

金属材料研究所

○大野 悟

宇田 雅 広

1 緒言 著者らはこれまで、各種金属の気孔生成におよぼす窒素および水素の影響について基礎的に検討を行ない、これらガス成分による気孔発生傾向は各金属の平衡論的ガス溶解度曲線と密接な関係をも有することを明らかにした。しかし、これらの研究はいずれも大気圧近傍の圧力下において成されたものであり、真空鋳造や電子ビーム溶接などのように、真空あるいは減圧下における気孔生成挙動に対して上記の結果を適用できるかどうかは明らかではない。そこで本研究では、減圧下における気孔生成挙動と気孔生成におよぼす諸因子の関係を明らかにするため、Fe-N系を対象に、その気孔生成におよぼす窒素含量と凝固時の雰囲気圧力の影響について検討を行なった。

2 実験方法 純鉄試料約3grを種々の窒素雰囲気圧力下で浮揚溶解して所定の窒素含量を与えた後、雰囲気圧力を種々変化させ、直ちに銅モールド中に鋳込み急冷凝固させて得られた試料についてX線透過試験ならびに断面検査を行ない気孔発生の有無を調べるとともに、その窒素含量を機器分析によって求めた。実験に使用した純鉄試料の化学成分を表1に示す。なお、試料の浮揚溶解条件は $2000 \pm 20^\circ\text{C}$ 、2 minであり、この溶解条件における $\text{PN}_2 = 1 \text{ atm}$ の平衡窒素溶解量は $525 \pm 5 \text{ ppm}$ であった。

表1 純鉄試料の化学成分

ELEMENT, %							
C	Si	Mn	P	S	Cu	O	N
0.005	0.005	0.006	0.004	0.004	0.004	0.033	0.002

3 実験結果および考察 図1に、気孔発生におよぼす窒素含量と凝固時の雰囲気圧力との関係を示す。同図より、気孔生成の臨界窒素含量と凝固時雰囲気圧力の間には、凝固時雰囲気圧力が約10 Torrを境にして特徴的な2つの領域の存在することが認められる。すなわち、凝固時雰囲気圧力が約10 Torr以上の領域における気孔生成臨界窒素含量は、凝固時雰囲気圧力の平方根に比例して増加し、かつその値は同一圧力下の平衡論的窒素溶解量(図中一実鎖線)よりも約4割程度低い値となっている。一方、凝固時雰囲気圧力が約10 Torr以下の領域では、気孔生成の臨界窒素含量は凝固時雰囲気圧力に関係なく、約40 ppm Nとほぼ一定の値を示している。

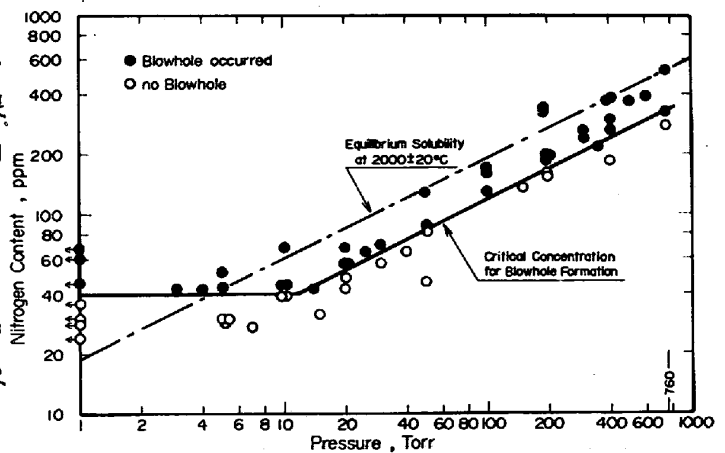


図1 気孔生成臨界窒素含量と凝固時雰囲気圧力の関係

周知のように、溶鉄中に出現した気泡が安定に存在するためには、その気泡の内圧は溶鉄表面上の圧力(外圧)、静圧および表面張力に起因する圧力の和を超えねばならない。このことは、気泡周囲の溶鉄の窒素含量が少なくともその気泡内圧に相当する平衡論的窒素溶解量に等しくなければならぬことになる。一方、本実験における凝固時雰囲気圧力10 Torr以上での気孔生成臨界窒素含量は、いずれも外圧に相当する平衡論的窒素溶解量よりも低い値を示している。この原因は、溶鉄の凝固にともなう溶質(窒素)の凝固界面前方への濃化現象によって説明することができる。すなわち、溶鉄の凝固過程が平面一次元凝固と仮定した場合、凝固界面液相側に濃化される窒素の最大濃度は、溶鉄の初期濃度 C_0 の k^{-1} 倍(k は分配係数)、窒素分圧に換算して $(C_0/k)^2$ 倍となり、この値が溶鉄内における気泡の安定存在条件を超えることにより気泡が形成されるものと考えられる。