

誌 上 討 論

(論文) 低合金肌焼鋼の焼入性と変態挙動へ
およぼす Al と N の影響

吉村誠恒・小林弘昌・福住達夫

鉄と鋼, 69 (1983) 3, pp. 452~461

【質問】

新日本製鉄(株)本社 間渕 秀里

貴論文ではオーステナイト (以下 γ) 中の Al が鋼の焼入性を向上させる現象を Al_T が初析フェライトの核生成を遅滞すること, および γ 中での C の拡散係数 (以下 D_0^C) が小さくなることにより説明している。

Fig. 17 の (c) における γ 中への浸炭実験結果を, Al_T が D_0^C に及ぼす影響として次のように解釈できる。

- ① Al_T が増加すると D_0^C は小さくなる。
- ② $X=1\text{ cm}$ の D_0^C は, $X=0.5\text{ cm}$ の D_0^C より小さい。
- ③ Al_T が増加しても, $X=1\text{ cm}$ の D_0^C は $X=0.5\text{ cm}$ の D_0^C ほど減少しない。

以上をまとめると, D_0^C に対する Al の影響は X が小なる時顕著であつても, X が大になると急激な減少傾向が見られる。すなわち本実験結果では, 試片表面での浸炭律速が存在し, 試片内部に行くにつれ Al_T の影響は小さくなり単純な拡散律速に変化するものとも解釈しうる。

Van-Ostrand-Dewey による式は γ 中における C の濃度勾配に基づく拡散を単に近似している。他方引用文献 12) でも Fe-C-M 三元系における拡散で, 溶質 M の表面酸化・表面偏析に基づく濃度勾配への影響として拡散フラックスに反映させることを考慮しているに過ぎない。

Fe-C-Al 三元系における溶質の相互作用母係数は正であり, Al_T の増加により γ 中の C の活量が増加することを考慮すれば, 前述した試片表面での浸炭律速は, Al_T の増加によつて浸炭フラックスの減少がもたらされたものと考えられる。従つてこの浸炭フラックスが試片内部における拡散フラックスより小さい時には Fig. 17 の実験結果①~③と良く合致する。

すなわち Al_T が変化しても試片内部でその濃度勾配が一定であれば, C の濃度勾配による拡散フラックスから求められる D_0^C は X により変わらないが, Al_T は C の活量を増加し C の拡散フラックスが変化することにより D_0^C に影響する。

従つて Al_T が変態挙動に及ぼす影響は, 溶質間相互作用またはフェライトの形態変化の面等から検討することも必要かと思われすがいかがでしょうか。

【回答】

三菱製鋼(株)吉村恒夫・小林弘昌・福住達夫

御指摘の点は確かに Fe-C-Al の三元系溶鉄において Al の相互作用母係数は正の値 (5.3 at 1600°C) であり結果的に系内の C の活量に影響を与えられま

す。この場合, 御指摘の浸炭フラックスについては, 浸炭時の試料表面で生ずる代表的反応 $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{C} \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g})$ なる反応で生ずる浸炭フラックスとオーステナイト相中に浸炭した C のフラックスの二種が考えられます。前者については, F. J. HARVEY¹⁾ が熱力学的考察を行っているように第三元素の相互作用係数は C の活量係数を介して表面反応の C 濃度に影響を与えられと考えられます。しかし, 今回実験を行った試験片の表面近傍 (0.01 mm) での C 濃度は 0.73~0.75 wt% の間にあり, Al_T が高い場合でも浸炭フラックスが大きく変化したとは考えられません。一方, オーステナイト相中の C フラックスについては, これも, 一般的に Fe-C-M (M は置換型元素) 三元系において正の相互作用係数を示す M (=Ni, Cu, Co) は, 濃度が増すにつれて, オーステナイト相中の C の拡散能を増す, と言われています。しかしながら, S. KUMAR²⁾ らによる Fe-C-Si 三元系での Diffusion Couple を用いた実験が示すように, 相互作用係数が正の値を示す Si の場合はオーステナイト相中の C の拡散能は Si 量が増すことによつて減少します。理由は明らかにされておりませんが, 必ずしも相互作用係数から考察できないようです。また, 相互作用係数による浸炭あるいはオーステナイト相中の C フラックスへの影響を定量的に評価を行うに当たつても, 今回の実験において用いたような温度範囲での Al の相互作用係数についての知見がなく, 溶鉄中でのそれを用いて考えることも妥当とは思えません。以上の点を考慮致しますならば, 今回の結果が妥当か否かを即断することはできません。ただ, 浸炭処理によつた D_0^C の測定には未知の要因も含まれており, やはり, Diffusion Couple による測定の方が好ましいと考えられます。なお, 今回, D_0^C を求めるに際して Van-Ostrand-Dewey の近似式を使用致しましたが, D_0^C の相対的な検討を試みることを主眼と致しておりますので差しつかえないと考えます。

次に, Al_T の影響を溶質相互間の作用またはフェライトの形態変化の面からも検討しては, という御指摘ですが, この点につきましては, 私共も当初 Al_T による焼入性増加の現象が一端焼入試験の比較的冷却速度の大きい位置で顕著に生ずる点, Al は置換型, B は置換型とも侵入型ともいわれておりますが, この両者が周期表において同族に属する点, 加えて, Al は B 同様粒界偏析しやすい元素である点などから, Al も B と同じくフェライトの形態を変えたりする現象があるのではないかと注目したのですが特別な結果を観察するにはいたりませんでした。ただ, B について一部で論じられている Impurity Drag Effect のような溶質相互間の作用については調査し得ませんでした。以上, 御満足いただけるような回答ではないかも知れませんが, 今回の御指摘を励みと致しまして一層の検討を加えてまいりたいと考えております。なお文中に記しました文献は

- 1) F. J. HARVEY: Metall. Trans., 9A (1978), p. 1507
- 2) S. KUMAR 他: Arch. Eisenhüttenwes., 51 (1980), p. 91