのがフローチングマグネットである。鋼板を近づけると磁石のN極に対して鋼板は全部S極に磁化され、S極に対しては全部N極に磁化される。したがって板同士が同極になるため互いに反発し合い、図14に見られるような浮上り現象を起こす。これは特に板同士が密着している場合に有効で、油を塗布した鋼板を積重ね、3tの荷重をかけて一昼夜放置後実験した結果、0.25~4.5t×4'×8'のいずれも非常に有効であるこ

表5 シートフィーダ仕様寸法の一例

形式	処理鋼板寸法			ロット		ライン速度 (m/min)	処理枚数 (枚/min)	装置寸法			電磁石容量 (kW)	装置重量 (kg)
	厚さ (mm)	幅 (mm)	長さ (mm)	高さ (mm)	重量 (kg)			幅 (mm)	長さ (mm)	高さ (mm)		
HSF	0.7~3.2	500~1,300	1,200~3,100	1,200	10,000	48~90	75	3,000	4,500	2,000	DC 200V 0.7	11,000

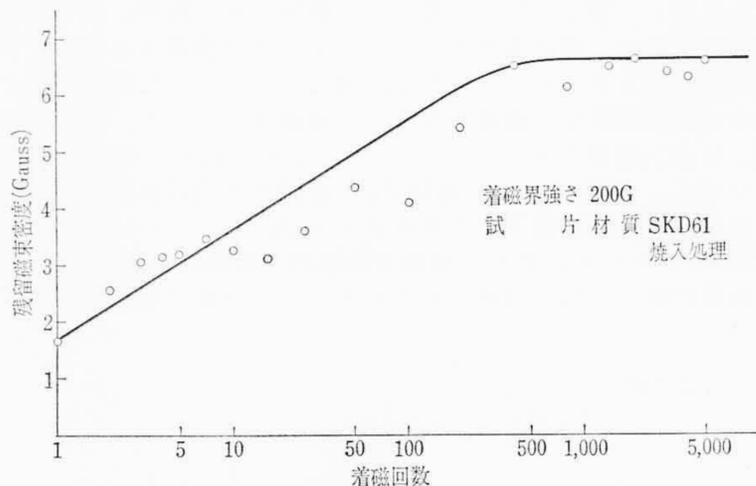


図16 焼入金型材の着磁回数と残留磁束密度

とを確認した。

図15にフローチングマグネットによる鋼板浮上量を示す。

なお、シートフィーダにおいてマグネチックロールとフローチングマグネットの間げきを1枚の鉄板のみが通過できるようにセットし、この間げきに鋼板を通過させ、完全な2枚送り防止装置を付すこともある。図3のシートフィーダはこの形式のものである。表5はシートフィーダ仕様の一例を示したものである。

3.4 材料そう入、取出装置

プレスラインにおける材料そう入取出機構の大略は2.3で述べたとおり、磁石を利用することによりきわめて簡単で確実に操作できる。電磁石の性能については図13により必要起磁力は推定できる。なおプレス金型の材質は特殊合金鋼を焼入れしたものが多いが、磁石を用いるため、金型の磁化を問題にする向きもある。プレス金型表面の磁界の強さはおよそ100~200 Gauss以下であり、この場合の実験によると図16に示すとおり、およそ500回磁石を出し入れすれば飽和する。そのときの残留磁束密度は7 Gauss程度であり、この値は前述したようにほとんど問題にならない。さらに磁気回路のくふうにより、電磁石の金型表面に及ぼす磁束密度を100 Gauss以下になるよう設計するのが普通である。

4. 結 言

以上磁石応用の自動鋼板搬送装置について概略を述べた。磁石を応用すれば従来の人手あるいは機械的方法よりも大幅にスピードアップが可能になり、設備費も安価になる。企業の合理化とともに今後磁石の応用はますますふえていくと思われるが、本文が磁石の理解に役立ち、今後合理化するに当たって少しでも需要家のご参考になれば幸いである。

終わりに需要家ならびに関係各位の適切なるご指導、ご援助に対し衷心より感謝する次第である。

参 考 文 献

- (1) 平岡ほか3名：日立評論 47, 1138 (昭40-6)
- (2) Rollin J. Parker, Robert J. Studders: Permanent Magnet and their Application
- (3) プレス技術 8, Vol.6, 1968
- (4) 石黒敏郎, 坪島茂彦, 宮川澄夫: 交直マグネットの設計と応用
- (5) 牧野昇: 最近の磁石とその応用 (昭33 マグネ社)
- (6) Raymond J. Roark: Formulas for Stress and Strain (1954)



特許第490123号(特公昭41-15080号)

笹間純也・富岡和之

電力変換器

この発明はホール効果を利用した電力変換器に関するもので、共振周波数においては共振回路の両端を流れる電流は電圧と同相である点を応用し、電圧回路より導かれた磁場回路に直列に新たに並列共振回路を設け、周波数特性の改良とPT側消費電力の減少との両方を満足しうるようにしたもので、図において、1は変換器で二次側はホール発電器2の制御電流端子に接続されている。3は負荷抵抗、 L_1 は発生磁場のインダクタンスで、これと直列に直列共振用コンデンサ C_1 、磁場のコイル抵抗 R_1 が接続され直列共振回路を形成し、さらに周波数補償用インダクタンス L_2 コンデンサ C_2 、電流制限抵抗 R_2 がそれぞれ並列に接続され並列共振回路を形成し、前記直列共振回路と直列に接続されている。この回路の全インピーダンス Z は

$$Z = R_1 + \frac{R_2}{1 + R_2^2 \left(\omega C_2 - \frac{1}{\omega L_2} \right)^2} + j \left\{ \omega L_1 - \frac{1}{\omega C_1} - \frac{R_2^2 \left(\omega C_2 - \frac{1}{\omega L_2} \right)}{1 + R_2^2 \left(\omega C_2 - \frac{1}{\omega L_2} \right)^2} \right\}$$

となり電圧位相と磁場の位相を同じにするためには

$$\omega L_1 - \frac{1}{\omega C_1} = 0$$

で、かつ

$$\omega C_2 - \frac{1}{\omega L_2} = 0$$

の条件を満足しなければならない。したがってこの条件が満足されるときインピーダンスは $Z_r = R_1 + R_2$ となり電圧と磁場の位相は同相となる。

しかるに共振周波数を f_r から f_s に変化した場合のインピーダンス Z_s を考えると

$$Z_s = R_1 + R_2 + j \left\{ Q_1 R_1 \left(\frac{f_s}{f_r} - \frac{f_r}{f_s} \right) - \frac{R_2}{Q_2} \left(\frac{f_s}{f_r} - \frac{f_r}{f_s} \right) \right\} = R_1 + R_2 + j \left(\frac{f_s}{f_r} - \frac{f_r}{f_s} \right) \left(Q_1 R_1 - \frac{R_2}{Q_2} \right)$$

となり

$$Q_1 R_1 = \frac{R_2}{Q_2}$$

という条件を与えれば周波数の影響を受けず常にコイル電流は一定でかつ電圧と同相な電流を得ることができる。したがって電磁気学の理論より $Hl = ni$, $B = Kni$ となり加えるべき磁束密度 B を一定とするとコイル巻数 n を多くするとコイル電流 i は小となり、 n を少なくすると i は大となる。加える電圧 E を一定として加えるべき磁場 B を一定とすると消費 VA を小にするにはコイル電流 i を小にしなければならないから上記より巻数 n を多くしなければならない。すなわち pn を多くし、コイル電流 i を小にすることにより所要の磁束を発生しめるとともに消費 VA を小さくすることができ、同時に周波数特性を良好にすることができる。(西宮)

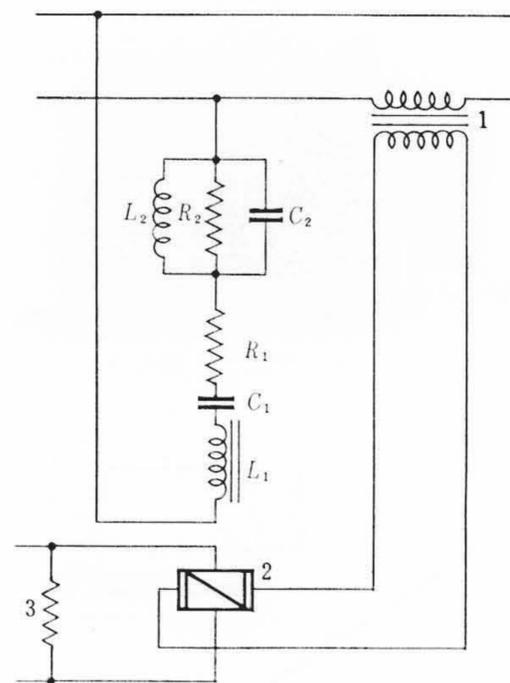


図 1

第31巻

目次

第5号

- グラフ / すこやかな明日のために
- 解説: 海水の淡水化
- ハイライト / 建設機械—シヨベル

- 今月の招待席 / 人工宝石 (東工大, 崎山範行)
- カラースポット / スクールライフ 展場
- PR コーナ: 豊川工場
- ルポ: つむぎ
- サイエンスジョッキー

発行所 日立評論社
取次店 株式会社 オーム社書店

東京都千代田区丸の内1丁目4番地
郵便番号 100
東京都千代田区神田錦町3丁目1番地
郵便番号 101
振替口座 東京20018番