

討 8

非鉄金属材料の莖板連鑄

東海大学

田中 浩

非鉄の連続鑄造(連鑄)はその溶融度が低いことからやりやすく、鉄より先に行なわれてきた。1937年頃 アルミニウム合金については Roth (西独 VLV社) や Ennor (米, アルコア社) がほぼ同時に半連続法を開発している。1927年に Siegfried Junghans (独) は Wieland社 (独) で黄銅の連鑄研究を行い、特許を出願している。この方法は大型鑄塊の鑄造の可能性を示唆し、RothやEnnorの研究の切掛けとなった。1937年に Junghans は米国銅合金加工業の大手 Scovil社 に赴き、ここで各種の黄銅の連鑄を行った。特に断面 $120 \times 520 \text{ mm}$ を鑄造したことは有名であった。翌年彼は米国特許権をニューヨークの Irving Rossi氏に譲渡した。Rossiは他の技術者と協力して改良を行い、Junghans-Rossi機と称した。大戦中は Rossi機とよばれ、この方法で戦争目的に必要なアルミニウム鑄塊の製造を行った。Rossi機では連鑄のとき鑄塊の長さの方向に鑄型を少し上下往復させ、鑄型と鑄塊との焼付防止すゝまよう工夫されていた。早くから銅合金の連鑄を行ったのは Wieland社と Scovil である。しかし半連続をも含めて広く銅合金の連鑄が行われだしたのは戦後で、アルミニウム合金よりもかなり後である。しかし現在では90%以上のアルミニウム、銅合金は連鑄による。なおアルミニウムでは鑄塊の振動は行われぬが銅系には鑄型の振動あるいは間欠的な動きを与えて焼付防止すゝまことは基本的に重視され、特に莖板の連鑄にはすべてこれが応用されている。

アルミニウム合金では連鑄に対する期待は単に大型鑄塊の鑄造ができることだけではなかった。デュラミン系の成分元素 Cu, Mg, Zn による鑄塊偏析をいかに少なくすまか、あるいは大型鑄塊に見られる巨大金属間化合物を微細化するなどの問題が溶湯中の Sump の調整であり程度解決されると思われたからである。銅合金では需要の最大な黄銅に偏析の問題はなく、また連鑄の行われる銅合金はほとんど単一相であることも問題を少なくしている。むしろ必要に応じて鑄塊寸法を自由にできることが主要であった。たとえば需要の大きな黄銅などは厚さも巾も大きな鑄塊を必要とし、熱間、冷間圧延で仕上げる。しかし熱間加工ができない Cu-Sn-P, Cu-Zn-Mn 系などでは莖板素材にして冷間圧延で仕上げる。莖板健全な素材をどうして連鑄で製造するかが昔からの問題であった。

莖板素材は長さが大となり、厚板を熱間して長さに対等でないならばならぬからである。したがって縦型連鑄は不便となり、横型連鑄が主流となる。横型連鑄もアルミニウム系で発達しており、板や棒がかなり製造されているが莖板素材には応用されていない。冷間加工のみに依存しなければならぬような事情がほとんどないからといえる。したがってここでは銅合金系の横型による莖板連鑄を考へる。

近年銅系には横型による莖板素材の製造が脚光をあびてきた。1960年代のはじめに欧州大陸で冷間圧延鑄塊として $10 \sim 15 \text{ mm}$ 厚が用いられるようになり、これに横型連鑄が利用されだした。さらに冷間圧延に直結して外削、巻き取り、運搬などの設備が工夫され、今では 1 t/分 の生産も珍らしくない。また平行ラインで 10 t/分 の生産を行っているところもある。利用される合金は容易な Sn 入銅からはじまって現在では黄銅、洋白、キエフロその他にまで広がっている。米国ではこの種の合金は縦型でも行っているが欧州や日本では

横型による板、棒、管などの製造が近年盛んになってきた。横型を採用する理由は (i) 縦型のように建築を多くする必要がない、(ii) 圧延用スラブが薄いのと真価な熱間圧延設備とその付帯設備が必要でなくコストが節減される、また熱間加工が困難または不可能な合金に適した設備である。

横型は縦型に比べてすべての点でよいわけではない。未解決な点もある。鋳型(黒鉛マールド)と鋳塊間のシリコンジギヤラフが上方に生じやすく非対称的な凝固もし、断面形状も不精確になることがある。鋳塊の支持方法によっては歪みも起す。大量生産を目的としないから鋳造速度は鋳塊の性質を良好に保つ程度に抑え、むしろ多量本どりでは量をコントロールする。

薄板鋳塊といっても 10mm 以下は製造が困難である。現在では 12~15mm が厚さの限界で巾は 800mm までと思われ、巾は最終用途から考えてほとんど十分である。日本で利用される合金も外国と同じで Cu-P, Cu-Zn, Cu-Zn-Pb, Cu-Sn-P, Cu-Zn-Ni, Cu-Sn など熱間圧延に不利または不可能な材料が主である。ほとんど条製品となる。生産は 1 基で 1t/hr 前後であって引出し速度は 150~400 mm/min と考えられる。

横型鋳造機とその付属設備を図 1 に示す。型式は種々あるが原理は同じである。設備は欧州諸国(英, 西独, オーストリア)で開発され賣出されたものが多く、日本でも導入によるものが主である。図中の 1 は溝型誘導炉, 2 は保持炉, 3 が鋳型で鋳塊 5 を 7 や 9 で引出す。

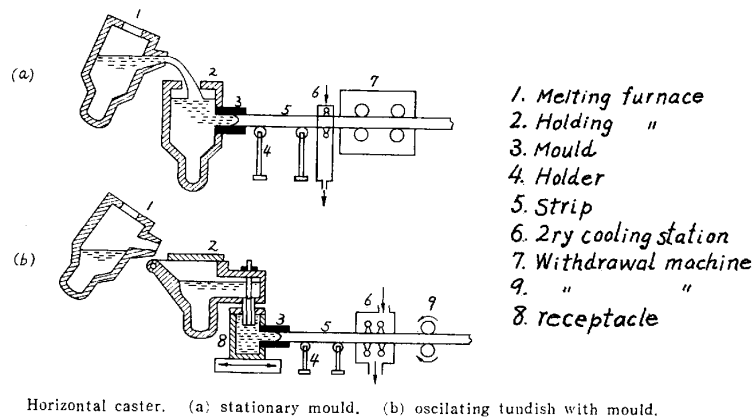


Fig.1 Outline of horizontal caster

鋳型には黒鉛が用いられ、外側に銅シヤットが密着する。鋳型は保持炉の壁に直接取付けられる場合と保持炉の湯を受取り小容器 8 の側面に取付けられる場合 (a), (b) とある。両者とも型への流入口には溶湯面からの静水圧が作用し, "submerged mould casting" となる。(縦型鋳造は "Open top mould casting" と称することがある)。静水圧は 1/2 の利点と考えられる。縦型では鋳型を振動させるが横型では型を静止させて、鋳塊の引出し(を)間欠的に行うことが多い。保持炉に型が装着されるほとんどの方式がそうである。保持炉からの湯を小容器に受け、この容器に型が取付けられる場合は 容器/型のセットに往復運動を与え、引出しは定速とすることも稀にはある。

引出しの間欠運動には(停止)-(前進)のほか(停止)-(前進)-(停止)-(後進)のくりかえしを最初間隔で行う。引出しを定速として型に運動を与えるときも同様である。図中 6 は 2 次冷却(直接冷却)部である。

溶解炉の能力は戦後高まり、溝型炉の 1 インダクタで 1,000 kW 以上もある。インダクタを複数個具え、出力 1,500~4,500 kW の溝型誘導炉もある。容量は出湯温度にもよるが 30~80t に達する。

少量多品種材にはインダクタに溶湯を残す必要のないコアレス炉(無鉄心型誘導炉)が使用されることが多い。冷材を装入してすぐスタートできるからである。

引出された鋳塊の両面はライン上に設けられたミリングで切削し、酸化膜や表面欠陥を除き、切断または巻きとり。

特殊な鋳造システムにHazelett(ヘズレット)式(図2)がある。キヤスタは"two moving belt"方式で溶湯は分配器を通つてからニップルロール側に供給される。板の厚さには限界があり40mm程度ないとまくゆかない。米国でスコビル社がCu-Sn系に使用して317×685×3360mmのスラブを作つていた(1975年)が現在は不明である。他の各国工場でも成功している話は知らない。むしろ銅アノード板の製造やワイヤロッドの連続鋳造圧延法(コンタロッド法)に応用されていると思われる。

アルミニウムや添加元素の少ない合金(偏析のおそれのないもの)を溶湯から直接6mm厚さの中板にする方法は一応成功している。Hunter法その他で日本でも行われている。図3はその原理を示す。ヘズレットの場合と同様に設備を出入鋳塊は鋳造組織であつて加工を受けてはいない。製造されたコイルは1~3tonで厚さ6mm中1000~1700mmである。ローラは一方が固定され、他方が動いてロール間隙を調整できる。Hunterと同様なメカニズムで湯を水平に供給するものもある(Swiss Aluminium型など)。鋳造組織はデンドライト組織であるから十分に焼きなましを必要とし、そのあと冷間圧延で仕上げた。物理的性質は普通の板とはほとんど変わらない。ただし再加工塊元が高めであるなどに仕上げたときスチレンスが高いようである。

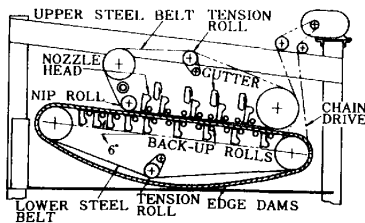


Fig.2 Hazelett caster (1957 type)

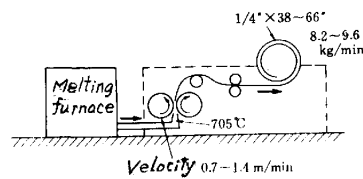


Fig.3 Hunter process

以上のように種型連続は一連のシステムとして縦型のそれより初期建設費が安い利点があり、特に鋳板を連続することにより熱間圧延を省略できる。冷間圧延しかできない材料には都合がよい。簡易な種型連続設備の開発と普及で従来大企業のみ分野であった長尺板(条)の製造が中小企業のみ分野にも広がってきたと云える。操業はクリチカルな点があるが今後の自動制御技術の発達はこの短をカバーしてくれるであろう。しかし種型方式が縦型に比べてすべての面で勝れているわけではない。また連続のものの方がパッチ式と比べて優れた品質を与えたと云え断続できない。しかし製品のコスト低減と連続性が工場に有利なことは半世紀を経て判明しつつある。しかし一方連続鋳特有な幾多の性質が製品には現われ、よきにつけあしきにつけこれらは今後の課題として受けつがれることは確かであろう。