

名誉会員からのメッセージ

Strip Castingの研究と私

早稲田大学 名誉教授

草川 隆次



1 はじめに

1998年(平成10年)10月22日の鉄鋼新聞は新日本製鐵(株)が世界に先駆けてステンレス鋼のStrip Castingの実用化に成功したことを発表した。実は私がStrip Castingの研究を始めたのは1957年(昭和32年)で、約40年の年月を経て、実用化が成功したことになる。私が長い間持っていた夢が一つ実現したということで、私自身人知れず喜びを感じている。

一つの新しい技術の種が蒔かれ、育てられ、花が咲き果実が実るまでには非常に長い年月がかかるものであることを改めて認識させられた。

大学の中で行って来た小さな研究の種が、大きく育っていく過程を残しておくことも必要かと思い、その概要を書くことにした。

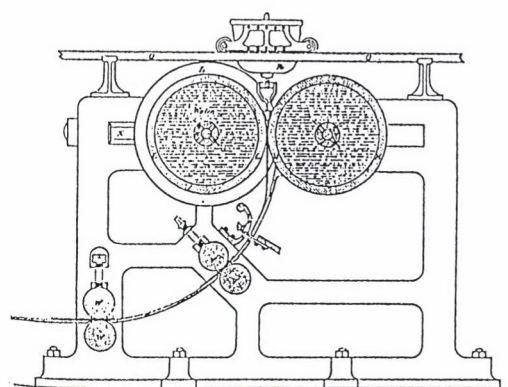


図1 Bessemer法の改良実験装置(1857年)

2 Strip Castingの定義と世界的にみた発展の概要

Strip Castingの研究を述べるに当たってまずその定義を述べておきたいと思う。すなわち「Strip Castingとは溶融金属から直接0.2~5mm程度の薄板を製造する方法」を云っている。多くの場合双ロール間に溶融金属を流し込み、薄板が製造されている。

実はこの方法は1842年頃よりSir Henry Bessemer¹⁾によって銅合金、鑄鉄、鋼について実験が始まり、1857年には大型の双ロール凝固装置²⁾が発表された(図1)。これは特許もとられ、鋼について実験されたようであるが、実用化までには発展しなかった。当時は米国または独国²⁾においてもすでにこのような実験が行われていたようである。

3 鉄鋼材料のStrip Castingの研究を始めた動機

私は昭和17年(1942年)9月に半年大学の年限が短縮されて卒業した。直ちに軍隊に入り丁度3年の後、昭和20年

(1945年)9月に戦争の終了とともに復員し、また直ちに早稲田大学鑄物研究所の研究室に戻った。当時問題になっていた溶融時における鋼屑の加炭の研究等を行っているうちに昭和24年(1949年)2月に米国のIron Age誌³⁾に「鑄放して球状黒鉛が晶出していて、伸びのある鑄鉄が得られる」という発表があった。当時はNodular Graphite Cast IronとかDuctile Cast Ironと称せられていた。これを読んで、その数日後に丁度行っていた加炭の研究で得られた過共晶組成の鑄鉄に純Mgを添加して球状黒鉛鑄鉄を作製した。その性質を調べた結果は全く鋼と同様強度もあり、伸びもあることが解ると同時に、私としてはこの材料を鑄物ばかりに用いることなく、広く鋼と同様に棒材、板材にできないだろうか考えた。その後、この鑄鉄の特性を明らかにするための研究を行っていたが、昭和32年(1957年)科学画報という科学雑誌に図2⁴⁾に示すようなソ連において実施されていた鑄鉄のStrip Casting装置とその操業状態のスケッチ画が掲載されていた。これこそ私の考えていた方法と思い実験を決意した。これは可鍛鑄鉄で焼鈍後波板に加工、屋根板として使用されていたようである。

球状黒鉛鑄鉄ならば更により鑄鉄板ができるのではないかとの夢を描き早速実験にとりかかることにした。

昭和54年(1979年)貸し出していた小型凝固装置を取り戻し、実験を再開した。従来は球状黒鉛鑄鉄では多く過共晶組成を選んでいましたが、今回より共晶組成のものを選ぶことにより、容易に鑄鉄薄板を製造できるようになった。またSUS304ステンレス鋼についても実験を行い、容易に薄板を得ることができた。

そこで実験材料は球状黒鉛鑄鉄ならびにSUS304ステンレス鋼の2種類とした。また凝固装置の方も次に示す2種類を新たに設計製作した。

(1)急速凝固研究用(双ロール、薄板厚さ0.2~1.00mm)

純銅ロール(直径200mm、幅40mm)(鑄造製)

回転数 5~2500rpm

(2)一般実験用(双ロール、薄板厚さ0.5~2.00mm)

純銅ロール(直径200mm、幅100mm)(鑄造製)

回転数 5~200rpm

これらの装置を用いて実験を行っている過程で次の2点が問題になった。

(1)溶金の流れの状態と組織の関係

(2)溶金の流れと鑄肌の関係

すなわち溶金の流れの状態とは乱流か層流かの問題であり、1.5mm程度の薄板の場合乱流では表面より熱伝導性がよいので、中心部まで柱状品になっているが、層流になればロールの薄板の表面との間に僅かの隙間が生成し、柱状品が短く中央部に等軸品が生じている。

溶金は表面張力が大なるため、板状の層流を送り出すための多くの実験を行った。その1例は溶金を管を通して平板上に落下させ扇状に拡げてロール間隙に鑄込む方法⁵⁾は比較的良好な結果が得られた。ステンレスの薄板(厚さ1.5mm)でこの方法で得られた試料では引張強さ鑄放しで700N/mm²、伸び60%、これを50%圧延した後1323Kに焼鈍し、引張強さ760N/mm²、伸び86%の超塑性的性質を有したものも得られた。また球状黒鉛鑄鉄試料では一般には一段焼鈍(1173K)二段焼鈍(973K)を行い、基地をフェライト化する。また鑄放しでは厚さ1.5mm程度で焼鈍後圧延をして厚さ1~0.71mm程度にした試料が機械的性質を調べるために使用した。これは当然化学組成にも影響されるが標準としてはC3.5%Si2.5%で引張強さ290~790N/mm²のものが得られるが、伸びが0~3%程度で一般にこの材料の規格値からみても著しく低いのが欠点である。これも化学組成としてMo等添加することで、ある程度上昇することはできる。

またこれまでは大体共晶凝固に近い組成を選び、凝固速度としては10^{2~3}K/sec程度である。そこで更に凝固速度を増せば過共晶組成でも過冷することで同様の結果が得られると考え、前述した急速凝固研究用装置を用い実験を行っ

た。球状黒鉛鑄鉄の共晶や過共晶組成で鑄放しで0.2mm程度の厚さの試料を作製した。これを一段・二段の焼鈍を行い性質を調べた。この試料の凝固速度は10^{4~5}K/secで一例として引張強さ530N/mm²、伸び6%で、非常にflexibleな材料が得られた。これは球状黒鉛組織が細く、それに伴い基地フェライトの結晶粒度は1μ以下になり超塑性的性質が得られることが明らかになった。

このようなデータが得られたが、私としては大学を定年退職となり、実験は一応終わらざるを得なくなった。丁度平成元年の3月である。

5 終わりに

この研究は昭和32年(1957年)に始まり平成元年(1989年)に大学としては終わっている。33年の間に数年は中止したものの、私の研究室で卒業論文、修士論文を書かれた学生の方、大学の研究費、文部省の科学研究費の援助のもとに実験を行うことができた。

また結果についても鉄鋼協会に発表したが、最初のうちは余り関心が得られなかったが、昭和60年(1985年)の秋季講演大会が新潟で行われた時、Strip Castingのシンポジウムを開き、16社から発表があり、丁度アメリカMITのFlemings教授にも発表していただき、世の中で急に関心が高くなった。しかしその後15年経った今日、これを実用化にまで進めてきたのは僅か新日本製鐵(株)一社のみとなったが、他にも実用化の域に達していると思われる企業は数社あると思われる。

またこの技術は150年も前、英国に始まったが、今日の実用化のためには凝固解析の研究、コンピューターによる制御その他の近代技術が取り入れられ、日本の各社が独自の技術を実用化にまで完成されたもので、日本独自の技術と考えることができると思われる。

このように鉄鋼材料の技術は完成までは膨大な費用と長い年月が必要であることを認識した。

私もいつの間にか傘寿を迎えてしまった。このStrip Castingの研究の本当の概要を述べさせていただいたことを感謝致します。

参考文献

- 1) Henry Bessemer : J. of Metals (1965), 1189.
- 2) 同上, 1191.
- 3) The Iron Age, 17 (1949), 77, 24 (1949), 97.
- 4) 科学画報, 5, 4 (1957)
- 5) 日本特許, (1992), 2338.

(1999年3月18日受付)