

(153) 円形空孔浸出法による炭素鋼の有効透過係数および透過率および冷却速度とMoとSiの影響

北大工学部 高橋忠義・工藤昌行
北大大学院(現在M.C.E席) 永井慎一

I 緒言

著者らはこれまで固-液共存層に円形状の空孔を形成させて、Al-Si合金およびSK5炭素鋼に関し、固-液共存層内液相の流動性を有効透過係数で評価できる方法を確認し⁽¹⁾⁽²⁾、これを円形空孔浸出法と呼ぶこととした。本研究は凝固開始時の冷却速度を変化させて、固相率との対応で有効透過係数を評価し、さらに固相率による共存液相の粘性、密度変化を求め、有効透過係数より透過率を決定した。またMoとSi元素の存在による有効透過係数および透過率への影響を炭素鋼の結果と比較した。

II 実験方法

試料の溶解と凝固はタンマン炉で行なった。内径65mm、高さ150mmのアルミナルツボに中空円筒状の試料を挿入し、溶解時の溶湯高さが80mmとなるようにした。固-液共存層に人工的な空隙を形成する方法としては、あらかじめルツボの中央底部に外径17mm、高さ13mmのアルミナ台を設置し、その上に先端を開放した外径13mmのアルミナ管をおき、所定の固相率でアルミナ管を引き上げることによって空隙を形成し、空隙周囲にあるデンドライト間液相を空隙に流入させた。有効透過係数は流入液相の高さと流入時間との関係より求めることができる。凝固開始時の冷却速度は2°C/minから9°C/minまでの範囲で4段階に変化させた。

III 実験結果

SK5炭素鋼におけるデンドライト間液相の流動性は空隙形成時の固相率が大きくなるほど低下し、また同じ固相率においても凝固開始時の冷却速度が大きいほど、デンドライト間液相は流動し難くなり、冷却速度3°C/min以上で顕著となる。特に固相率0.40~0.45範囲でその影響を強く受ける。

有効透過係数 K と液相率 f_L との関係は次式で示される。

$$\log K = \log a + n \log f_L \quad (1)$$

ここで a 、 n の値は冷却速度2°C/minで 0.6×10^{-2} 、6.3、3°C/minで 1.0×10^{-2} 、7.8および9°C/minで 2.7×10^{-2} 、10.5である。

また δ_L 層と δ_H 層の境界固相率⁽³⁾は約0.30で、冷却速度によらず一定であり、 K は 6.3×10^{-4} cm/sである。一方、 δ_L 層と P 層の境界固相率⁽³⁾(流動限界固相率)は冷却速度が2°C/minから9°C/minに増加するにつれて0.73から0.60へと減少しているが、 K は冷却速度によらず約 1.6×10^{-6} cm/sと一定値を示した。さらに有効透過係数($K = \rho g R / \mu$ 、 ρ は密度、 g は重力加速度、 R は透過率、 μ は粘性)より算出した透過率は液相率との関係で示すと(1)式と同様な関係で示すことができる(省略)。固相率による ρ と μ の変化はあまり大きくないので、有効透過係数値の変動は主としてデンドライトの発達形態を示す透過率 R によって左右されていることが理解された。

SK5に1%Moを添加した場合の試料では、冷却速度2°C/minでは炭素鋼の凝固組織よりも微細となり、9°C/minでは炭素鋼と類似した凝固組織となる。しかしながら固相率変化による K および R は炭素鋼の2°C/minおよび9°C/minの結果とほぼ一致していた。またC、Mn、PSをSK5成分に近似させ、Siをほぼ0にして1%Moを加えた試料の冷却速度2°C/minの凝固組織は炭素鋼よりもいくぶん微細となっているが、 K および R は炭素鋼の2°C/minの結果より減少し、流動性の悪くなることが示された。このように最終凝固組織形態をもって凝固過程の流動性を予測することは必ずしも適当ではない。

(1)高橋他：金属学会誌，43(1979)，1089。(2)高橋他：鉄と鋼，65(1979)，S649。(3)高橋他：金属学会誌，29(1965)，1153。