(252) 鋼の凝固区間決定におけるδ－γ変態の機構

北大工学部 高橋忠義，○大笹憲一，田中順一
北大大学院 五十嵐一夫

緒言

多成分系である鋼の実際凝固過程における凝固区間を，Fe－C二元系状態図の上に（炭素以外の元素濃度を一定とする）炭素濃度の変化に応じて示すためには，包晶反応前後のδ晶およびγ晶の凝固の過程がどのように推移するかを見定める事が重要となる。

解析方法および結果

鋼の凝固においては最初に晶出する結晶はδ晶であり，δ晶の成長に伴い液相が濃化されて，炭素濃度が0.51％に達した時にδ晶の界面で包晶反応が生じ，初晶のδ晶が反応で生じたγ相で包まれる事になる。未変態δ相がγ相に変態するためにはδ晶の界面に生成したγ相を通してδ相への炭素の拡散が必要であり，この間の温度降下につれてδ相の界面に生成したγ相につづいて連続したγ相の成長が，core部のδ相への炭素の拡散によるγ相への変態と同時的に生じる事になる。[1] したがって液相の炭素濃度はδ晶凝固時にはδ晶の分配係数にもとづいて濃化し，γ晶の生成の後はγ晶の分配係数にもとづいて濃化が進行し最終液相濃度に至る事になる。そこで溶質濃化過程の解析にあたって，包晶反応が生じるまではδ晶とともに濃化が行なわれ，包晶反応後はδ晶の固相率をγ晶の固相率と見なして（包晶反応は界面反応であるので，この時点でのγ相生成量を無視する）状態図上に新たなレバー法則を適用して，その後のγ晶成長の濃化過程を追跡するための基線を求める。この事を模式的に示したのがFig.1で，初期濃度C_0の組成のものが包晶反応後に，平衡状態図上のC_0'の組成となる基線に転移させてその後のγ相凝固の濃化過程を求める。

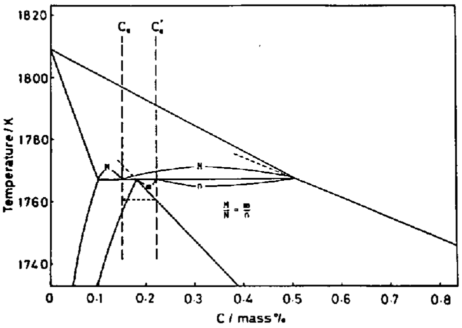

Fig.1 δ－γ transformation in a commercial steel ingot.

炭素以外の成分はδ－γ変態にかかわりなく固相率に対応して個々に濃化するとした。計算にあたってはSiの濃度を0.29％，Mn 0.42％，P 0.015％，S 0.009％とし，炭素の濃度を0.05％～1.5％まで変化させた。液相の各成分の最終溶質濃度は固相内拡散を考慮した式[2]と円形空孔浸出法による固相率と溶質濃度変化との対応から決定した。凝固区間は各成分の最終凝固溶質濃度と初期溶質濃度との差に対応する凝固点降下を鉄基二元系状態図から求め，それらの総和として評価した。

Fig.2はFe－C二元平衡状態図上に計算による凝固開始温度T_{La}と終了温度T_{Sa}を示したものである。破線はδ晶からγ晶に変換するときの温度で他成分の濃化により，平衡状態図上の包晶温度T_{Pe}より低下し，炭素濃度が0.1％でそのずれは最大となっている。また凝固終了温度も固相線温度より低下し，この領域が従来いわれている融点近傍の脆化領域に対応すると考えられる。ここで示した例は包晶反応時でのγ相の生成量を無視しているが，反応生成量に応じた解析も可能である。

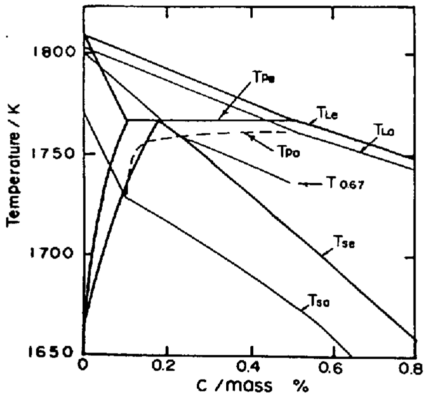

Fig.2 Solidification process in a commercial steel ingot. Solidification parameter. α＝0.5

参考文献

1)高橋，田中，工藤：学振19委〔10257〕(1980).
2)高橋，工藤：日本金属学会報，11 (1972), 601.