

(530) 2 1/4 Cr - 1 Mo 鋼中の P の粒界偏析と焼戻し脆化機構

川崎製鉄(株) 技術研究本部 ○今中拓一, 齊藤良行

I. 緒言: 転炉溶製技術の著しい進歩により、清浄度の高い鋼が製造されるようになったことから、古くからの研究の対象となってきた低合金鋼の焼戻し脆化については殆ど解決されたと言える。未解決の重要な課題は、P による粒界脆化機構と合金元素の共存効果の定量的解釈である。本報では特に Si と P の共存効果に注目し、P の粒界偏析に及ぼす Si の影響及び炭化物の析出挙動、組成、結晶構造等に対する Si の影響を併せて検討し、それらが P の粒界偏析に対して決定的な影響を及ぼしていることを明らかにした。更に Guttman の 3 元系合金に於ける平衡偏析理論を多元系に拡張し、多元系共存の下での P の粒界偏析を理論的に考察し実験結果と比較検討した。

II. 実験方法: 供試材は、C: 0.15%, Mn: 0.5%, Cr: 2.25%, Mo: 1.0% を基本成分とし、これに Si: 0.05~0.6%, P: 0.005~0.02% の範囲で添加した 100kg の真空溶製材である。焼準、焼戻し処理後、加速脆化処理を行い、DBTT の変化を求めた。SEM による破面観察、STEM-EDX 及び粉末 X 線解析による炭化物の結晶構造と組成の決定、AES による粒界破面状の元素分析を行い、脆化挙動と関連づけた。

III. 結果: 図 1 a, b は Si: 0.6%, P: 0.02% を含む脆化処理前後の試料の粒界破面からの AES のピークプロファイルである。P-120 eV のピークの大きさ、形が脆化処理前後で異なっている。図中に示したように AES パラメータを定義し、Fe-703 eV のピークで規格化した粒界上の P ピーク高さと AES パラメータとの関係を見たのが図 2 である。図中矢印で示した Fe₃P の意は、Fe₃P 粉末から得た AES パラメータであり、これより脆化処理によって粒界に偏析した P はその結合状態が Fe₃P 的になっていることが考えられる。更に P-強度が 0.5 の点は粒界破面率が明瞭に認められるようになる点に相当し、Fe₃P 的結合状態が粒界破壊の原因となっていることを示唆している。

図 3 は多元系に拡張した粒界平衡偏析理論を用いて計算した平衡状態に於ける粒界上の P 濃度と AES によって実験的に求めた脆化処理後の粒界上の P ピーク高さの関係を示す。Si と P の相互作用エネルギーを 70 kcal/mol として計算した。Si が低い場合のズレは、M₂C による P のトラップ効果で説明される。

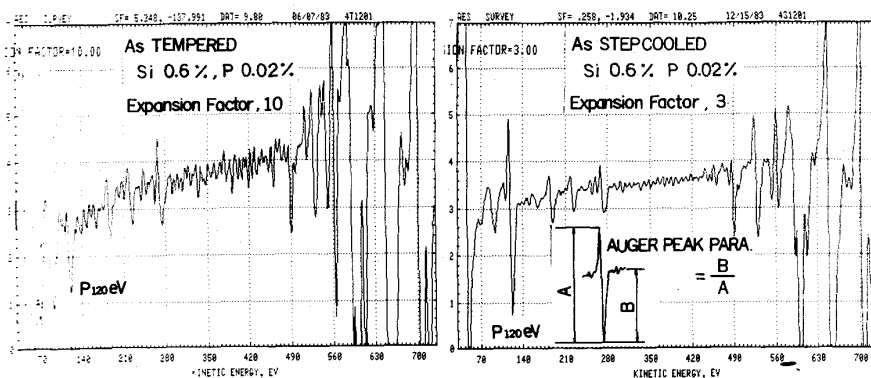


Fig. 1 Typical P-120eV peaks of AES of grain boundary facets in as tempered and as step cooled specimens.

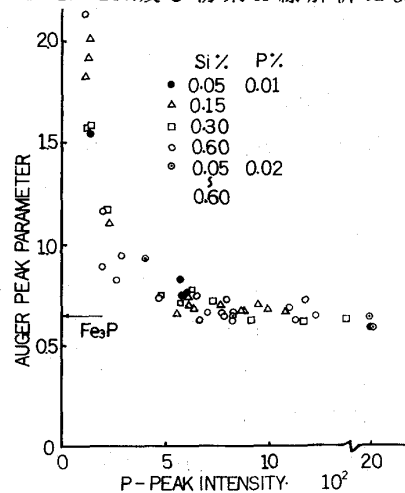


Fig. 2 Relation between AES-peak parameter and P-peak intensity.

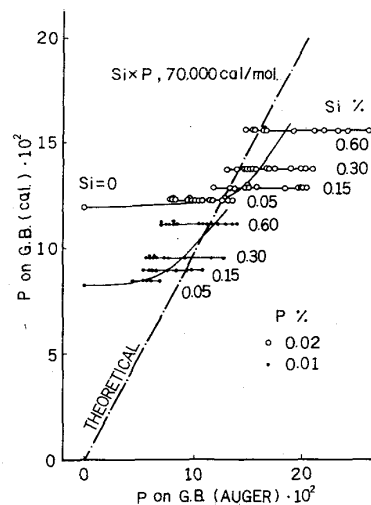


Fig. 3 Relation between P on G.B.(cal) and P on G.B.(AES).