

技 術 資 料

薄鋼板の連続焼鈍

平 松 一 允*

Continuous Annealing of Cold-Rolled Sheets.

Kazunobu HIRAMATSU

I. 緒 言

薄鋼板の連続焼鈍設備はその目的とする鋼板の種類によつて、ブリキ原板用、亜鉛鍍金原板用、ステンレス鋼板用、および珪素鋼板用に分類することが出来る。これらの設備はストリップの形で、加熱、均熱、冷却の焼鈍処理を行なう共通性はあるが、その構造面から堅型（塔型又は垂直式）と横型（水平式）に大別され、さらに単独パス式と多重パス方式に区分出来る。その他熱源の種類によつて、また加熱方法によつても区別することがある。

設備の能力は生産材の寸法とライン速度によつて広範囲にわたる。例えば 30 FPM 程度の低速から、2000 FPM の高速ラインまで、生産能力も 1 t/h から 60 t/h と多種あり、設備の構造もそれぞれに多岐多様である。

一般にブリキ原板用の連続焼鈍設備は、生産性の点から堅型の高速ラインが常識となつており、特に近年の米国においては 1750~2000 FPM の高速高能率設備が多数建設され今や米国のブリキ生産量の過半は連続焼鈍設備が供給しているといわれている。欧州には横型の設備も散見するがその能力の点で堅型のラインに遙かにおよばないといひ得る。

亜鉛鍍金用連続焼鈍設備はアームコ・ゼンジミア方式と呼ばれるものが最も有名でその数は 1958 年の第 5 回国際亜鉛鍍金会議議事録によれば、55 基のうち 31 基を占めている。この方式は 1936 年アームコ社バトラー工場において SENDZIMIR, OGANOWSKI 両氏が確立したもので、酸化炉と還元炉を組合わせた連続式亜鉛鍍金設備であり、ストリップは焼鈍または焼準処理の後鍍金浴に接続する。現用ラインは 25~300 FPM のライン速度で、#11~31 のゲージを通板して、10~30 t/h の生産能力がある。設備は横型に配列され先ず酸化炉によつて 400~450°C に直火加熱し、次いで還元炉により 730°C の焼鈍か、950°C の焼準が行なわれ、冷却帯にて 500°C に

冷却後亜鉛浴に入る。

ステンレス鋼板の連続焼鈍設備は前 2 者に比してストリップの幅が狭く低速である。最新の設備は堅型の単独パス方式を採り、短い炉長で所定の加熱冷却を完了するといわれる。現在稼働しているものは、30~150 FPM のライン速度で電気抵抗加熱式が多い。ステンレス鋼の品種によつて 800~1100°C の範囲に加熱される。

珪素鋼板連続焼鈍設備は横型水平式が汎用され、ローラー・ハース式とカタナリー式（懸垂式）に区分されている。加熱温度は品種とその目的によつて 800~1200°C の範囲にあるためライン速度は低速とならざるを得ないが 50~200 FPM となつている。加熱源にはラジエント・チューブを用いたガス加熱が多用され、電気抵抗加熱方法も採用される。堅型炉は U. S. スチール社に 1 例を見るが、この設備はブリキ原板用の低速ラインときわめて近似しており、250~450 FPM の作業速度である。珪素鋼板の場合は多重通板方式が採用されることが多く、すなわち同時に 2~3 本のストリップを並べて通板処理することによりその生産能力の向上をはかつている。

以上簡単に品種別設備の主要特徴を述べたが本稿では代表的という意味からブリキ原板用連続焼鈍設備について詳述をする。

II. ブリキ用連続焼鈍炉の概要

近年にいたつて急速な発展を遂げつつあるブリキ用連続焼鈍炉は 1936 年 Crown Cork and Seal Co., Baltimore のライン速度 75 FPM 堅型電気炉を工業的規模の嚆矢とする¹⁾。その後 1945 年カナダの Dominion Foundries and Steel Co., の 300 FPM 電気加熱炉が生産を開始してより連続焼鈍ブリキ材の研究が進められ、機械的性質の均一性、板の平滑性が良いことなどか

* 富士製鉄株式会社、広畑製鉄所冷延部

第 1 表 米国におけるブリキ用連続焼鈍設備²⁾

ライン速度	設備数	建設年度
300 FPM	1	1952
500	1	1957
600	2	1959
700	3	1955
800	2	1949, 1959
900	1	1955
1000	2	1951~1953
1200	3	1958~1961
1500	3	1960
1750	2	1961~1962
2000	6	1957~1961

第 2 表 ブリキ主要生産国の生産高³⁾(単位 10³t)

	ブリキ総生産量		電気ブリキ生産量	
	1955	1960	1955	1960
日本	179	443	71	305
アメリカ	4574	5249	3625	4885
イギリス	811	1192	251	757
フランス	296	597	53	304
ドイツ	222	338	56	153
カナダ	256	313	205	282
ソ連	192	335	0	100
イタリー	43	164	0	57
オランダ	61	158	0	78
ベルギー	91	132	63	87
世界合計	6926	9382	4325	7124

第 3 表 我が国ブリキ生産予想

(単位 10³t)

年度	昭和35	36	38	40
生産量	488	600	755	964

(通産省重工業局策定資料 S. 36. 2)

らバッチ式焼鈍法に勝るといふ結論が導き出された。以来各社こぞつて建設を計画し技術の向上と相俟つて次第に高速ラインの発達をみている。米国では第 1 表に示すごとくブリキ用連続焼鈍設備が稼働している。

現在では最高速度 1500~2000 FPM (45~60 t/h) のラインが標準となり、Weirton Steel Co., 1957 年建設 2000 FPM ラインを初めとして 11 連が稼働に入っている。

ブリキの生産高は 1960 年に世界生産量 938 万 t という空前の記録となり、一方我が国の総生産は 44 万 t を達成している。これを 1955 年の生産と比較すれば世界では 35% 強、我が国では実に約 2 倍半の増産となつている。第 2, 3 表参照。さらに電気メッキブリキの大幅な増産が目立ち 62.5% から 76% に、我が国においても

40% に満たなかつたものが 70% 弱にまで飛躍していることがわかる。また最近のアルミニウム業界との競合から高テンパー極薄ブリキの進出がある。これは 0.08~0.15 mm 厚さでテンパー度 (R_{30-T} 75~83) と規定され焼鈍は連続焼鈍炉によって行なわれる。このように電気メッキブリキの増産は連続焼鈍炉によるブリキ材の生産に負うところが大きく、その割合は、1957 年の 20% に過ぎなかつたものが、1959 年には 36%、1961 年には約 50% を占めるまで上昇している。

我が国の連続焼鈍炉によるブリキ材生産量は確実な数値の把握は難かしいが、増加の傾向にあつてアメリカにおける進展の歴史に一步遅れて伸長するものと推定される。

富士製鉄株式会社広畑製鉄所においては、昭和 33 年にブリキ製造設備を完成し、これと併行して関連工程の改造と強化が推進された。さらにブリキ品質のより高度の要求に応じるため昭和 34 年 6 月国内第 1 号機としての連続焼鈍設備の完成を見たのである。次いで翌年に八幡製鉄株式会社および東洋鋼板株式会社が建設を完了し、昭和 37 年 9 月日本鋼管株式会社が 1200 FPM ラインの操業を開始した。

連続焼鈍ブリキ材が何故に従来方式のものに比べて優れているかといへば、単に「均一な」性質にあると答えることが出来る。種々な利点を要約すれば、

1. 連続的な処理を行なうため、ストリップのすべての部分が同じ条件にあり、均一な材質のものが得られる。
2. TU と呼ばれるテンパー度を有し、良好な成型性をもつとともに適当な強さ (stiffness) があるため、より薄いゲージのブリキが使用され材料の節約が大きい。
3. 一定張力のもとに作業するからストリップの平坦度が改善される。
4. 充分なガス気密構造の炉によつてガス洗浄が行なえるので耐食性に秀れている。
5. 焼付き (sticking)、砂疵 (sand spot) が皆無であるから調質圧延、電気メッキ工程の作業能率を高める。
6. 電解清浄設備を内蔵して、コイルの取扱い回数が減り、歩留りの向上およびコストの低減がはかられる。
7. 厚さ疵などの連続的チェックによつて、不良ストリップの除去が容易である。
8. バッチ式の冷却が数日以上を要するのに比べて、材料の停滞がなく、工程日数の短縮がきわめて大きい。などの利点がある。これは製造家、需要家の両者に好ま

れるもので、相互の研究と協力により今後の発展を約束
れさせているということが出来る。

III. 設備内容

連続焼鈍炉ラインは冷間圧延機よりの原板コイルを、
ラム・トラックでコイル・ホルダーに装入して巻き戻し、
電解清浄セクションを通して表面の油脂を除去した
後、直ちに炉セクションによつて加熱冷却を行ない、テ
ンションリールに巻きとつたコイルを後続工程の調質圧
延機に送る一連の工程を高速で連続的に行なう装置であ
る。

一般に電解清浄セクションを含む入側部、炉体を中心
とする中央部、および巻取り装置を主とする出側部の3
部門に分けられる。第1図に富士製鉄株式会社広畑製鉄
所における連続焼鈍炉ラインの全体構造を示す。本ライ
ンはライン速度 600 FPM (180 m/mn) を初期とし、
将来 1000 FPM の速度に増速が容易に行なえることを
基礎として設計されたもので、図中の鎖線は改造部を示
している。電気設備は将来速度に合わせている。

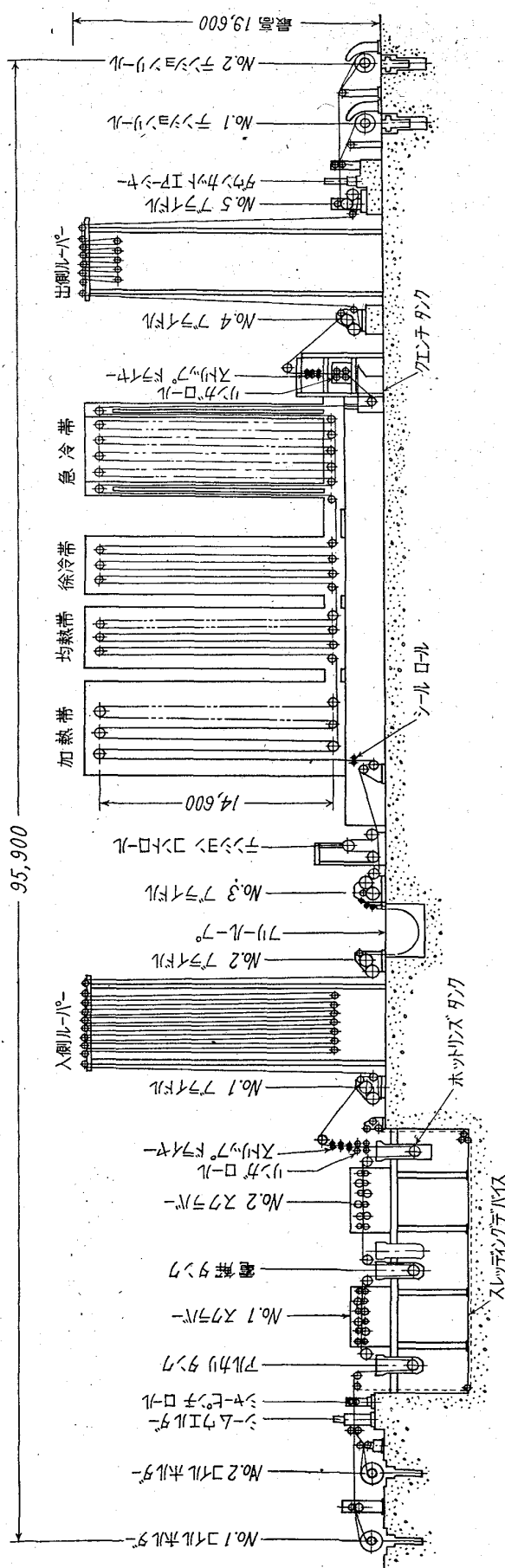
以下本ラインの設備について述べる。

a) 性能諸元

コイル最大重量	13.6 t
コイル内径	1,524 mm
コイル最大外径	508 mm
ストリップ厚み	最大 0.60 mm 最小 0.18 mm
ストリップ幅	最大 1,016 mm 最小 460 mm
ライン速度	最高 180 m/mn (将来 300 m/mn) 最低 60 m/mn
生産量	8,000 t/月 (材料基準 0.25 mm × 760 mm)

b) 入側部 (写真1)

ラインの入側部は中央部以降の作業が停止することの
ないようにコイル尾端に次のコイルの先端を接続して、
連続的にストリップを供給する機能をもつ。ラム・トラ
ックにより運搬して来た冷延コイルは2コのコイル・ホ
ルダーの前面プラットホームに置かれる。コイル運搬台
を操作してブロッカー・ロールと称する2コのロール上
に載せ回転しながらストリップ先端をほどき、準備シャ
ーに送りこみつつ適当長さに剪断をしてコイルのオフゲ
ージ部をとり除く。オフゲージ部を除いたコイルは運搬
台によつてコイル・ホルダーのマンドレルに装入する。



第1図 連続焼鈍炉設備

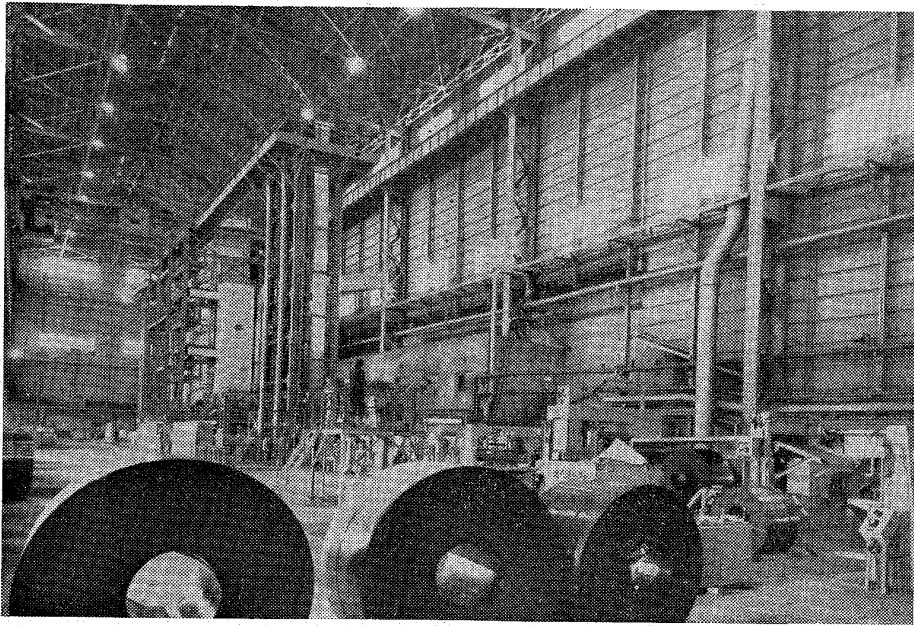


写真1 連続焼鈍炉入側部より

コイル運搬台は約 5m 長の油圧シリンダーの操作により、プラットホームからマンドレル直下まで移行することが出来る。準備したコイルが不良と判断されるか、あるいはその他の理由から通板を中止する場合のコイルおよびコイル尾端のオフゲージ部の小コイルは運搬台から横方向にけり出すことが出来る。コイルホルダーからピンチロールによつてストリップの先端は溶接機に送りこまれる。先きのコイル尾端のオフゲージ部をホルダーに残して溶接機附属の剪断機で切断して、送りこんだ次のコイルの先端と重ね合わせて溶接をする。溶接は頭部可動式シーム溶接機による。これは厚さ 0.18~0.6 mm、幅 1220mm のストリップの溶接が可能で溶接速度を 7.3~22m/mn の範囲で調節出来る。一方のコイルホルダーからコイルを送り出している間に他方のコイルホルダーに次のコイルを準備しておき、溶接に要する時間のみに入側部を停止すれば良い。本ラインはライン外に準備シャーを設けてオフゲージ部処理を容易に行なえるが、ダブルカットシャーをライン中に附属してスクラップを剪断する方法、スクラップリールを有して自動的に巻きとる方法、手動で巻きとる方法、あるいはロータリーシャーを用いる方法があつて適宜利用されている。本ラインの方式はラインから独立して作業出来る点と、ライン配置が簡単なことなど利点が多い。オフゲージ部が比較的少ない場合にはダブルカットシャーが適当であるが、ラインが高速となり短時間に準備しなければいけない場合にはスクラップリール法またはロータリーシャー法が適しよう¹⁴⁾。

溶接機には重ね接ぎシーム溶接、マッシュ溶接、多点

溶接機などの方法が考えられているが、ブリキ材の溶接には頭部可動式シーム溶接機が、速度が早いことと、設備費が廉価であることからほとんどのラインが採用している。

ストリップの切断、溶接に要する時間はふつう 15s 程度であつて、溶接のすんだストリップはピンチロール、変向ロール(デフレクター・ロール)を通つて清浄セクションに送りこまれる。

本ラインの電解清浄セクションは堅型と呼ばれるもので次のものから成る。

アルカリタンク

No. 1 スクラバー

アルカリ電解タンク

No. 2 スクラバー

ホット・リンズ・タンク

リンガー・ロール

ドライヤー

補助設備として再通板装置とヒューム排出装置を附属する。

アルカリタンクはストリップをアルカリ溶液に浸漬することによつて、表面に附着している圧延油、汚れを除去する目的をもつ。溶液にはオルソ珪酸ソーダの 3% 水溶液を用いるが、この外にリン酸ソーダ、炭酸ソーダ、苛性ソーダが用いられることがあり、また界面活性剤の添加も行なわれる。ラインタンクはシンクロールを底部に有しストリップを上向きに変え、さらに出側の変向ロールによつて水平方向に変向させる。このロールにスプリングで対向させた絞りロールを設けてストリップが溶液をもち出すことを防いでいる。溶液はラインタンク、地下室の循環タンクおよびポンプを一組とした循環系統によつて送られ、タンクよりオーバーフローした液が地下タンクに戻る方式が採用されている。

No. 1 スクラバーは 4 本のブラッシュロールが上下交互に配列され、鋼製のバックアップロールと対になっており、ロール間をストリップは通過しながら機械的洗浄をうける。さらに高圧水スプレーをロール入側の上下にとりつけブラッシュ洗浄効果を大ならしめている。

続く電解タンクは入側、出側のストリップ面に対向させた 2 組の電極板をとりつけ、電極板からストリップを

介して他の電極板への通電方式を採用している。給電は18V、7500Aの容量を有する低電圧直流発電機から行ない、自動的にコイル・ホルダーの切換えごとにまたは手動で随時にその極性の変換が出来る。溶液は前述アルカリ・タンクと同様で80~90°C溶液の鹼化作用と電解作用による発生水素、酸素によつて残存の油脂類の除去が行なえる。

電解清浄後ストリップはNo. 2スクラバーによつて洗浄され、引き続いてホット・リンズ・タンクに導かれる。

ここでは最終洗浄を目的とし、蒸気加熱した温水をストリップ表面に吹きつけ、さらに90°C程度の温水中をくぐらせながら表面に残っている塩類を洗い落とす。リンズ後ストリップは2組のリンガー・ロールによつて水を絞り落とし、熱風乾燥機で十分にストリップを乾燥した上、変向ロールを経てNo. 1ブライドルに供給される。

再通板装置は通板作業を簡単に迅速にする目的で、ストリップ・パスを含めた無限鎖条ループを通し、駆動装置によつて正逆いずれにも運転することが出来る。新しく通板する場合および破断のため再通板する時に、ストリップの先端を鎖の一環に固定して運転すれば容易に通板を完了することが出来る。

電解清浄セクションの型式には水平型と堅型の2種があつて、パス・ラインの安定、通板容易、保守の簡便などの見地から水平型が高速ラインに適するといわれるが設備面積が広がる欠点を有する。これに対して堅型の場合は立体配置が可能でライン長をきわめて短かくすることが出来るため建設費が廉価でしかも高速度に適合し得るといえる。

c) 中央部

No. 1ブライドルとNo. 2ブライドルの間に入側のルーピング・タワーを有する。

ブライドル・ロールは張力制御用で750mm径1170mm胴長のゴムロール2本と1本の圧力ロールおよび変向ロールを適宜組合わせて一体構造としたものである。圧力ロールはスプリングにより調整出来る。張力用ゴムロールは別々の電動機で駆動され、ストリップの接触角度が最大となる配列をとる。入側運転を停止するとルーパー以降のストリップは正常張力のまま運転を継続し、その間に入側部の溶接を完了しストリップを供給することが出来る。No. 1ブライドルまでの張力はルーパー以降と無関係にコイル・ホルダー電流を調整して行なう。

入側ルーパーの目的は入側のコイル変更、溶接などによる運転停止の間も炉体以降の運転を継続出来るように、停止に見合うストリップ量を貯蔵する役目を持つて

いる。ルーパーには約180mのストリップが貯えられ、ラインの加減速時間12~15s、溶接時間15s以下であるから、溶接に多少の時間を要してもラインの減速停止を惹起することはない。

ルーパーは8本の固定ロールを頂部に、7本のロールから成る移動台を下部ロール群としてその間をストリップがつないでいる。ロールは500mm径のダクタイル鑄鉄製で充分な機械仕上げの後バランスをとつている。移動台はカウンター・ウェイトにより大略の重量バランスをとり、トルク電動機によつて移動台を上下に駆動し同時に張力を与える。

このルーパーは機械的ルーパーといい、ブライドル間に自由なループを形成する懸垂ルーパーと対比されるが、機械的ルーパーの得失を述べると、

- イ. 設備面積が比較的少ない。
- ロ. 建設費が安い(地下構造を必要としない)。
- ハ. 張力制御が良好。
- ニ. ループが振れたり、折れ重なりがない。

などの特長があり、一方次の欠点がある。

- イ. ロール調心が重要で、ストリップの反りと関係してトラッキングを害することがある。
- ロ. 再通板が容易でない。
- ハ. 破断時にストリップおよび移動台を落下させない制動装置を必要とする。
- ニ. 点検が十分に行なえないので、縁疵などによる破断の未然防止がやや難かしい。
- ホ. ロール手入れその他の保守が必要である。

これらは運転上いずれも致命的なものでなく、最初と最後尾のストリップを監視することによつて、破断の危険の高い炉に入る前にラインを停止することが可能である。トラッキングについてもいささかの考慮を払えば充分である。

No. 2ブライドルとNo. 3ブライドル間に短かい懸垂ループを持つ。これは入側ルーパーとNo. 3ブライドル以降の炉内張力を絶縁することを主体とし、ストリップのトラッキング矯正を合わせて目的としている。

張力調整装置は炉セクションの張力変化を吸収すると共に一定張力をストリップに与えることが出来る。2本の固定したゴムロールの中間に、移動範囲1200mmの鋼製可動ロールを組みこみトルク電動機により駆動する。本装置は上記構造が一般で空気圧、油圧、あるいは交流電動機と誘導接手を用いることがあるが、トルク電動機が最も容易である。ストリップ張力はロール重量(この場合カウンター重錘との差)とトルク電動機で生ずる力の代数和の1/2で、電流に比例して張力制御が出

来る。

炉入側の変向ロールにはロリッグ・ロール (Lorig type II-split roll) を採用し、炉に入るストリップが中心に乗るように自動調心出来る。このロールは他の種類の調心ロールと組合わせて、より正確なトラッキングが得られる。

炉セクション (e章に詳述) を出たストリップは常温に近い乾燥状態で No. 4 ブライドを介して出側ルーパーに入る。出側ルーパーは頂部ロール8本、下部ロール5本の配列で約 120m の貯蔵をする。出側ルーパーもその目的は出側部におけるリール交換、剪断、試料採取のための出側停止の間も、中央部以前を休止することなくストリップを貯蔵して行くものであるが、溶接がないために入側に比して容量は少なくてもよい。

出側ルーパーにはストリップが美麗で軟らかく疵がつき易いために、懸垂ルーパーを採用している高速ラインの例が多いが、この場合地上と地下構造を併用して建設費を安くすることが考えられている。しかし 300m/mn の速度には機械的ルーパーが不適の懸念はない。

d) 出側部 (写真2)

No. 5 ブライドルに続いてダウン・カット・シャーを設備する。切断されたコイルの先端は変向ゲートによって No. 1, 2 テンション・リールを撰択してリールに巻きとる。ピンチ・ロールとテンション・リールの間にアスカニヤ空気油圧式制御系を附属してコイル縁部の制御を行なう。この制御系は、1. 空気検出ノズル、2. 油圧装置附制御器、3. 油圧シリンダー を組合わせている。供給空気圧を一定とすれば検出空気圧はオリフィス開度に直線的関係があり、検出空気圧は制御器のダイヤ

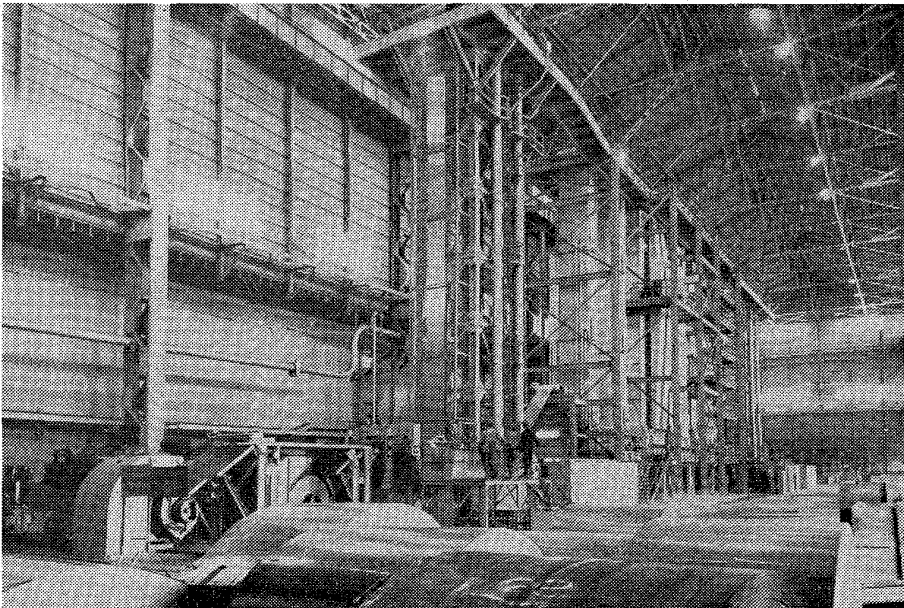


写真2 連続焼鈍炉出側部より中央部に

第4表 炉設計基準

速度	帯				
	加熱	均熱	徐冷	急冷	
180m/mn	パス	4	4	3	7
	秒	20	20	15	35
300m/mn	パス	6	6	6	12
	秒	18	18	18	36

フラム上面にかかる。この作動を油圧ジェットの角度に変換し、油圧シリンダーへの油圧を変更してリールの位置を等圧点に保持しようとする機能を有する。これによって仕上りコイルの形状は非常に美しくなる。

巻き終ったコイルはリールより運搬台に受けとつて、プラットホームに載せ、ラム・トラックにより次工程に搬出する。

e) 炉体

炉セクションが本ラインの枢要部であつて、冶金学的要求を満足させる高効率の経済性を重視した設計となつている。

炉セクションは次の4帯から構成される。

1. 加熱帯
2. 均熱帯
3. 徐冷帯
4. 急冷帯 (クエンチ・タンク、乾燥機を附属する。)

以上4帯のストリップ・パス数 (条数) と通過時間を第4表に示す。

1. 加熱帯

本帯はストリップ・パス4回で、加熱室の上・下部に耐熱合金製 750mm 径ロールを配置して各パスの長さは約15mである。ストリップは合金ロールを結んでパスを形成して、各パスを通過する時両面からW型の加熱管によつて輻射熱を受ける。この加熱管は加熱室の両側から交互に配列し、上下12段、左右5列の60本を設備している。加熱管の入口にバーナーを装備し、コークス炉ガスを燃焼させて加熱管を加熱する。燃焼ガスはW型の他方より出て、バーナーに入る空気を予熱した後、排ガス・ダクトに集合させ排気ファンによつて屋外に放出する。

各加熱管のバーナー・ヘッドは最

高燃焼量 75,000 kcal/h の能力を有し、最高加熱温度(炉帯域温度)は 900°C、通常作業では 800~850°C に調節する。各バーナーは高硫黄含有のコークス炉ガス燃焼に適した設計がされ、排ガス熱交換器を附属して、燃焼用空気を約 300°C に予熱することが出来る。

左右 5 列の加熱管群は炉の入側より第 1, 2, 3 および 4 ゾーンと区別し、それぞれに熱電対を備えて電子管式自動温度制御記録計によつて制御される。これらゾーンのうち第 3 ゾーンのみが 2 列の加熱管群から成り立つ。第 2, 3 図に主ガスおよびパイロット・ガス燃焼系統図を示す。

コークス炉ガスはアスカニヤ圧力制御器によつて一定圧力にして、調節オリフィスを経てバーナーに入る。一方空気はダンパー開度を変えて調整する。簡易燃焼調節には加熱管の入口と出口端にとり付けてある覗き窓を見ながらガス、空気を調整して光輝長焰とする。なお主ガス回路は高低燃焼方式 (Hi-Lo system) を採用している。これは主バーナーが点火、消火の繰り返しとなるオン・オフ制御 (on-off control) では得られない円滑な温度制御が可能である。

点火を容易にし、持続させるためにパイロット・ガス系統があつて、主ガス系統と別個の送風機によつて各段(ゾーンと違って左右を段と名づける)ごとに混合ガスを各バーナーに供給する。

排気ガスは各ゾーンごとにプレナム・チャンバー(集気室)に配管接続し、さらに排気ファンによつて屋外に

放出される。集器室は吸引圧の変動を防止すると同時に、高温ガスが排出することを防ぐために冷風吸引のできる開閉弁を有し、排気ガスの温度制御を行なっている。加熱管内は負圧となつていても亀裂があれば雰囲気ガスを吸引することとなるが、押込通風の場合の燃焼ガスが炉内に洩れる心配は皆無である。

加熱室は周囲を耐火材で内張りしている。すなわち、最内側は 1400°C 以上耐火度のある断熱煉瓦層を、外側には断熱ブロック層を形成している。加熱室の頂部と底部にはストリップの通板の場合、修理などの場合に容易にとり脱しが出来る構造の上蓋、下蓋が取付けられている。上蓋には再通板専用の鎖孔が設けられる。

加熱帯の入口には鋼製ロール 2 本を一組としたシール・ロールがある。このロール間隔は約 1.6mm で駆動されており、この間隙をストリップが進行する。簡単に間隙調整ができ、加熱室への空気の侵入を防ぎ、一方雰囲気ガスの放出量を最少限にする役目をもっている。

2. 均熱帯

加熱帯を出たストリップはトンネル部を経て均熱帯に入る。本帯はストリップが 4 パスで、放熱損失に見合う、加熱が必要であつて、電気加熱方式を採用している。

加熱抵抗体は 36% Ni, 19% Cr の合金製で炉壁に設けた特殊ハンガーに吊り下げている。

均熱室を上半部、下半部に分け、それぞれ温度制御ゾーンとしている。各ゾーンの加熱容量は 300/100kW で Δ-Y 切替開閉器を設備している。低温から加熱する場合、急速な温度変更を望む場合には Δ 結線を使用し、一度均熱温度に達すれば Y 結線に切替え、設定温度に対してオン・オフの自動制御を行なう。

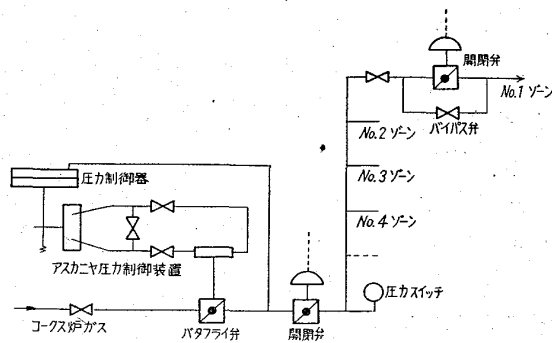
本帯は加熱容量が少なくても良いこと、制御が容易である点から電気加熱方式が一般に採用されている。

本帯入側の水平トンネル部、以下各帯の接続部には輻射高温計を垂直にとりつけてストリップ温度を連続測定している。

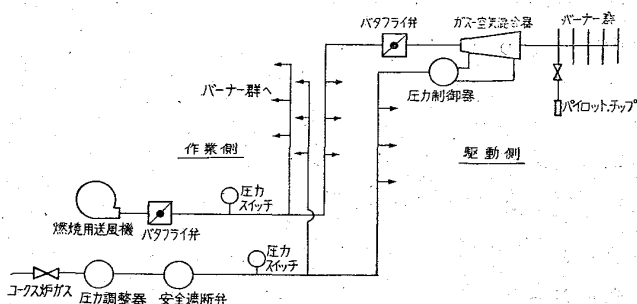
3. 徐冷帯

徐冷帯は上、下部ロール 3 本ずつで 6 パスを形成するが入側の 3 パスを徐冷帯としている。ライン速度 180m/mn の場合 3 パスと 4 パス間に隔壁鉄板を挿入して、後半部を急冷帯に属させる。

本帯は 730°C のストリップを 500°C まで冷却出来るようパスラインを外して、両側から幅方向に冷却管を取りつけ、一方を開口端とし、他方をダクトに接続している。これらの冷却管は千鳥配列で上下左右の 4 群に区分して 4 基の排気ファンに接続する。徐冷の 2 群は自動温度制御系で、急冷の 2 群は手動制御である。



第 2 図 主ガス配管系統図



第 3 図 パイロットガス配管系統図

第 1 パスの前面壁に電気抵抗加熱方式を採用し加熱容量は 135kW である。電気加熱は作業準備に主として用いられ、作業中はストリップが熱をもちこむため冷却ファンが主用され、電気加熱は温度制御の補助として働らくことになる。

急冷帯に属するパスは、次節と合わせてストリップを 500°C から 250°C 程度に冷却するために用いられ、実際にはサイクルにしたがって冷却ファンを使用したり、停止したりする。

4. 急冷帯

急冷帯は 4 パスで各パスは 3 コの鋼製函を組合わせている。この函はストリップの通過する内函の外側に水套を設けて冷却水を通す。冷却水は排出時の温度によつて量加減が出来る温度計付調整弁を介して供給される。水套内に水垢が溜つて冷却効率を悪くするので単独に掃除が出来る配管を設けている。

4 パスの最終にクエンチング・タンクがある。タンクはオーバー・フロー式で温水が汚れないように給水を連続的に行なう。ストリップは 250°C 程度から 60°C 以下に冷却する設計であるが、直接吹込み蒸気および蒸気加熱コイルによつて水温を 50~60°C に制御する。

タンク内に耐食合金ロールを備えて、このシンク・ロールでストリップは変向されてリングロールに入る。次いで乾燥機によつて十分に乾燥される。ロール面状況と乾燥の良否が仕上りストリップの表面と密接な関係があるから注意しなければならない。

急冷帯の最終の段階でストリップをクエンチする方式については賛否両論がある。しかし連続焼鈍炉では急冷を含めたストリップの冷却を如何にして短時間に完了させるか、換言すればストリップ・パスをいかに少なくするかという点が重要な設計条件の一つである。ラインが高速であればさらにこの要求は切実なものとなる。

操業中のラインにはクエンチ方式で成功しているものも多いが、クエンチ方式では

- 1) 短いパスで冷却を完了する。
- 2) ガス・シールがきわめて良い。

ことが利点として考えられるが、

- 1) 冷却水中の不純物などによるストリップ面への汚れ。
- 2) 水蒸気による酸化。
- 3) シンク・ロールとストリップ間の水のポンプ作用によつてトラッキングを害する。

などの不利点があげられている。

しかしながらわずかの考慮によつて十分良好な品質のものが得られている。特にトラッキングについては、シ

ンク・ロールの配列方法、ロール形状⁵⁾などの考慮があれば高速ラインにも適当であろう。クエンチしない場合にはストリップが酸化しない温度以下になつてから、雰囲気中より空気帯に導びき、強制通風を用いて冷却しなければならない。空気冷却に入つてよいストリップ温度は 120°C 以下であろうし、後続の機器、調質圧延の許容温度から、60°C 以下にまで冷却しなければならない。このためにはかなりの冷却パスがクエンチ・タンクの代りに設備されねばならない。

最近の高速ラインにはジェット冷却方式が、急冷帯に採用され、ストリップの進行方向にジェットから雰囲気ガスを吹付けて強制的に冷却する。雰囲気ガスの圧力は数 100mm 水柱位でこの方式を用いれば、冷却帯の長さはふつうの場合の約 50% に短縮出来るといわれている。

5. その他

炉体には自動温度制御装置、各種計器類、各種警報装置を附属している。

f) 炉内雰囲気ガス

光輝焼鈍用炉内雰囲気ガスは H₂-N₂ ガス発生機より供給する。この発生機はコークス炉ガスを燃料として撰択燃焼をさせ、化学的吸収装置、ガス乾燥装置を通過させて次の成分ガスを発生する。

H ₂	3~5%
CO, CO ₂ ...	max. 0.1%
O ₂ , CH ₄	0.0
N ₂	残り
露点.....	-50°F

発生ガスは炉体の各帯に配管し、それぞれ流量計を附属して炉内圧力によつて流量調整を行なう。炉内圧力はライン速度と温度により一定ではないけれども、通常 10~15mm 水柱の正圧が保持される。この圧力を保持するためにガス消費量は 250~280 m³/h 程度である。米国のクエンチング方式を採用しない炉の例では 500~600 m³/h に達するものもあるが、クエンチ・タンクを設備すれば消費量は少ないといわれる。

g) 電気設備

連続焼鈍炉の電気設備は処理ラインの例に洩れず、駆動電動機は小型で小容量のものであるが、ライン駆動用直流電動機は 75 台、約 860HP の多数にのぼり、全電動機は速度整合の重要性が本ラインの特徴である。交流補機は 44 台設備されている。

1. ライン制御方式

ラインは入側、中央、出側部の 3 セクションに分割し、各セクション間にストリップ貯蔵のルーパを設けて、中央部の運転に支障なく入、出側部の停止運転が可能で

ある。

全直流電動機は各セクションに設備している発電機より給電し、発電機電圧を制御して加減速し同期化を行なっている。

2. ライン速度

中央部速度すなわち炉内ストリップ速度は既述のごとく変動のない安定したものでなければならない。このため炉の出側にある No. 4 ブライドル駆動電動機にパイロット発電機(P.G.)を直結し、このP.G.の電圧と中央発電機用電動界磁調整器(MOP)で定まる基準電圧を比較しその差電圧で磁気増幅器を励磁して中央発電機電圧を制御し No. 4 ブライドルの定速運転を行なうものである。この No. 4 ブライドル速度がラインの基準速度となり、他の電動機はこれを基準に速度制御される。

ライン速度は低、中、高速の3段階に区分され、主操作盤上のそれぞれのプリセット抵抗器によつて設定すれば、押釦操作のみで所定速度に加速することができる。このプリセットは入側、出側部の速度を同時に規制するものである。速度範囲は次のとおり。

低速 60~150m/mn

中速 140~210 "

高速 200~300 "

3. 入側部

入側部発電機にはコイル・ホルダー、ピンチ・ロール、ヘルパー、No. 1 ブライドルの各電動機が接続している。入側部発電機電圧はループ・コントロールを介して中央発電機に追従して制御される。すなわち入側速度は磁気増幅器によつてプリセット抵抗器で定められた同期速度になるが、入側ルーパーの No. 1 ループコントロールによつてループの高さを検出し、換言すれば速度の不整を検出するわけで、ループの位置が下れば入側速度を下げるように、位置が上れば入側速度を増してループを下げるように、すなわちループ高さを一定にするよう磁気増幅器を介して入側発電機電圧を補正制御する。

ループ・コントロールは必要に応じて手動制御が出来る。

入側部はコイル溶接、ストリップ点検のため一時停止し、再び運転する操作があるが、この場合ルーパーにストリップを貯蔵するためルーパーの減速リミットが作動するまで入側速度を中央速度の125%にする。

コイルホルダーは正転、逆転が可能でいずれの場合も張力調整が容易である。張力を一定に保つには

$$T = k \frac{E_a I}{n} \quad \begin{cases} T: \text{張力} \\ n: \text{ライン速度} \\ E_a: \text{電動機誘起電圧} \\ I: \text{電流} \end{cases}$$

なる関係式があるので誘起電圧と電流を一定に保持すればよい。このラインでは電流制御磁気増幅器によつてコイルホルダー昇圧器界磁を制御して電流を一定に、一方電圧制御磁気増幅器によつて電動機界磁を励磁して誘起電圧を一定に保っている、慣性補償巻線によつて加減速時の変動に、コイル外径の変化に対して張力を一定に保持する。

4. 中央部

No. 2 ブライドルは No. 1 ブライドルと同様であるが、No. 3 ブライドルとの間にフリー・ループを設けているので、この No. 2 ループコントロールの位置変化によつて昇圧機を介して No. 2 ブライドルの速度制御を行なう。No. 3 ブライドルと炉の間に張力調整装置があり、トルク電動機により可動ロールを上下させ、炉中ストリップの張力変化を吸収するとともに一定張力に保っている。このロールの位置を No. 3 ループ・コントロールで検出し No. 3 ブライドルの速度制御を行なっている。なお No. 3 ブライドルはドラッグ発電機となり炉内ストリップに後方張力を与える。

入口シール・ロールはヘルパー・ロール群とともに昇圧機に接続されて電圧降下補償を行ない、各電機子直列抵抗により負荷分担が調整出来る。シール・ロールのみは単独低速運転可能で中央部一時停止の時も運転を継続することにしている。

5. 出側部

出側部も入側と同じく出側発電機より給電し、発電機電圧は入側部と逆にループタワーの No. 4 ループコントロールの位置が下れば、上げる方向に作動させて出側速度を増しループを所定位置に復させる。

No. 5 ブライドルは No. 3 ブライドルと同様の制御で適当な巻取張力を与えるためのドラッグ発電機として働らく。

テンション・リールはコイル・ホルダーと同じくストリップにかかる張力を一定に保つため電流制御磁気増幅器、逆起電力磁気増幅器によつて制御する。

6. ルーパー張力制御

ルーパーの移動台はカウンター重錘によつて、重量バランスの上にトルク電動機による張力がストリップにかかる。ルーパー駆動 35IP 電動機は 30 kW 発電機により駆動され、移動台を上下させてループの高さを調節する。張力調整は磁気増幅器によつて電機子電流を設定値に保つ時に得られる。

7. 電解清浄用発電機制御

135 kW 直流発電機はライン速度に応じて調整可能である。

- 低速 1.8~9 V
 中速 5.4~12.6V
 高速 10.8~18V

入側部を起動すれば自動的に励磁する，停止の場合は遮断して，一定時間逆励磁を加え残留電圧を小さくしている。

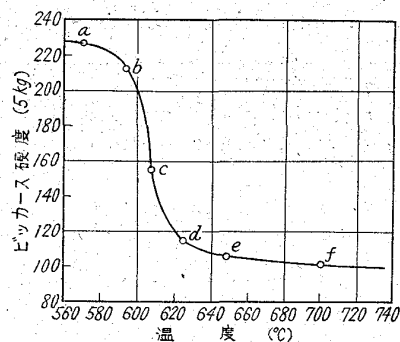
電極板に異物が付着するのを防止するため手で極性を変更するか，コイル・ホルダー切替ごとに自動的に極性変更することも出来る。

IV. 連続焼鈍炉の作業

a) 熱鈍サイクル

加熱，冷却の温度・時間に関する決定的な標準がなく，専門家の見解も種々であるが，一般には次の4段階に区分されている。

1. ストリップを 650~730°C の最高温度に加熱す



第 4 図 再結晶温度曲線

注) 曲線の○印は写真 3 a~f に相当する。

る。

2. 最高温度に均熱する。
3. 500°C 以下にまで徐冷する。
4. 60°C 以下の室温に近い温度まで急冷する。

最高温度は材料の化学成分，履歴によつて違ってくるが，再結晶温度よりも高く，下部臨界温度(723°C)近くを最高とした範囲でストリップの目的材質に応じて選ぶ。

最高温度に加熱するに要する時間は，炉の構造によつても異なるけれども通常 17~20 s と考えられている。特に加熱速度の向上を図つたラインの場合には，4 s 以下でよいといわれている⁵⁾。

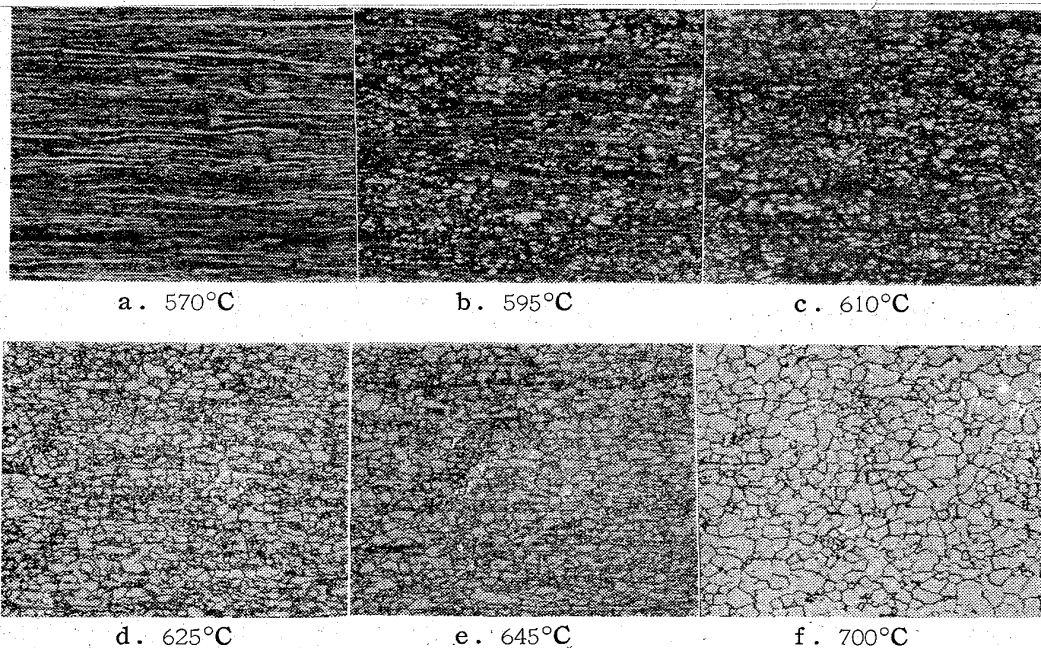
再結晶温度は 1100~1120°F (593~604°C) といわれているが⁶⁾⁷⁾，著者の調査結果は第 4 図および写真 3 a~f に示すとおりである。

均熱はストリップを確実に中心部まで加熱することを目的としているもので，通常の炉では 6~18 s を設計基準とする。しかしながらストリップが再結晶温度以上にある時間を有効均熱時間と呼び，最少 25 s が必要であつて，この時間内に再結晶と結晶粒の成長が起きる。すなわち 15 s 程度で再結晶がほとんど完了し，引きつづき結晶粒の成長が行なわれるが，25 s 以上に均熱しても軟化はほとんど進行しないと発表されている⁸⁾。実際の炉において均熱温度を 700°C，保持時間を 5~60 s に変化して硬度測定を行なつた結果も約 25 s で最低値に達し，それ以上でも僅かな低下が認められるにすぎない。硬度変化を第 5 図に，顕微鏡写真を写真 4 a~c に掲げ

る。

冷却はサイクルの最も重要な部分に属し，冶金学的には出来る限り徐冷することが望ましいが，設備的制約，生産能率の向上から，なるべく速やかに冷却することが強いられる。したがつて臨界域以下の温度になれば水管群中または水套中で冷却し，最終的に水中にクエンチするなどの方法が採られている。

高温では材料内の全炭素が飽和固溶体として存在し，急冷をうけると溶解度曲線に沿つた析出が



d. 625°C

e. 645°C

f. 700°C

写真 3 再結晶温度

基準サイクルによつて各種均熱温度より冷却した鋼板の再結晶組織を示す。

されずに、フェライト中に炭素の過飽和固溶体として残存する。この過剰の炭素は炭化物として析出し平衡状態に戻ろうとする性質があり、これを時効硬化と称する。サイクルでは時効現象を生じない徐冷が採用されなければならないわけで、徐冷すなわち十分に遅い冷却速度の冷却を要する臨界域に関しては次のような諸説がある。

1. 650~400°C が臨界域で、最近の研究結果より310°C までを範囲として、この域では最高冷却速度を 12°C/s とする⁹⁾。

2. 590~480°C 間は徐冷しなければならない⁹⁾。

3. 730~510°C を徐冷域とし、所要時間は10~22 s とする¹⁾。

4. MOHRI の実験によれば、1100~600°F (593~315°C) に要する時間を有効冷却時間と称し、最少有効冷却時間は 25 s である⁹⁾。

などである。

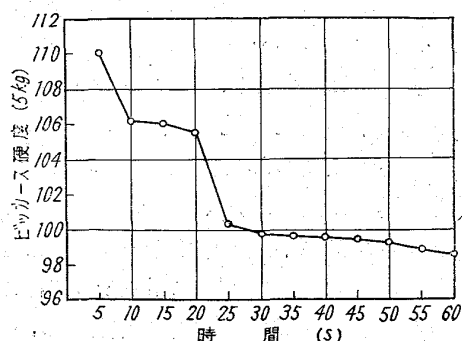
実際に試料を 700°C に 18 s 均熱後、600~300°C の範囲から 260°C クエンチ温度までの冷却速度を 7, 12, および 20°C/s の 3 階級に分けて時効試験を実施した結果は、完全に

時効を阻止するには約 350°C (660°F) まで 12°C/s 以下の冷却速度を採用しなければならない。この温度以下ではストリップの変色、歪みを生ずるなどの問題がない限り、急冷をしてよい。

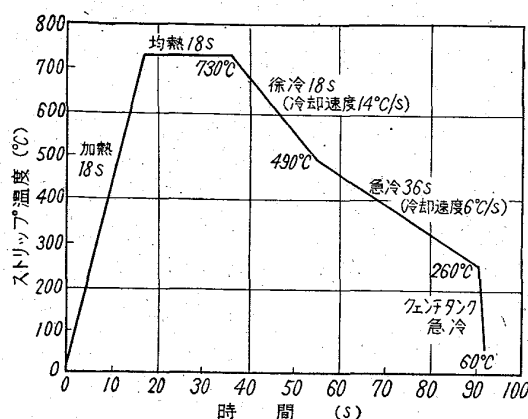
第6図に最高速度の場合の設計基準サイクルを例示するが、実操業では 260~150°C の範囲からクエンチされている。

ラインの作業サイクルの決定には前述の基礎条件に加えて次の諸因を考慮する。

- 1) ストリップの厚み
- 2) ストリップの幅



第5図 均熱時間の影響 (700°C)



第6図 設計基準サイクル

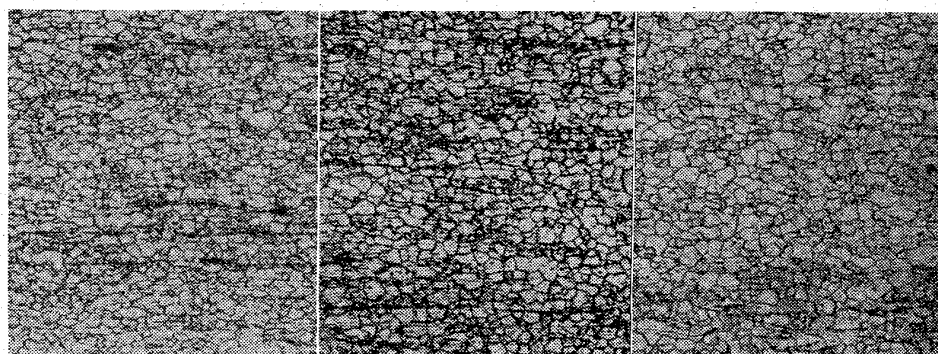


写真4 均熱時間(5s~30s)の組織におよぼす影響 (均熱温度 700°C)

- 3) ライン速度
- 4) 炉設定温度
- 5) 設備状態の経時変化
- 6) ストリップ形状および表面状況

これら要因のうち 1), 2) は需要によつて定まるもので操業では急激な変化のないように組合せのみを考慮する。3), 4) についてはライン仕様の範囲内で適当に選ぶことが出来る。5), 6) は不規則、不定量であるから推定管理となるがやや困難である。したがって専ら、3), 4) 要因を用いてサイクル決定を行なうことになる。

ストリップの厚み、幅の変化によつてサイクルの変更があるときは、まず速度変更を優先し、炉温変更を次ぎに行なつて、炉温が所定に近づいて後速度を規定にする方法を一般に採用する。これは速度が容易に変更しうるのに対して、炉の熱容量が大きいため炉設定温度の迅速な変更がなし得ないことに由る。それ故に材料のスケジュールとしても大幅な炉温の変更を必要としないように組むのが通例である。

本ラインでは炉内ストリップの長さは基礎条件を充分に満足させるものであるから、実サイクルの作業管理と

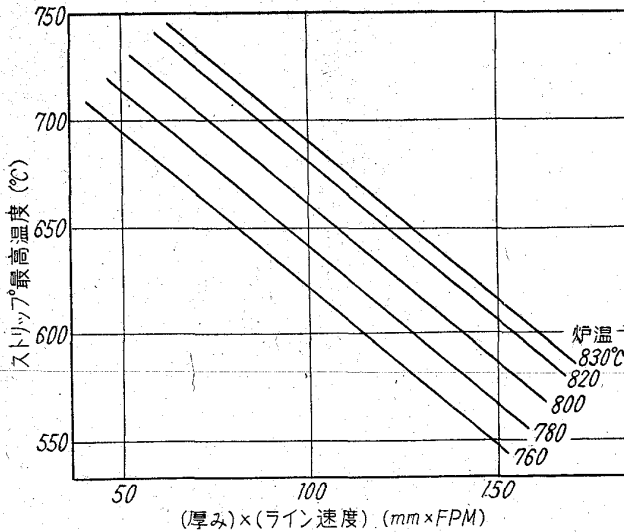
してはストリップ最高加熱温度が主要因と考えることができるため、加熱帯と均熱帯温度の設定値とライン速度を用いて焼鈍サイクルとする。

操業経験から次の事項が判っている。すなわち

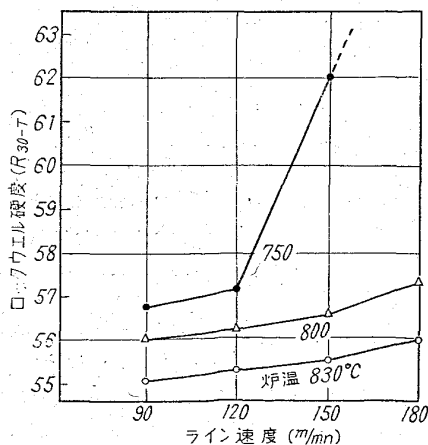
1. ライン速度が 3m/mn 増加すると、ストリップ温度は 3°C 低下する。
2. 炉温を 10°C 上昇すると、ストリップ温度は 10°C 上昇する。
3. ストリップの厚み 0.1mm で 50°C 増減する。
4. ストリップの幅は 750mm 以上では無視することが出来る。

以上のデータから t/h (毎時処理 t 数) を一定とすればストリップ温度は炉温によつて定まる⁹⁾、という近似的な考え方を捨てて、(厚み)×(ライン速度)をパラメーターとして炉温とストリップ最高温度の関係式を求めサイクル決定指針とすることが出来る。第 7 図に標準関係図を示す。

第 8 図には同一材料、炉温を使用してライン速度を変



第 7 図 ストリップ最高温度-(厚み)×(ライン速度)



第 8 図 炉温-ライン速度-硬度 関係図

厚 幅 mm mm	0.200 ~ 0.249	0.250 ~ 0.299	0.300 ~ 0.349	0.350 ~ 0.399	0.400 ~ 0.449	0.450 ~ 0.499	0.500 ~ up
~ 750							
750 ~ 800							
800 ~ 850							
850 ~ 900							
900 ~ up							

(図中斜線部は作業容易)

第 9 図 焼鈍作業難易寸法

化した場合の硬度変化の一例を示す。ただしこの図中の 750°C 炉温は実用線ではない。

サイクルの適否決定はストリップの機械的性質の試験値によつて行なわれるものであるが、ラインの作業管理は適正迅速でなければならない点から、ライン出側部より試料を採取して直ちに硬度測定 (rockwell superficial 30-T を使用) をなし、この値を指定サイクルにフィード・バックすることが行なわれている。

b) 作 業

作業上の主要点について述べると、

1. 通板処理可能のストリップ寸法は前述の諸元のとおりであるが、寸法によつて作業の難易がある。これは供給されるストリップの形状によつても左右されるが経験上容易な寸法域は第 9 図に示すとおりである。

2. ストリップのオフ・ゲージ部は工場によつて多少の差はあるが、通常+10%まで切捨てている。

(1) 厚さが違うと品質上不合格となり、後続工程で切捨てねばならない。

(2) 厚さの不同があればストリップ温度が変り、張力不均等となつてトラッキングに悪い影響を与えることがある。

(3) オフ・ゲージ部は通常反りがあつてトラッキング上支障を伴うことが多い。などの理由による。

3. 炉中に発生するバックルについて。ヒート・バックル (heat buckle) またはテンション・バックルと称しストリップの中心近辺を長さ方向に、あるいは斜方向に約 100mm 幅の絞りしわを発生することがある。この原因は張力が異常に高いか、不均一かによつて生ずるもので、トラッキングの不良、ストリップの反り、温度勾配が異常に大きくて急冷によるストリップの収縮などがあつて、炉内ストリップに張力異常を生ぜしめることが主因と考えられる。

第5表 最高張力

	本ライン	某高速ライン
入側部 ポンド全張力	1500	2000
入側ルーパー	1400	1200
中央部(炉)	1400	750
出側ルーパー	1400	1200
出側部	2800	2400

このバックルはストリップ破断の原因となり、またはゴム・ロールを損傷し、もちろん製品とならない部分であるから出来るかぎり発生を避けねばならない。バックルを防ぐ目的から、炉内ストリップ張力はトラッキングを良好に保持できる範囲で最低値にするのが常識である。

第5表にラインの張力値を示すが、作業はこれらの1/2程度以下を使用している。

4. ストリップの破断は前項のバックルが原因となり、またストリップ縁部の割れ疵が原因となることが多いが、ラインのいずれかで破断してもその生産阻害がいたつて大きいため未然に処理することが望まれる。破断が生じた場合には、再通板を行ない前尾端をスポット溶接機によつて接合する。

V. 連続焼鈍ブリキの品質

a. ブリキ製品のテンパー度¹⁰⁾

ブリキ製品の機械的性質を示すためにロックウェル表面硬度 (superficial rockwell hardness) 範囲を用いてテンパー度と呼称し、製造者ならびに需要家の作業指針としている。諸種の機械的性質を一種の機械試験で代表させることは不可能であるが、迅速簡便な方法であるとともに、加工上の要求と相関があつて実用的という理由から広く使用されている。欧州ではビッカース硬度が用いられる場合もある。

第6表にテンパー表示分類を示す。これはバッチ式焼鈍法のストリップに与えられたもので、連続焼鈍法によると比較的高いテンパー度を持ち、同じ硬度値であつても機械的諸性質は同じではない。

b. ブリキ用材料

平炉または転炉によつて溶製した低炭素溶鋼を、リムドあるいはキャップド鋼塊として鑄造し、分塊圧延、熱間圧延、冷間圧延の各工程を経てブリキ工程に供給される材料は、良好な板厚分布および形状をもち、表面欠陥のない均質なストリップでなければならぬ。

リムド鋼はリム層とコア層のコントロールが困難でコア層の偏析のために好ましくない。

一方キャップド鋼はリムド鋼と同等の良好な表面状況

第6表 テンパー表示(Temper designation)

表示	平均硬度 R _{30-T}	特 性	使用 例
T-1	46~52	深絞り用で軟かい	深絞り用 ノズル、口金、蓋
T-2	50~56	中程度の絞りで、やや 靱性を要するもの	環と栓、パイ鍋 蓋、特殊缶部品
T-3	54~60	浅い絞りで、フルーテ ィングを少なくするた め適当な靱性を要する 一般用	缶の天地、胴 大径缶の蓋、 王冠
T-4	58~64	大きな靱性が要求され る。一般用。	缶の天地、胴、 王冠
T-5	62~68	靱性を主とし、復焼鋼 バックリングに耐える 硬さを要するもの。	缶の天地、胴、 内容物は非侵食 性又は中の侵食 性
T-6	67~73	大きな靱性を要するも ので復焼鋼	缶の天地

を有し、コア層はセミキルド鋼に近い偏析の少ない鋼塊で材質の均一性、歩留り向上の面からきわめて好ましいものでブリキ材の相当部分を占めるにいたつている。

キャップド鋼の製造にはケミカル・キャップド、メカニカル・キャップドの2法があつて、ふつう後者が用いられている。これは特殊添加剤に加えて、ボトル・トップ鑄型を用いて蓋打ちを行なうもので偏析と表面状況の点から、蓋打時間の調整が重要である。

ブリキ原板には次の諸因変動のために、機械的性質のバラッキを有する。

1. 造塊時の鋼中諸元素の偏析 (第10図)
2. 熱間圧延時の温度変化
3. バッチ焼鈍の温度分布
4. 調質圧延圧下率変動、その他

したがつてオフゲー

ジ部を除いたブリキ

用コイル内の硬度分

布は第11図に示す傾

向をもつている。こ

の図は幅方向の平均

硬度を長手方向にプ

ロットしたもので、

鋼塊のトップ、ボト

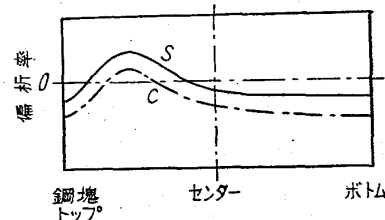
ム間には5~8ポイ

ントの硬度差があ

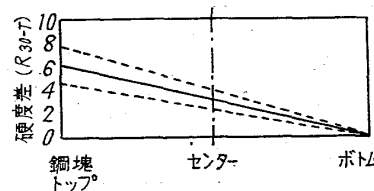
る。幅方向では中央

と両端で2~7程度

の硬度差があつて、



第10図 鋼塊内偏析状況-硫黄 (S)炭素(C)



第11図 コイル内長手方向分布

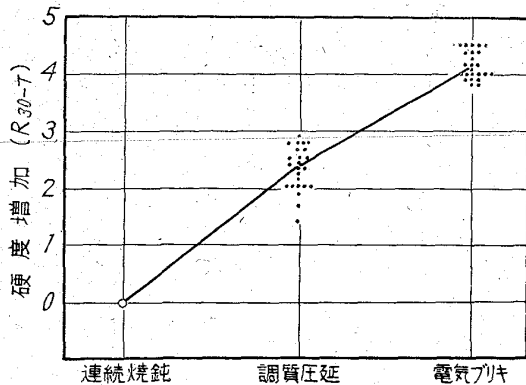
これらのバラッキを出来るだけ少なくすることが強く要
望されるわけである。

c. 連続焼鈍ブリキの品質

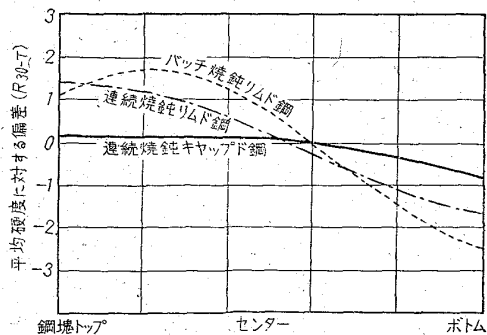
連続焼鈍炉によつて焼鈍したブリキ材は均一で微細な
結晶粒をもつ。結晶粒の小さいことから抗張力、降伏
点および硬度は高くなるけれども、結晶粒度はエリクセ
ン値にほとんど影響せずその靱性 (stiffness) の高いわ
りにエリクセン値がよく、成型性が秀れているといわ
れる⁸⁾。連続焼鈍ブリキは前節のテンパー度分類に適合
しないので広く“TU” (temper universal) という
冠称を用いている。TUはバッチ焼鈍ブリキの T₄~T₆
を総括した代名詞といつて良く、硬度範囲は T₅ に相当
している。また経験的に T₃~T₅ の加工分野にわたつ
て適用出来るとされている。

TUの標準的なものはブリキとして 62~68 の範囲内
で、調質圧延後の硬度を R_{30-T} の 62~64 に収める。
一方連続焼鈍後の硬度は 60~61 に調整する。焼鈍後に
調質圧延機とブリキメッキ工程を経過すると、硬度の上
昇を伴うが、第12図に硬度変化値を示す。

連続焼鈍ブリキはよくバッチ焼鈍材と比較されるが、
リムド鋼を用いて両者を比較すると、第13、14図に示す
とおり、コイル長手方向、幅方向ともに硬度差はいちじ
るしく改善されることが判る。さらにキャップド鋼を使
用すれば一層バラッキが少なくなり均一なブリキの製造

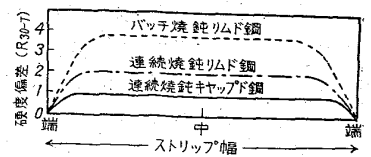


第12図 連続焼鈍後の硬度増加量



第13図 コイル内長手方向の硬度分布

に適している。参考と
してT₆(107L)ブリキ
の1例を第7表に示
す。



その他ストリップの 第14図 幅方向の硬度バラッキ
平滑性、焼付 (sticking) の皆無、耐食性などについて
もバッチ焼鈍材を遙かに凌駕する。すなわち焼付がなく
平滑性が良いことから、調質圧延の作業が容易で生産能
率 30% 程度の上昇を期待出来る。写真5はストリップ
の平滑性の良いことを示すものである。

耐食性の尺度には原板の清浄度を示すピクル・ラグ
値などが用いられ、連続焼鈍材は全面にわたり10以下の
良い値を示している。第8表に比較表を掲げる。

第7表 T₆ 材の一例

T ₆	エリクセン値 (mm)		ロックウエル硬度 (R _{30-T})	
	リム	コア	リム	コア
\bar{X}	7.5	7.5	70.8	71.4
R	0.5	0.3	0.7	0.6

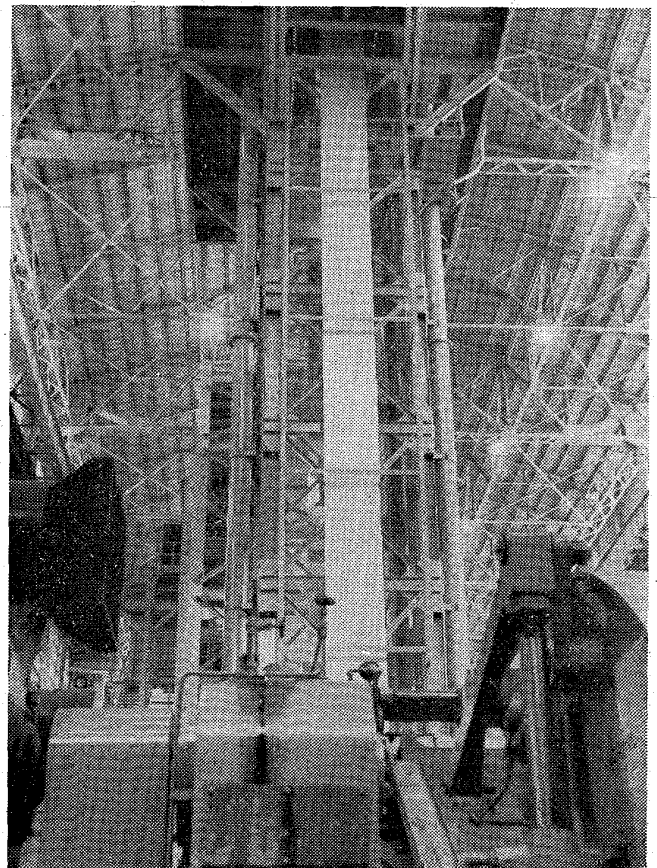


写真5 連続焼鈍炉出側部

第8表 耐食度の比較¹¹⁾

試験	炉			連続焼鈍			バッチ焼鈍			
	端	中	端	端	中	端	端	中	端	
鉄溶解試験 (mg)				10				83		
ピクル・ラグ (秒)	10	6	10	59	35	57				

VI. 今後の課題

a. 計算機制御¹²⁾

近年 J & L 社その他によつて連続処理ラインの一つである連続焼鈍炉に計算機制御が計画され、研究されている。

ラインに装入されたコイルの必要な情報は、パンチカードあるいはテープなどによつて計算機に供給され、ストリップの進行にしたがつて操業の指令を計算プロセスの調整機に伝達する。

連続焼鈍の場合に、焼鈍後のストリップ硬度を要因として採ると、コイル内では硬度がストリップの最高温度に比例しているという理由から、コイルに見合った炉の帯域温度とラインの最大速度を計算する。帯域温度の変化は急速にできないので、ライン速度の変更を指令してストリップ温度を計算値に近づけ、温度の変更がほぼ完了する時機をまつてライン速度も本来の計算値にすることを制御の骨子としている。炉帯域温度の変更には、計算機に直流-空気変換器を直結し、空気操作バルブの開閉によつて燃焼制御する方法が採用可能である。

このプロセスは簡単ようであるが実際の操業では次の理由から非常に複雑になつてくる。

1. 炉の熱容量が大きく急速な温度変化が不可能である。
2. 注文が一定でないため、装入されるコイルの寸法、物理的性質が種々であり、異種材が同時に炉内にあることが生ずる。
4. 焼鈍サイクルは温度と時間が主要因で、ストリップ温度は炉帯域温度と常域通過時間によつて定まり、最終品質を左右する。
4. 焼鈍炉中を移動するストリップ温度を正確に測定することが困難である。

しかしながら計算機制御には

1. 操作が技術的分析にもとづいて行なわれるため、効率の良い作業が可能である。
2. スクラップ処理などが改善されて歩留りが向上する。
3. 異常発生が感知され停止時間が軽減できる。

4. 作業記録が自動的に記録される。

5. コスト低減ができる。

などの利益が考えられるので、プロセス採否の検討が各社真剣になされていると思われる。

b. 高速ライン¹³⁾

前掲第1表で明らかのように 1500 FPM 以上のラインが 11 基稼動している。これら高速ラインの全貌については詳細に知る由もないが、機械的、電気的両面からの改良開発が協力してなされていることがうかがえる。

例えば

1. 入側コイルのオフゲージの処理はロータリー剪断機によつて高速切断するか、あるいは屑リールを備えてリールに巻き取る方式を自動化して、コイル準備を迅速に円滑に行なう。

2. トラッキングの良好な保持と同時にライン速度の減速を最少に出来るよう入、出側のストリップ貯蔵が考慮されている。

3. 出側部に No. 6 ブライドルを設備して、No. 4 ブライドルと No. 5 ブライドル間に入側部と同様の懸垂ループを設け、炉部分の張力を独立に調整出来る。

4. 炉内ストリップの張力調節を正しく行なうため、すなわち摩擦に対しての正しいトルクを与え、加減速中のロール慣性を保償するためにトルク制御方式を採用している。これには各帯域の最終ロールに歪計式負荷発信器を使用する。

5. ライン・トラッキングを良好にするため、ブライドル・ロールの形状配列の改善が行なわれている。などである。

c. 溶融ナトリウム浴による連続焼鈍設備¹⁴⁾

既述ラインに比較して溶融ナトリウム浴によれば、非常に短い時間で処理できる上に設備も廉価といわれる。簡単に紹介すると、先ず特長として

1. 熱伝達係数が約 100 Btu/ft²/h.°C で通常のもの約 10 倍である。
2. ストリップの長さは、ふつうの 2100 ft のラインに比べて約 30 ft に相応する。
3. 30 t/h の能力の場合、主要部は 4.5m 高さ、6 m 長、1.2m 幅の大いさで補助設備を含めて 1/10 程度以下の費用ですむ。
4. 燃料原単位はふつうの 16% にしか過ぎない。
5. 雰囲気ガスの使用量が少ない。温度が一定のためにガス収縮による爆発、酸化の危険はない。
6. ストリップの幅方向の温度均一性はきわめてすぐれており、1 s 以下で最高温度に達し、その品質は同等以上である。

この方式には

1. ストリップ表面に Na の残渣をできるだけ少なくする必要がある。
2. 装置に入るストリップが空気を持ちこまないように配慮せねばならない。
3. Na が水と接触すると Na_2O を形成し H_2 を分離する。

この H_2 は爆発の危険があるので浴に入るストリップは完全に乾燥しなければならない。
 などの問題点もあつて実用段階にはいたっていない。

VII. 結 言

連続焼鈍炉に関する論説は諸外国の文献にしばしば発表されているけれども我が国ではその歴史が浅く、設備数も漸く 4 基になつたに過ぎない。

広畑製鉄所の設備は国内 1 号機としての地歩を占めているが、最新の設備から見れば低速ラインに属する。しかしラインの基本的考え方、設備機構は何ら遜色がなく連続焼鈍ブリキの発展にいささかなりとも寄与しているものと信ずる。

ここに連続焼鈍設備の概要を記述して、大方諸賢の参考に供する次第である。 (昭和37年9月寄稿)

文 献

- 1) H. DREVER, et alii.: Iron & Steel Eng., 34 (1957) 2, p. 69~80
- 2) D. A. McARTHUR: Iron & Steel Eng., 39 (1962) 2, p. 116
- 3) Continental Iron & Steel Trade Report, Nov. (1961)
- 4) R. M. BOSSHARDT: Iron & Steel Eng., 37 (1960) 12, p. 126~128
- 5) Q. M. BLOOM: Iron & Steel Eng., 36 (1959) 2, p. 115~120
- 6) A. F. MOHRI: Blast Furn. & Steel Plant, 44 (1956) 10, p. 1175~1178
- 7) G. SACHS, et alii.: Iron & Steel Eng., 24 (1946) 11,
- 8) V. SEUL, et alii.: Stahl u. Eisen, 77 (1957) 6, p. 318
- 9) R. A. ANDREAS: Iron & Steel Eng., 36 (1959) 6, p. 93~94
- 10) A.I.S.I.: 米国鋼材要覧 (ブリキ工場製品篇)
- 11) H. B. HELM: Iron & Steel Eng., 32 (1955) 3, p. 75
- 12) R. W. KIRKLAND: Iron & Steel Eng., 38 (1961) 11, p. 138~145
- 13) J. E. BUTLER, Iron & Steel Eng., 36 (1959) 3, p. 89~96
- 14) J. D. KELLER: Iron & Steel Eng., 36 (1959) 11, p. 125~133