



## 非鉄におけるニアネットシェイブ鑄造法

坂本 敏 正

(株)神戸製鋼所長府製造所

### 1. はじめに

金属溶湯は、鑄造・凝固過程を経て、鑄物、鑄塊として後工程へ供給される。鑄造においてはできるだけ最終形状に近づける (Near net shape) のが基本であるが、鑄塊としては、生産性、材料性能向上の面から、大型化、高速化が行われてきた。

近年、鉄鋼業においては、急冷凝固、省エネ、省工程を目的に、ニアネットシェイブ連鑄法の開発が活発化している<sup>1)2)</sup>。一方、非鉄業においては、材料特性、後工程の負荷を考えた各種の方式が先行しており<sup>3)</sup>、その動向をまとめ、参考に供することにした。

### 2. アルミニウムの鑄造・凝固

アルミニウムでは、凝固時に金属間化合物が生成<sup>4)</sup>、後工程で消滅しないものがある。これは不溶性化合物と呼び dendrite の 2 次アームの間に晶出するので、DAS (Dendrite Arm Spacing) とそれを決定する冷却速度が、各方式の冶金的評価尺度となる。Table 1 では、DAS と冷却速度を付記して、各方式を分類してある。

#### 鑄物 (Castings)

鑄造中に圧力を用いる方式に特徴がある。ダイキャスト法 (Pressure die casting) は PF 法 (Pore Free) その他が開発され、品質の信頼性が向上している。低圧鑄造法 (Low pressure casting)、溶湯鍛造法 (Squeeze casting) は、密度、寸法精度が高く、急速に発展している。

#### 鑄塊 (Ingot)

鑄型条件により分類する。

a) 鑄型なし (Moldless): 電磁ピンチ力を応用する電磁界鑄造法 (Electro magnetic force casting) は、鑄型を用いないので、逆偏析、発汗が少ない。このため、鑄塊面削を低減できるので、圧延用スラブに採用されている。

b) 固定式鑄型 (Fixed mold): 短い水冷鑄型を用いる縦型の DC 法 (Direct Chill) と鑄型上部に断熱材を設置し、鑄型有効長をさらに短縮して、逆偏析と発汗を防止する Hot top 法が最も普及している。組織、応力制御を目的とする、冷却制御 (Controlled quench)、電磁力 (Electro magnetic refining) の応用が行われている。横型方式は、走行切断に問題があり、大断面の鑄塊には適用されていない。

最近、品質を高度に制御した小径の鑄塊 (Cast bar)

を型鍛造するプロセスが定着したが、より鍛造形状に近い連鑄材 (Blank) の開発が待望されている。また、中空ピレットの造塊は確立している。

c) 固定/移動鑄型 (Fixed and moving mold): 連続押出機に溶湯を供給し押し出す方法で、一部成功したと言われる。

d) 移動鑄型 (Moving mold): 鑄塊と鑄型が同期して移動する方式で、双ロール法は工業的には最も冷却速度が大きく、適用合金、稼働機数が増加中である。他の方式は圧延機と直結させるのが前提である。台形、五角形断面の鑄塊の鑄造/圧延方式は線材向けのものであるが、鍛造用素材の製造法として用途が拡大している<sup>5)</sup>。

e) その他: 加熱鑄型により、連続一方向凝固を行う OCC 法、急冷凝固、固/液共存域での機械的攪拌による組織微細化、複合化プロセス (Rheo or Compocasting)、プリプレグに溶湯を圧入して複合化を行う方式 (Pressure infiltration) による製品が市場に出つつある。

### 3. 鋼の鑄造・凝固

固定式加振鑄型を用いる連鑄・半連鑄が、板、管用として確立している。また、固定鑄型式横型連鑄機が、黄銅、りん青銅板と快削合金管棒用に、電線用として各種の完全な連続鑄造/圧延ライン<sup>6)</sup>が数多く稼働している。無酸素銅、タフピッチ銅では雰囲気制御が行われている。

### 4. おわりに

非鉄の鑄造技術としては、上述の他に、Si 単結晶用の CZ 法、太陽電池用の Si の各種ニアネットシェイブ鑄造法<sup>7)</sup> など、非常に各種の方式が実用化または開発中である。省エネ、省工程、省資源、新材料と鑄造・凝固技術者の責務は拡大している。

最後に、Table 1 は多くの文献、情報により構成したが、出典は省略した。各著者の寛容をお願いする。

#### 文 献

- 1) 伊藤幸良: 鉄と鋼, 72 (1986), p. 1667
- 2) 鉄鋼界 (日本鉄鋼連盟編), 41 (1991) 9, p. 35
- 3) E. F. EMLEY: Int. Met. Reviews, 21 (1976) June, p. 75
- 4) 坂本敏正, 宮木美光: 金属, 54 (1984) 10, p. 46
- 5) 竹内正明: アルトピア, 20 (1990) Nov., p. 187
- 6) 小沼 稔, 富樫潤一, 西山隆昭, 武田憲司, 中野耕作: 古河電工時報, No. 66 (1979) June, p. 1
- 7) A. EYER, A. RAÜBER and A. GOETZBERGER: Optoelectronics Device and Technologies, 5 (1990), p. 239

Table 1. Solidification processes applied to aluminum \*1.

Classification	Cast dimensions		Casting speed mm·min <sup>-1</sup>	Cooling characteristic		Lines*3 in operation	Process name			
	Shape	Thickness mm		Width mm	DAS*2 μm			Cooling rate K·sec <sup>-1</sup>		
Castings	Without pressure	Sand mold	> 3.3	—	—	—	—			
		Shell mold	> 2.0	—	—	—	—			
	With pressure	Permanent	> 2.5	—	—	—	(PCM - GDC)			
		Pressure die	> 1.0	—	—	—	(PF)(Vacuum)			
Moldless	Low pressure	Low pressure	> 3.0	—	—	—	(Hi cast)(KPH)(VSC)			
		Squeeze	> 2.5	—	—	—	(BMC)			
	Electro magnetic	Electro magnetic	300 ~ 600	1,320 ~ 2,150	60 ~ 80	—	> 12	(DC)		
		Direct chill	Billet	φ180 ~ 630	—	—	—	Lines are numerous		
Fixed mold	Vertical semi-continuous casting	Billet	75 ~ 635	~ 2,200	40 ~ 110	—	(ISOMET)(Delayed quench)			
		Billet	φ 75 ~ 810	—	—	—	Fluid pressure type :( SHOMA ) (AIR SLIP)			
	Controlled quench	Slab	205	700	32 ~ 200	25 ~ 40	—	Cast bar and Blank are for forgings		
		Billet	φ 255	—	—	—	—	(CREM)		
Ingot	Hot top	Slab	305 ~ 510	940 ~ 1,370	—	—	—			
		Billet	φ 180 ~ 320	—	—	—	—			
	Electro magnetic refining	Cast bar	φ 50 ~ 100	—	—	—	—	—		
		Blank	—	—	—	—	—	—		
Moving mold	Horizontal continuous casting	Slab	610	1,360	—	—	—			
		Billet	φ 320	—	—	—	—	—		
	Fixed and moving mold	Slab	70 ~ 230	110 ~ 254	100 ~ 200	10 ~ 30	—	—		
		Billet	φ 150 ~ 230	—	—	—	—	—		
Rapid solidification	Continuous casting with heated mold	Cast bar	φ 10 ~ 100	—	250 ~ 1,500	5 ~ 8	—	—		
		Rectangular*6	900mm <sup>2</sup>	—	—	—	—	—		
	Ribbon process	Wheel and belt	Thick strip	12 ~ 30	250 ~ 500	4,000 ~ 7,000	20 ~ 40	—	~ 2 (CASTEX) Developmental	
		Atomization	Trapezoidal*7	1000 ~ 5200mm <sup>2</sup>	—	6,800 ~ 10,000	20 ~ 40	—	> 35 (RIGAMONTI)(ALBERT MANN)(PECHINEY)	
Powder process	Continuous casting	Two belts	10 ~ 50	1,320 ~ 2,500	500 ~ 9,000	10 ~ 60	—	> 140 (PROPERZI)(SPIDBMO)(SOUTH WIRE)		
		Articulated blocks	10 ~ 40	600 ~ 1,700	500 ~ 1,500	10 ~ 80	—	> 28 (HAZLETT)(HUNTER)		
	Powder process	Two rolls	Thin strip	6 ~ 13	1,600 ~ 2,000	600 ~ 2,000	5 ~ 10	—	> 2 (HUNTER DOUGLAS)(CASTER-II)	
		Wire, Strip	φ 8 (Example)	< 300 μm	< 300	(15~120)×10 <sup>3</sup>	0.2 ~ 2	—	> 135 (SUPER HUNTER)(JUMBO 3C)	
Reinforcing	Semi-solid process	Single roll	< 150 μm	—	—	—	—	—	~ 30*8 (OCC)	
		Deposition	Sheet	~ 5	500	—	—	—	—	(MELT DRAG)(OVER or PLANAR FLOW)
	Pressure infiltration	Unidirectional solidification	Spinning	Powder	< 1	—	—	—	—	(GAS or INERT GAS ATOMIZATION)
			Stir casting*8	Powder	—	—	—	—	—	—

Notes \*1 Tabulated from 80papers, but sources are omitted \*2 Dendrite Arm Spacing

\*3 Known and including other metals \*4 shot·min<sup>-1</sup>, \*5 Domestic only

\*6 Just before extrusion \*7 There's pentagonal type \*8 Liquid and Semi solid process \*9 Members developing