

ないので、こゝには計上しなかつた。

第3表 製造費の比較
(發生ガスの熱量 10⁶Kcal 當り)

	溶滓式ガス發生爐	SB 10 型發生爐
石 炭	1209.0圓	1152.0圓
鹽基性平爐滓	24.6	—
壓延スケール	92.2	—
石 灰	2.7	—
酸 素	319.0	—
電 力	30.7	3.6
蒸 氣	11.4	75.7
用 水	8.8	—
人 件 費	50.9	—
小 計	1749.3	1231.3
副産物控除	-700	—
計	1049.3	1231.3
差額	182圓/10 ⁶ Kcal	

本文にかかげた溶滓式ガス發生爐の工業化試験は國庫から昭和 25 年度の工業化試験補助金の交附を受けて實施されたものである。

V. 將來の展望

固體燃料の完全ガス化と、ガス化速度を促進する目的のために、ガス發生爐に酸素を利用して爐内温度を高温に保ち、灰分は溶滓の形で流出せしめる方式は、今日迄のこの種のガス發生法の推移を考えると、將來ますます發達して行くに違いない。その利用の途も、冶金用、化學工業用、窯業用、ガス工業用等廣汎に開けて行くであらう。

殊に酸素を利用することによつて、ガスと銑鐵とを同時に生産する酸素熔鐵爐の新しい發展が期待されるのであつて、當社でもこの方面に對する不斷の研究が進められている。(昭和 27 年 4 月寄稿)

熔 鋼 の 連 續 鑄 造 法

小 島 義 正*・下 川 義 雄*

I. 緒 言

熔鋼の連續鑄造に關する歴史は相當古く今から約 100 年前英國の H. Bessemer が一組の水平ロールの間に熔鋼を注入して直接壓延鋼板を得ようと試みて失敗して以來多くの研究者技術者によつて試みられたに拘らず¹⁾²⁾³⁾未だ十分に工業的生產に使用されるに到っていない。併しアルミニウム合金銅合金等非鐵金屬に於ては既に十數年前より工業化が完成しその製品は世界各國に於て大量に生産されている。例えば吾が國に於ても第二次大戰以前より Al の連續鑄造は實施されており新扶桑金屬工業株式會社に於ける月産 3,000t 以上の Al 鑄塊が連續鑄造によつて生産された。又銅合金に對しては Junghaus 法、Erdred 法等の代表的な連續鑄造裝置の完成により實用化の域にあり、既に戦前に於て Junghaus 法を採用していた Scovil Co. では直徑 8 $\frac{1}{2}$ 吋の眞鍮の丸棒を 1,500,000 lb/ 週の割合で生産していたことが報告され⁴⁾米國の Continuous Metal Corp. の社長 Irving Rossi⁵⁾によれば同社では最近迄に 15 台の工業的生產を行うための連續鑄造機械を完成しているが、その内 2 台のみが鋼に對するもので他は何れも銅合金用であると

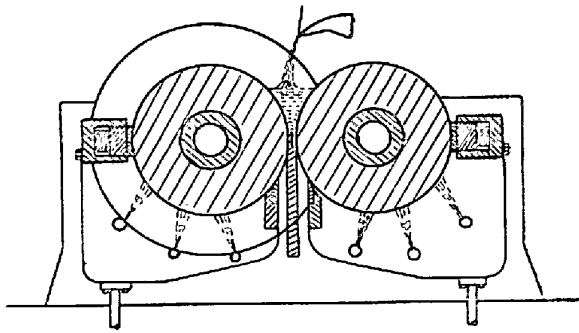
述べられている。熔融金屬より連續的に鑄造塊を作る方法は別すると直接壓延法と連續鑄造法となる。前者は熔融金屬を直接壓延ロールの間に注入して連續的に壓延材を得ようとするものであつて板、小徑の棒、線等を作る場合に用いられ Hazlett 法がその代表的な方法と考えられる。後者はそれに對し底の無い鑄型内に熔融金屬を注入しこれを下方に引出すことによつて連續的に長い 1 本の鑄塊を得ようとするもので Junghaus 法、Erdred 法、Williams 法等がその代表的な方法と考えられる。

現在熔鋼の連續鑄造に關しては研究も工業化も専ら後者に集中されている故前者に關しては唯その一端に觸れるに止め、後者について過去及び現在の概況を報告する。

II. 連續鑄造法の現在迄の經過

連續鑄造法を歴史的に回顧すれば既に述べた如く H. Bessemer が 1856 年 St. Pancras Factory で脱炭した鐵を一組の水平ロールの間に入れて厚さ 1mm 長さ

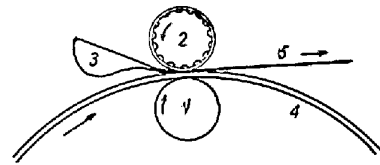
* 新扶桑金屬工業株式會社鋼管製造所



第1圖 Bessemer の直接壓延装置
(1857年特許)

1mの薄板を作りその後1857第年1圖に示した如き装置でその方法の特許を取つたのが始まりで、其の後 E. Norton 及び J. G. Hodgson, 村上義通等が同じ考えで機械を考案したが何れも実際の工業としては成功しなかつた。其の後 H. Blechmann¹⁾ は鋼を連続鑄造する場合に起る種々の問題を検討し、モールドの材料としては熔融状態の鋼から短時間に多量の熱を奪うためには銅であるべきこと、厚みは厚すぎたはいけない事、又冷却水への熱の傳播係数は $4500 \sqrt{v}$ Kcal/m²h°C (v は水の速度)であるから困難でないこと、併し熔鋼半凝固鋼は比較的熱傳導率(約 20Kcal/mh°C)が低い事を指摘した。更に直接壓延の可能性について論じ断面が十分小さいことが必要であり、鑄造後の板や棒が引續いて壓延されるためにもその寸法に制限があると述べている。更に實際の装置についての検討、製品の組織等についても論じているが實際の工業的な成果は得られていない。併し Bessemer の企圖した直接壓延法は Hazelett によつて次々と改良され第2圖にその機構の概要を示した高速度の直接壓延装置が完成し、Al, Cu 等の板の大量生産が行われている様であるが、鋼に對しては Hazelett が十分見込があると述べているだけで現在迄その Hazelett 法によつて鋼板の大量生産が行われたという報告は見られず最近の鋼の連続鑄造は後者即ち狭義の連続鑄造法に著しい進歩が見られる。

直接壓延法の Hazelett に對し連続鑄造法の進歩に最



- 1: Driving roll 2: Topping roll
3: Metal distributor 4: Steel ring
5: Rolled plate

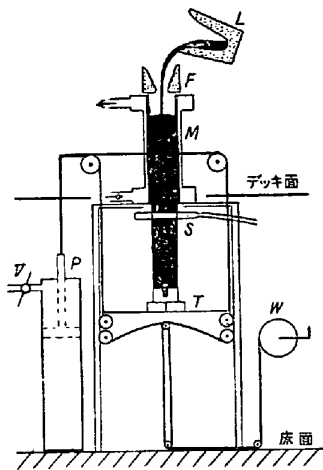
第2圖 Hazelett の新リング法の原理

も貢献した技術者は獨逸の Siegfried Junghaus であつて彼は Al, Mg, Brass 等の非鐵金屬の連続鑄造には既に戦前、工業化に成功し、Junghaus法による连续鑄造装置は獨逸の Bitterfield の I. G. 染料會社を始め數社に、又米國では Waterbury の Scovil Co. 外數社に銅合金鑄造機が設置されて工業的に稼働し、戦後この方法は鋼の连续鑄造に適用され米國の Allegheny Ludlum Steel Corp.⁶⁾、獨の Mannesmann 製鋼會社⁹⁾等に於て相當な規模に於て半工業的生產が行われている。Junghaus 法はそのモールドが上下に振動するのを特徴としておりこれによつて鑄造引出等を容易ならしめて比較的短い簡單なモールドが使用されている。

一方直接熔鋼の连续鑄造を企圖し研究したのは Vulcan Mold & Iron Co. の Edward R. Williams で主としてモールドの設計及び冷却法について研究し特許を得た。

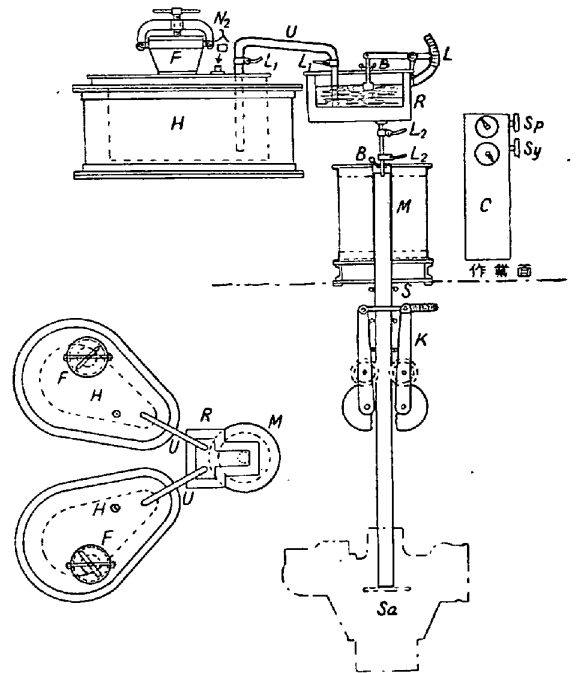
Williams 法のモールドは固定されており底から出た鋼塊は熔融金屬の内部からの靜壓による膨みを防ぐため一連の sizing roll を持つている。Williams は本装置によつて6吋丸或いは4吋角の鋼の鑄造を行い、高合金鋼に對しても實驗を行つている。併しこの方法による長期の試験は行われず戦前實用的に稼働したのは Bridgport Brass Co. に於ける Brassに對する小さな装置だけである。併しこの Williams 法の考え方は米國の Babcock & Wilcox Tube Co. に於て引繼がれて大規模な研究が行われ其の後着々成果をあげ半工業的規模に達している¹⁰⁾¹¹⁾。

吾が國に於ては戦後新扶桑金屬工業株式會社鋼管製造所に於て筆者によつて¹²⁾後述のモールド設計の基礎計算に基いてモールド並びに装置の設計が行われ、第3圖に示した第一次實驗装置、第4圖に示した第二次實驗装置により鋼の连续鑄造に關する實驗が行われた。實際の鑄造量も數t程度で少く實驗の範圍内を出ていないが、得られた結果は可成り貴重であり將來の工業的規模の装置に對して多くの重要な資料が得られた。



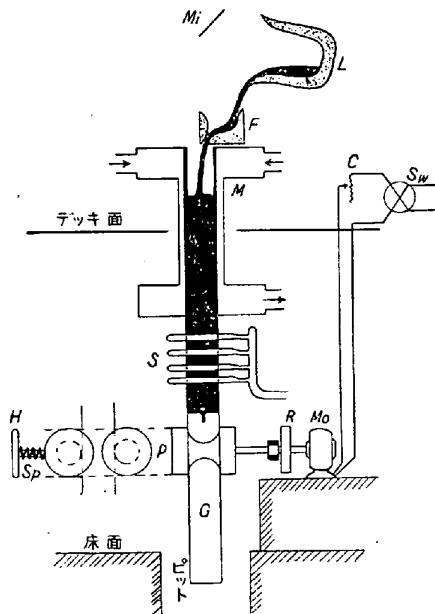
- L 取鍋
- M モールド
- T 保持台
- V 空気バルブ
- F 樋
- S スプレー
- P 空気ピストン
- W 手巻きウインチ

第3圖 扶桑鋼管の第一次實驗用連続鑄造装置



- F: 樋
- U: U字管
- M: モールド
- Sa: ホットゾーン
- L₁, L₂: 加熱用電熱線リード
- Sp: スピード調節用ハンドル
- Sy: 同時調整用ハンドル
- B: 空気遮断用ガスバーナー
- L: 湯面観測器
- K: カム装置
- H: 保持器
- R: 湯溜(注入室)
- S: スプレー
- Sa: ホットゾーン
- C: コントローラー

第5圖 Scovil Co. の銅合金用 Junghaus 型連続鑄造装置

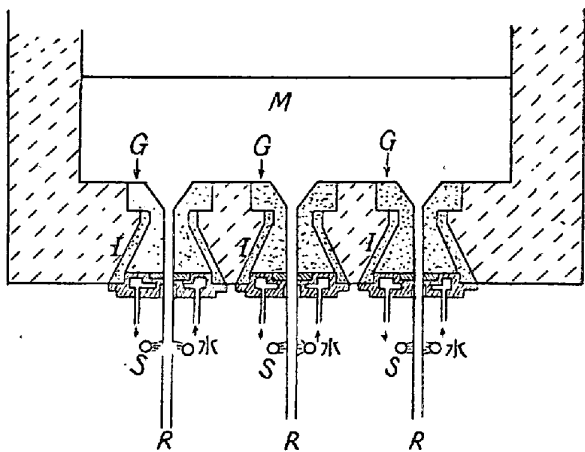


- L: 取鍋
- M: モールド
- Mi: 鏡
- S: スプレー
- P: ピンチロール
- Sp: バネ
- H: ハンドル
- R: 減速齒車
- C: 制御器
- Sw: スイッチ
- Mo: モーター

第4圖 扶桑鋼管第二次實驗用連続鑄造装置

鋼に對するJunghaus 法及び B & W 法に關しては後に詳細に述べるが銅合金から鋼の連続鑄造に到る経過を明らかにするため Scovil Co. に設備されたJunghaus-法の概要を述べれば次の通りである。Junghaus 法の機械構造は比較的小ぢんまりして第5圖に示した通りであり、熔融した眞鍮は 1.5t の眞鍮用取錫で Ajax 熔解爐から運ばれ圖に示す如き保持爐に入れられる。保持爐は或る程度の壓力を持った酸素を含まぬガスが入れ

るれ、このガスは小型のコンプレッサーで送り込まれる。ガスタンクと保持爐との間のバルブで壓力を加減し熔融金屬のモールドへの注入速度を變化出来る。保持爐内にU字管が下に延びて保持爐の金屬面に達し之れによつて注入室に送り込まれた金屬は注入室の底から自重によりモールドに注入される。尙滓の分離に三段階の工程を用いている。モールドは市販の肉厚 1/2 吋の引抜き銅管で水ジャケットにより冷却される。これは上下がパッキングで密閉されており、普通の冷却方法で、高壓水を通すとかモールドの断面に従つて水ジャケットの數を變えるとかいうことはない。唯既に述べた如く Junghaus のモールドは全體が水ジャケットと共に自動的に上下に動くことが特徴である。カム装置によりモールドはピレットが出て來るに従つて同一速度で 1 1/4 吋下方に動き再び急速に元の位置に戻る。歸りの速度はピレットの下降速度の約 3 倍である。又作業者は熔融金屬の表面に油を吹きつける。これは燕からとつた油で潤滑劑及び酸化防止劑として役立つ。又モールドから出たピレット



G:ダイス I:耐火物
S:スプレー M:熔融金属
R:鑄造棒

第6圖 Erdred 法連続鑄造装置

は赤熱状態にあるので水を吹きつけて冷却する。7/8 吋のピレットを 10 吋/分の速度で引出し得る。

この外特徴のある連続鑄造装置として Erdred 法がある。その構造は第 6 圖に示した通りであつて、モールド即ちダイスはカーボランダム、グラファイト等の材料で作られ、表面の美しい金属が得られること、鑄造速度の遅い事等が特徴である。併し鋼に對してはダイスの材料として熔鋼に對し抵抗性のある材質が得られな限り實用化の見込は薄い様に思われる。

III. 鋼の連続鑄造装置設計の基礎

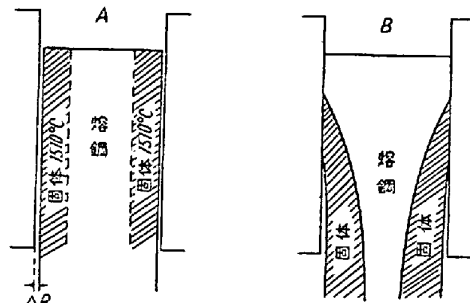
既に述べた多くの文献中にその装置に關する記録はあるが連続鑄造装置を設計する上に必要な基礎を示した結果は無く Blechmann¹⁾ が僅かに考案を下しているのみで唯一の公表された資料は筆者²⁾の結果のみと思われるので以下簡単にその結果を述べる。

筆者は連続鑄造の實驗を開始するに當り設計の参考資料として次の假定に基き計算を行つた。

1. 熔鋼温度は 1600°C, 凝固温度は 1510°C, 凝固熱は 64 Kcal/kg とした。
2. 熔鋼からモールド壁への熱傳播は輻射及び空隙内のガスの熱傳導のみによるものとして對流による熱傳播は考えない。
3. 熔鋼内の熱傳播は對流を無視し熱傳導のみとする。
4. 熔鋼の熱傳導率は不明であるが常温の鋼の熱傳導率は 39 Kcal/mh°C であり, Al 其他の金属が熔融状態では常温の約半分である所から 20 Kcal/mh°C と假定した。

5. 熔鋼の比熱は 0.1637 とし温度による變化を無視した。

6. 熔鋼の密度は 0°C の値を 7.85 とし平均線膨脹係數 0.00017 を用いて算出した。



A: 假定した凝固状況
B: 實際の凝固状況

第7圖 モールド内の熔鋼の凝固に關する假定

7. 熔鋼からの放熱量を計算する際便宜上第 7 圖 A の如く表面が或る距離迄は完全に凝固して凝固温度となり残りは注入温度のままとした。これは第 7 圖 B に示した實際の凝固と著しく異なる大膽な假定であるが熔鋼が凝固する際の凝固熱は熔鋼及び凝固鋼が冷却する際の放熱量に比して遙かに大きいので計算上と實際上との差は少いと考へたからである。

以上の假定に基きモールドの冷却効果を検討するには熔鋼表面から冷却水に到る熱貫流率又は熱貫流抵抗を求めればよい。計算結果によれば熔鋼からモールドへの熱傳達抵抗は輻射によるものが $0.04/\pi \sim 0.05/\pi$ 程度であり傳導によるものが $0.02/\pi \sim 0.005/\pi$ 程度であつて熔鋼からモールドへの熱傳達は輻射よりも傳導による方が大きい事が判る。又モールド内の熱傳達はその材質肉厚によつて變化するが内徑 90mm 肉厚 10mm の鋼及び真鍮製の圓筒形モールド内の熱傳達抵抗は夫々 $0.0003/\pi$, $0.001/\pi$ 程度で何れも比較的小さく従つてモールド自體の肉厚材質の影響は比較的少いことが判る。次にモールドから冷却水への熱傳達であるがこれは冷却装置の構造とか冷却水の流速によつて著しい影響を受ける。今内徑 90mm 肉厚 10mm の圓筒管を外套管との距離 12mm として冷却した場合の熱傳達率 K_w と熱傳達抵抗 πr_w を計算すれば次の通りである。

冷却水の流速(m/秒)	0.1	0.05	1.0	2.0
K_w (Kcal/m ² h°C)	477	1908	3533	6457
πr_w	0.0190	0.0048	0.0026	0.0014

以上の結果より明らかな如く熱傳達抵抗は熔鋼からモールドへの熱傳達抵抗がモールド内或いはモールドから

第 1 表

流 速 (m/秒)	空隙内のガスの熱傳導率 (Kcal/mh°C)	空隙の間隔 (ΔR) (mm)	熱貫流率 (Kcal/m ² h°C)	10mm 凝固に要する時間 (秒)	モールドの長さ (mm)			
					引 出 速 度			
					3m/分	2m/分	1m/分	0.5m/分
0.5	0.15	0.1	1,145	13.3	665	443	222	111
"	0.15	0.2	854	16.5	775	550	275	138
"	0.05	0.2	496	24.8	1,240	827	414	206
1.0	0.15	0.1	1,389	11.6	580	348	194	97
"	0.15	0.2	950	14.8	740	494	247	123
"	0.05	0.2	522	24.1	1,205	802	410	205

冷却水への熱傳達抵抗に比して大きく而もこの値は冷却装置に支配されない故冷却装置を如何に巧妙に設計しても熱貫流率を或る限度以上に大ならしめる事は不可能である。

以上の結果を利用すれば熔鋼から冷却水への熱貫流率が計算され之れに基きモールドの設計を行うことが出来る。二、三の条件のもとに於ける熱貫流率を第1表に示した。次に凝固速度を求めるには熔鋼から放出する熱量を求めなければならない。併るに熔鋼が 100°C 冷却する際に放出する熱量は約 16 Kcal/kg であるのに対し凝固熱は 64 Kcal/kg で著しく大きい。従つて實際凝固が第7圖Bの如きものであるのをAの如く假定しても大きな誤りは生じないと考えられるので、この假定に基き計算を行つた。今直径 90mm の熔鋼が 10mm だけ凝固するに要する時間をTとし之れにモールドからの引出速度を與えてモールドの所要長さを計算した結果を第2表に示した。

併し熔鋼の凝固は均一でなく第7圖Bの如くなる以外に撰擇凝固して所謂樹枝状結晶を發達させる故、もう少

し厚い凝固層を假定する必要がある。又第1表の長さは實注入量を示す故實際のモールドは之れに若干の長さを加える必要がある。第2表は之の長さを 200mm と假定して鋼塊直径 90mm, 125mm, 145mm に對する實用的に使用可能な計算結果をモールド長さとして示した。

次にピレットの引出しには通常ピンチロールが用いられるがモールドから出た鋼塊は外殻のみ凝固し中心部は未だ熔融状態にあるので、ピンチロールの位置は少くとも中心迄完全凝固した位置に持つて來なければならない。而もモールドから出た後の鋼塊の冷却は特別な冷却法を用いなければ輻射のみの冷却である。従つてピンチロールの位置として輻射のみで冷却される場合の完全凝固の位置及び表面温度が 1200°C 迄低下する位置を第2表に示した。之れよりモールドの内径が大きくなればなる程、引出し速度が速くなればなる程モールドの長さは長くピンチロールは下方に置く必要のある事が判る。併し實際の装置では完全凝固の位置にピンチロールを置くとしても鋼塊の表面温度が可成り低いことが強度の面から必要で従つて單なる輻射による放熱以外に何等かの冷

第 2 表

鋼塊直径 (mm)	空隙ガスの熱傳導率 (Kcal/mh°C)	凝固部の平均厚 (mm)	モールドの長さ(mm)			完全凝固迄の距離(mm)			ピンチロールの位置(mm)		
			引 出 速 度			引 出 速 度			引 出 速 度		
			3m/分	2m/分	1m/分	3m/分	2m/分	1m/分	3m/分	2m/分	1m/分
90	0.05	10	1,405	1,000	610	4,360	2,900	1,450	6,410	4,370	2,130
	0.15	"	940	695	450						
	0.05	15	2,000	1,400	800	3,570	2,380	1,190	5,620	4,110	1,870
125	0.15	"	1,275	910	555						
	0.05	20	2,900	2,000	1,100	4,300	2,900	1,430	6,900	4,630	2,300
145	0.15	"	1,955	1,370	785						
	0.05	25	3,660	2,510	1,360	5,450	3,640	1,820	7,980	5,340	2,670
	0.15	"	2,505	1,740	970						

註 冷却水の速度は 1m/分、ピンチロールの位置の鋼塊表面温度を 1,200°C と假定す。

却方法を要する。吾々の実験装置では輻射以外の鋼塊冷却方法としてモールドの出口の下にスプレーを取り付け水冷により完全凝固を促進し、同時に鋼塊表面温度の低下をはかった。

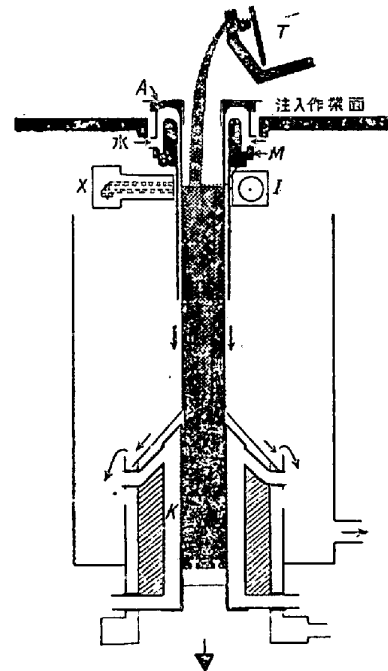
後述の B & W の装置を見ると著しく長いモールドと低い位置のピンチロールを用いて非常に速い流速によって水冷効果を十分に活用し時間當りの注入量の増加を企圖しているのに対し、Junghaus 法ではモールドの長さは 1m 程度で振動により注入鋼とモールドとの直接接觸及びその間隙の減少と引出しの容易さを促進し、油を使用して潤滑剤として役立たせると共にガス傳導による放熱をなるべく液體傳導に變えてモールドの冷却効果を促進し、同時に引出し速度が遅くモールドから出た鋼塊はスプレーによつて高壓水をかけることによりその冷却を促進するという方法がとられている。併し上述の計算結果より明らかな如くモールド長さを約 1m として 145 mm の丸鋼を鑄造する場合 1t の注入に約 8 分を要し直徑の減少に従つて注入速度を増すとしても略同程度の時間を要する。モールドに更に工夫を加え冷却効果を促進するとしても鋼自身の熱傳導率及び熔鋼からモールドへの熱傳導率から見て之の注入量が數倍或いは數十倍に飛躍するとは考えられない。従つて工業的に多量の熔鋼を連続的に處理するには相當長時間温度降下の少い熔鋼の保持方法を研究することが極めて重要であることが明らかとなる。

IV. 半工業的規模を持つ鋼の連続鑄造装置

現在半工業的規模に於て鋼の連続鑄造を行つている工場は筆者の知る限り Babcock & Wilcox Tube Co., Allegheny Ludlum Steel Corp., Scovill Co., 獨の Mannesmann 等數社に過ぎない。前者は明らかに Willams 法の改良と見られ、後者は何れも Junghaus 法の鋼の適用と見られる。従つてその代表として前二者の装置を稍々詳細に紹介する。

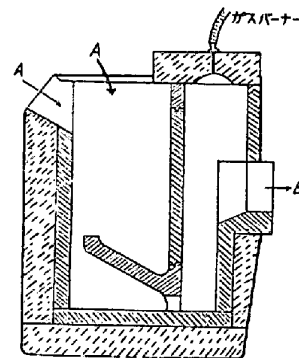
(1) Babcock & Wilcox Tube Co. の連続鑄造装置¹⁰⁾¹¹⁾

B & W の半工業的連続鑄造装置は 1947 年に完成し 1950 年迄に約 600t の良質の鋼塊を生産したと云われている。その全體の装置の状況は第 8 圖に示した通りであつてモールド上面は 75 呎の階上にありアーク爐より直接 Tundish を通してモールド内に注入される。この保持爐を兼ねたアーク爐は通常のアーク爐であるが唯熔鋼量よりもやゝ大きな底を持つ様に設計されている。Tundish は第 9 圖に示した如く鋼滓を除去する様に隔板



T: Tundish M: モールド A: アルゴン吹込口
X: X線照射器 I: イオン化室 K: 均熱室

第 8 圖 B & W の連続鑄造装置

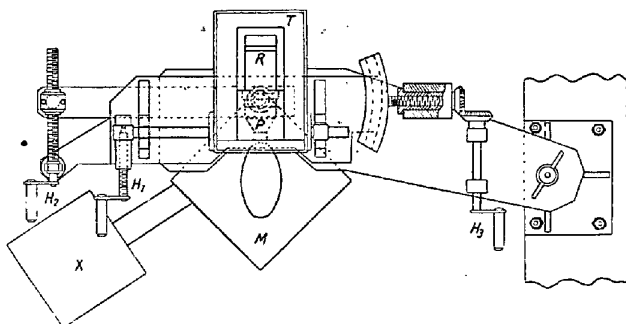


A: 熔鋼受入口
B: 熔鋼注入口

第 9 圖 Tundish の構造 (B & W)

を取付けた注入用樋であつて注入量が一定に保たれる様底注でなく上部の口から熔鋼が溢れ出る様に設計されている。又第 9 圖より明らかな如く上部をガスバーナーで加熱し同時に酸化防止の役目を與えている。之れによつて鋼滓又は金屬酸化物がモールド内の金屬表面に入ること完全に防止している。モールドは十數呎の著しく長い固定された眞鍮管であつてその外側を更に外套管で包みその間隙に高速の水を流す。その流速は 1 哩/min 以上であると報ぜられている。又モールドの形状は冷却効果を増すため Oval 型でその形状は實驗的に又製品の形状によつて異り、Oval の断面積は 25~40 平方呎のものが實驗されたが 100 平方呎のモールドを建造中であるという。又モールド内で許される湯面の移動は最高 18 吋

迄で人が直接見ながら調節することは困難である處からモールド外からX線を照射してこれを湯面を通してイオン化室に入れX線の強さを電氣的に計測し自動的にアーク爐の傾斜を加減し湯面を常に一定に保つ様にする。湯面はモールド上端より稍下方に置き酸化防止のため空気より重い不活性ガスアルゴンを少量この中に流し、同時に少量の可燃性の油(ヒマシ油)を流し込んで湯面で燃焼させ酸素を除去し吸収する。モールドの上部其の他の状況は第10圖に示した通りである。



M: モールド T: Tundish X: X線
R: Tundish の熔鋼受入口
P: Tundish の熔鋼注入口
H₁: Tundish の傾斜用ハンドル
H₂, H₃: Tundish の水平移動用ハンドル

第10圖 上部より見た B & W 連続鑄造装置の構造

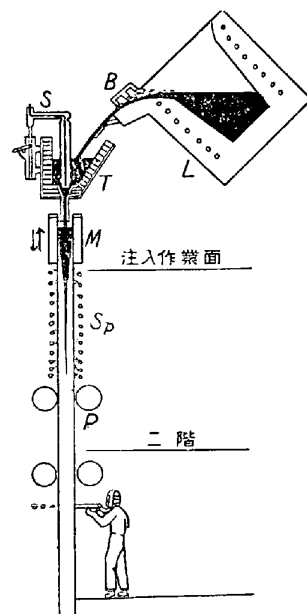
B & W のモールドは非常に長いが尙モールド内で完全凝固を行わせる程モールドを長くすることは困難であるためモールドから出た鋼塊は未だ内部が熔融状態にある。これを完全凝固に到らせるのに B & W の装置では直接水冷を行わず絶縁體を充填した外套管で之れを圍み輻射により放熱すると同時に或る程度均熱爐を通過させると同様の効果を期待している。之れが又十數呎の長さを持つている。この下にピンチロールがあり、これはパネによつて鋼塊をしめつけ、このピンチロールの速度によつて全體の速度が制御される。注入を開始する際にはこのロールを逆轉して棒を入れて置きこの頭部にモールド内に任意の底を作るため底板を取りつける。この底板にはボルトがあり最初注入された熔鋼はボルトの周邊に凝固し棒の降下と共に下法に導かれる。ピンチロールを通つた鋼塊は適當な長さにガス切斷されコンベアによつて壓延装置に運ばれ壓延されて所要の製品となる。實施の一例は4吋丸低炭素鋼で引出速度は2~5呎/分、注入時間は30分で注入温度は1580±10°Cの範圍であると述べられている。

尙 B & W では1951年中に100平方吋のOvalによる製品を作り之れを26吋幅のストリップにする豫定で

目下計畫中の工業的設備が完成すれば全生産量の25~30%は連続鑄造が適用される豫定であると述べられている。

(2) Allegheny Ludlum Steel Corp. の連続鑄造装置⁶⁾

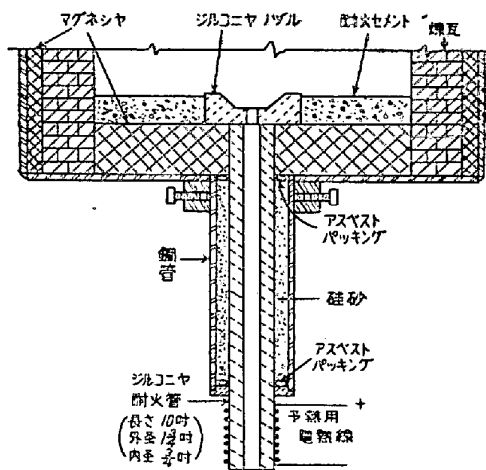
B & W の连续鑄造装置が一應 Williams 法の改良と見られるのに對し Junghaus 法の應用例としては Allegheny Ludlum Steel Corp. の连续鑄造装置がある。同社の装置を作つた Continuous Metalcast Corp. の社長 Rossi によれば同社には二台の连续鑄造装置が納入されていると云う。現在同社の Watervliet 工場に設置されている连续鑄造装置は第11圖に示した通りであ



L: 取鍋 M: モールド T: Tundish
S: ストパー Sp: スプレー P: ピンチロール
B: ガスバーナー

第11圖 Allegheny Ludlum Steel Corp. の连续鑄造装置

つて第5圖に示した Scovil Co. の銅合金用装置と比較して熔融金屬の保持装置並びに Tundish に變更が見られるが连续鑄造のモールド其の他は殆んど同じと見てよい。即ちモールドは長さ24吋で水冷され冷却水の温度上昇は12~40°F程度である。モールド内面に厚さ0.005吋のCr鍍金を行い熔鋼及び凝固鋼による侵蝕を防止している。モールドは上下に振動し下降運動は鑄造された鋼塊の下降速度と同じであるが上昇速度は下降速度の3倍で、振動する距離は通常3/4吋最高2吋である。潤滑剤として種子油が用いられ、プロパンガスが酸化防止のためモールド内及び Tundish 内に入れられ、又市街ガスが注入堰上に吹きつけられる。本装置の tundish は B & W の場合と異り固定式で、その底部は第



第12圖 Tundish 底部の構造
(Allegheny Ludlum)

12 圖に示した如き構造で、長さ 10 吋内径 3/4 吋のジルコニヤ製注入管がモールド内に約 4 吋入り、注入はジルコニヤ製ノズルとストパーにより加減されモールド内の湯面を一定の高さに保つことが出来る。

従つて装置全体は豫め定められた速度で運轉され、モールドから出た鋼塊は直ちに第 11 圖に示した如きスプレーによつて水が吹きつけられることによつて冷却されピンチロールに到る迄に内部迄完全凝固が行われるようにする。ピンチロールの下で鋼塊はガス切斷され、受台の上に落ち、コンベアで運ばれる。注入速度は 3×15 吋又は直径 9 吋の場合には 20~30 吋/分の程度であり、断面の小さい場合即ち 4.5 吋丸或いは 3.5 吋角の場合には 4~5 呎/分程度で、引出速度の最大は凝固した外殻が熔鋼の静圧に耐えられるかどうかによつて定まる、と述べられている。この結果は第 2 表に示した計算結果とよく一致し B & W の實驗結果と大差ない。

併し Alleghney の Waternliet に目下建設中の新しい装置は従來の最高引出速度 5 呎/分が 15 呎/分迄、鋼塊の断面積も 150 平方吋迄の丸又はスラブ型鋼塊が得られる筈で、この装置は年産約 72,000t の合金鋼に適用される豫定であるという。

V. 鋼の連続鑄造工業化に對する將來の展望

前節に述べた如く鋼の連続鑄造は既に一二の工場に於て工業化されつゝあるわけであるが、工場の規模、製品、經營の異なる吾々の工場に取り入れる場合現狀として如何に受け入れるべきかについて簡単な考察を行つて見たい。

上述の結果より明らかな如く、鋼の連続鑄造も單に技術的に見れば現在では略完成の域に達し困難な點は次々と解決されつゝあるが、工業化の立場即ち技術的な面と

經濟的な面と組合わさつた工業或いは工場經營の立場からは尙問題となる點が残つている様に思われる。鋼の連続鑄造が非鐵金屬に比して困難な諸點は

(1) 鋼は非鐵金屬より含熱量の大きいこと、即ち含熱量は鋼に比べて銅は約 60%、Al は 30% に過ぎないこと。

(2) 鋼は注入温度が高いこと、即ち鋼は銅の約 75% Al は約 45% であること。

(3) 鋼の熱傳導率が小さいこと、即ち銅は約 10 倍、Al は約 3 倍であること。

(4) 鋼の單價が著しく安いこと。即ち鋼は銅の約 5 倍 Al の約 15 倍の速さで注入しないと同一時間に同一價格のものが注入出来ぬこと。

(5) 熔鋼を保持し得る安定な安價な材料がないこと。等であつて現狀として互に矛盾する點が同時に對立していることである。従つて(4)を克服するため通常の製鋼工場で行われている如く鋼の熔解を大型の爐で一時に多量に行つて出鋼すれば(1)(2)(3)等の理由から連続鑄造によつて處理される量には制限があるためどうしてもこれを熔融状態で成分温度が餘り變化なく適當に保持して行く必要があるが、これが(5)から見て困難である。換言すれば(4)の制約の下で大量生産される普通鋼を連続鑄造装置の常時稼動によつて處理しようとするれば、平爐或いは電氣爐から數十種乃至百數十種も出鋼した多量の熔鋼を成分温度等の變化しない適當な保持爐に入れてこれを少量宛装置に供給するか、多數の小型の電氣爐又は平爐を設備して熔解し出鋼時を装置の稼動状況とにらみ合わせて装置に供給するか、何れかの方法を取らざるを得ない。併し目下の處前者は技術的に又後者は經濟的或いは工場經營の面から相當難點があると思われる。

唯連続鑄造によつて製造された鋼塊はその品質に於て普通造塊のもの比して著しく優秀であり且歩角りが極めて良好であるという優れた特質があると云われている。

前述の(1)(2)(3)の點は(4)(5)を無視すれば技術的には解決されているので、(4)(5)の點を何等かの方法で克服することによつて經濟的に十分採算の取れる可能性がある、即ち連続鑄造を適用する鋼種として非鐵金屬の價格の數分の一或いは十數分の一という安價な普通鋼を撰ばず、普通鋼より遙かに高價で而も良質な鋼塊を要求される合金鋼の類にのみこれを適用すれば、(4)は相當程度迄克服され、他の條件との矛盾は少くなる。而もこれ等合金鋼は又通常一度に大型の爐で大量生産する必要もないので、保持爐は比較的少量の熔鋼を短時間保持すればよく(5)の點も亦或る程度克服されることと

なる。連続鑄造された合金鋼が普通造塊の合金鋼に比して著しく優秀な性質を持つかどうかについては僅かに Edal Stahl の技師 H. Krainer と B. Tarman¹³⁾ の研究結果があるのみで将来の研究問題に属するが、歩留りの良好なことは當然考えられる故、現状として最も経済的に連続鑄造を吾々の工場に取入れるとすれば先ず餘り大規模な装置でないものを合金鋼の鑄造に取り入れるべきであろうと思われる。

VI. 結 言

以上簡単であるが鋼の連続鑄造に關し現状に到る迄の経過を述べた。唯主として文献によつたため公表された以外の事實について何等記述出来なかつた事は残念である。併し吾國の現状に於て技術的には吾々のさゝやかな經驗から見ても大した困難はないと考えられるので經營的な面で採算のとれる見通しがつけば實施されることを心から希望している。(昭和 27 年 4 月寄稿)

文 献

- 1) H. Bleckmann: Stahl u. Eisen (1934) 54, 153.
- 2) T. W. Lippert: Iron Age (1940) Apr. 4, 31; Apr. 11, 44.
- 3) G. Neaser: Stahl u. Eisen (1941) 61, 409
- 4) Symposium on Continuous Casting: AIME Met Div. (1945) 161 487~523.
- 5) T. W. Lippert: Iron Age (1945) Mar. 21, 10
- 6) T. W. Lippert: Iron Age (1936) Oct. 15, 26
- 7) I. Rossi: J. of Metals (1951) 3, 227
- 8) D. I. Brown: Iron Age (1951) Sep. 20, 113
- 9) Discussion: Stahl u. Eisen (1950) 70, 1108
- 10) T. W. Lippert: Iron Age (1948) Aug. 19
- 11) I. Harter: J. of Metals (1951) 3, 223
- 12) 下川義雄: 扶桑金屬 (1949) 1, 7
- 13) H. Krainer u. B. Tarman: Stahl u. Eisen (1950) 70, 1098

正 誤 表

(4 月號所載技術資料, 「電氣爐による酸素製鋼について」中下記の如く訂正す)

頁	行	誤	正
67右	23	効率には	脱炭効率には
67右	25	で脱炭, 後者では	で, 後者では
68左	8	電氣爐酸素鋼	電氣爐酸素製鋼
69左	12	50~600	500~600
73右下より	2	$CrO(\text{飽和})+C=Cr+CO$ (C, Cr は溶解せる意)	$CrO(\text{飽和})+C=Cr+CO$ (<u>C</u> , <u>Cr</u> は溶解せる意)
69右	第 3 圖	説明脱落	100% 高合金 Ni Cr 鋼屑を装入せる熔解の経過. 酸素を用い精鍊す
72左	第 4 圖	〃	脱炭に伴う鋼浴の酸素變化
73右	第 5 圖	〃	kg 炭素量當りの酸素所要量と吹精始めの炭素量との關係 (R. Fischer)
74左	第 6 圖	〃	鑛石及酸素による實地熔解の酸化末の溫度