

鋼の結晶生成におよぼす冷却速度の影響

北海道大学工学部 工博 高橋 忠表 ○工藤 昌行

神戸製鋼所 藤沢工場 茅野 文人

1. 緒言 鑄塊の凝固現象において、一般に冷却速度の速い部分では過冷度の大きくなることが実測される。すなわち鑄壁に近いチル層はもつとも過冷する領域であり、柱状晶域および分岐柱状晶域さらに等軸晶域へと過冷程度は減少する。またその過冷程度に応じて結晶が微細化されることも一般的事実として認められている。このように過冷度が増大するにつれて結晶が微細化されるのは、過冷と共に核的能力を有する因子が増大することによるものであり、その結果デンドライト数の増加につながるものと考えられる。しかるにデンドライトの核因子は同一鑄塊であれば、結晶生成以前の液相での存在確率は一定であると見なければならぬのに対して、冷却速度の異なることで過冷度が異なるのはいかなる要因にもとづくものかを凝固の基礎的現象として明らかにする必要がある。それゆえ本報告は冷却速度とそれに依存する過冷度、および過冷度にもとづく核的要因の変動、すなわちデンドライト発生数との関係等より理解しようとするものである。

2 実験方法 S45C鋼を高周波炉で溶解し、1600℃に保持後これを母溶湯として、22mmφ×100mmH(鋼塊重量約300g)の鋼鑄型に鑄込み、これを本実験の基本試料とした。過冷度、冷却速度およびデンドライト数の測定はすべて鋼塊の大部分を占める柱状晶領域で行なった。温度測定はPt-Rh熱電対を鑄型高さの1/2で、鑄壁からの挿入距離は5mmで熱電対の先端は直接溶湯に触れるように保持した。デンドライト数の求め方は熱電対のある鋼塊横断面上で、その熱電対の先端を通る同心円上にあるデンドライト主軸数を単位長さ当りで測定した。また質量の増加による影響は52mmφ×100mmH(鋼塊重量約1.7kg)の鋼鑄型で行なった。過冷度、冷却速度、単位長さ当りのデンドライト数の測定は22mmφの試料と同一方法で行なった。

3 実験結果および考察

(1) 過冷度とデンドライト数の関係：過冷度の増加にともなうデンドライトは細長く、密に存在していることが観察された。これを単位長さ当りのデンドライト数と過冷度の関係で示したのが図1である。過冷度の増加にともなうデンドライト数は増加し、また質量を増加させても柱状晶域における過冷度とデンドライト数の関係は基本試料で得た結果と一致している。これは柱状晶域のデンドライトはたとえ溶湯流動があっても固定されるため、デンドライト数は過冷度に対応して把握されることによるものと考えられる。

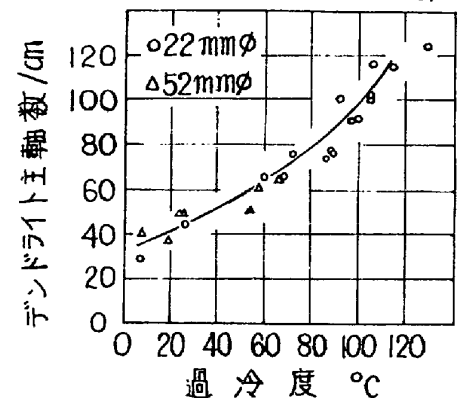


図1. デンドライト主軸数と過冷度との関係

(2) 過冷度と冷却速度の関係：凝固開始前の冷却速度が大きい程過冷度は増大する結果を得た。この理由を考察するために、いま平衡凝固開始温度から実際に結晶生成するまでの時間を incubation time, t とすると、 $t = \Delta T / R$ (ΔT : 過冷度, R : 凝固開始前の冷却速度) なる関係があり、一方 ΔT と R は実験的に求められる。これらのことより本実験の測定値を整理した結果、過冷度の大小に拘わらず incubation time は 12.9 秒のほぼ一定値を得た。この解析結果をもとにして考えるならば、冷却過程において平衡凝固開始温度に達したからといって液相からただちに結晶が生成するものではなく、短時間ではあるが、結晶生成のために一定の潜伏期間を必要とする。したがって結晶生成する温度は冷却速度が大きくなるほどその incubation time の期間だけ低下することになり、結果として過冷が増大することになる。