

住友金属工業㈱中央技術研究所 ° 山中和夫

大森靖也

1. 緒言

従来から低合金鋼や Fe-Ni-Cr-C-P 合金の焼もどし脆化は主として P, As, Sb, Sn 等の不純物原子の粒界偏析によって起ることが AES を用いて確認されている。^{1) 2)} しかしながら高純度 Fe-C-P 系は焼もどし脆化を示さないとその粒界偏析等について十分に解明されているとは言い難い。そこで本実験においては主として Fe-C-P 合金における P の偏析を共存元素としての C 原子の役割に着目して粒界腐食法によって検討した。

2. 実験方法

0.05%P を添加した単純低炭素 (0.03% C) 鋼及び中炭素 (0.35% C) 鋼, 3.5Ni-1.5Cr 入り高純度鋼さらに固溶 C を固定することを目的とした 0.3%Nb 添加鋼 (いずれも真空溶解材) を用いて, 焼入れ焼もどし後 500°C で 10 分~3000 時間の脆化熱処理を施し, シャルピー試験, ピクリン酸+ライポン F+塩化第二鉄+塩酸溶液による粒界腐食試験, 低温引張試験, SEM による破面調査, 破面 AES 分析などを行なった。

3. 実験結果

(1) Fe-C-P 及び Fe-C-P-Ni-Cr は靱性状態では粒界腐食を殆んど起さないが, 短時間の脆化熱処理 (500°C × 10 分) で粒界が明瞭に腐食され, 脆化処理時間と共に腐食度は強くなる傾向を示すが, 長時間脆化処理を行なうと粒界腐食度は逆に弱くなっていく。一方 Fe-C (ただし不純物として 0.004% P を含む) 及び固溶 C を Nb で固定した Fe-C-P-Nb 及び Fe-C-P-Ni-Cr-Nb は脆化処理を施しても粒界腐食は起らない。

(2) Fe-C-P 系は低 C, 中 C 共にシャルピー試験では全く焼もどし脆化が検出されず, 従来の知見に一致する。この場合破面は脆化処理を施しても劈開破面を呈している。ただし固溶 C を Nb で固定した Fe-C-P-Nb は脆化処理を施しても施さなくても粒界破壊となり粒界強化に対する固溶 C の重要性が指摘される。

(3) Fe-C-P-Ni-Cr はよく知られているようにシャルピー試験で大きな焼もどし脆化を示すが, この場合粒界に P が高濃度偏析していることが AES で確認された。そして粒界亀裂の発生は粒界におけるすべり変形によって起ることが確かめられた。(写真 1)

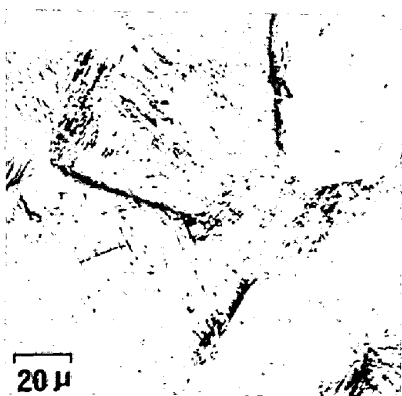


写真 1. 脆化処理を施した 0.32C-0.053P-3.41Ni-1.47Cr 鋼の低温引張中断後の光顕組織 (試験温度 - 196°C)

(4) 粒界腐食が P の偏析と対応しているものと仮定すると, 焼もどし脆性を示さない Fe-C-P 系においても脆化処理を施すと P が粒界偏析することになり, しかも P の粒界偏析には靱性状態において固溶状態の C 原子が存在し, それが脆化温度域で粒界に析出することが必要であると結論される。

この現象は粒界に生成する炭化物が P を排斥しそれが粒界に沿って再分布するという大谷-McMahon の粒界偏析モデル²⁾ を支持している。

引用文献

- 1) たとえば D.F. Stein, A. Joshi and R.P. Laforce: Trans. ASM 62 (1969) p. 776.
- 2) H. Ohtani, H.C. Feng and C.J. McMahon: Metal. Trans 5 (1974) p. 516.