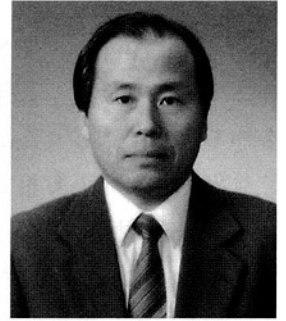


九州工業大学工学部
教授
岸武 勝彦
Katsuhiko Kishitake



急速凝固した高炭素鉄系合金に生成する非平衡相とその分解挙動

Formation and Decomposition of Non-equilibrium Phases in Rapidly Solidified High Carbon Iron Alloys.

1 はじめに

鉄の固溶体には室温で安定な α 相(bcc)、高温で安定な γ 相(fcc)および13 GPa以上の高圧下で安定な ϵ 相(hcp)があることが知られている。このように鉄は金属元素の代表的な結晶構造であるbcc、fcc、hcpの全ての構造を有することは興味深いことである。ところが高炭素Fe-C合金を急速凝固させると、常圧下においても ϵ 相が準安定相として得られるばかりでなく¹⁾、高炭素鉄系合金の急速凝固では、 α -Mn型立方構造の χ 相²⁾あるいは非晶質相^{3)~5)}なども現れることが報告されている。これらの非平衡相のうち、非晶質相の結晶化過程については比較的よく調べられているが、それ以外の相については生成条件も分解挙動もよく分かっていない。

著者らは遷移金属を含む高炭素鉄合金を溶射によって急速凝固した皮膜は種々の非平衡相から成り、800°C以上の高温焼戻し後もピッカース硬度で1000以上の高硬度を保持することを見出した⁶⁾。この溶射皮膜は耐酸化性にも優れており、高温耐摩耗用溶射皮膜として実用化されている⁷⁾。さらに高炭素鉄合金の非晶質溶射皮膜は耐食性に優れていることを報告した^{8) 9)}。これらの非平衡相を含む溶射皮膜の特性を明らかにするためには、非平衡相の生成条件とその分解挙動を明らかにすることが必要である。そのためには種々の非平衡相が混在しやすい溶射皮膜ではなく、各相が単独で生成した試料を得ることが不可欠である。そこで著者らは、単ロール法を用いて薄膜の厚さを変えることによって、種々の非平衡相を単独で生成させる実験を始めた。丁度その頃、李平氏((株)フジコー CPC技術開発室)が博士後期課程に国費留学生として入学し、

この研究をすることになった。李平氏の明晰な思考力とたゆまぬ努力により、目的とした高炭素鉄合金における非平衡相の生成とその分解挙動がほぼ明らかにされ、彼の学位論文としてまとめることができた¹⁰⁾。

これらの研究成果は学術論文として報告されているが^{11)~16)}、総合的にまとめた報告は無い。フジコー技報「創る」に寄稿の機会を与えられたのを幸いに、これらの成果を概説したい。したがって、本稿は李平氏の学位論文から関連するところを抜萃した概要である。詳しい内容に関心のある方は参考文献を参照して頂きたい。

2 非平衡相の生成と冷却速度の関係

高炭素Fe-Cr-Mo合金における非平衡相の生成範囲は合金の化学組成と冷却速度に依存する。Fig.1はCr量とMo量を一定にして、(a) Fe-10mass%Cr-5mass%Mo-C合金(10Cr-5Mo)および(b) Fe-10mass%Cr-10mass%Mo-C合金(10Cr-10Mo)での非平衡相の生成範囲を示す。炭素量

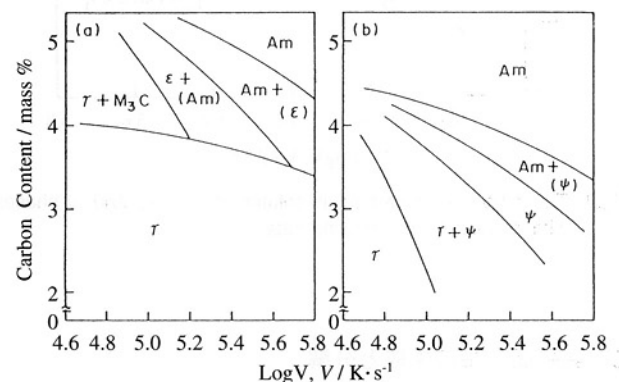


Fig.1 Schematic illustrations of nonequilibrium phase formation in (a):10Cr-5Mo and (b):10Cr-10Mo alloys with respect to the cooling rate and carbon content.

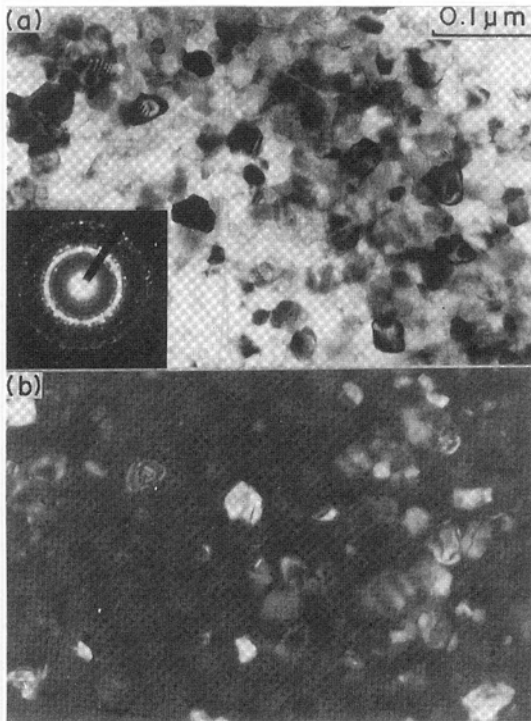


Fig.12 (a) bright field image and (b) dark field image of alloy D (4.5C-0.2B) tempered at 873K (Hv 1650)

ける高硬度は炭化物体積率の大きいことと、ナノ結晶組織の生成によると考えられる。

6 まとめ

CrとMoを含有する高炭素鉄合金を単ロールを使って急速凝固させて、非平衡相の生成とその分解について調べた結果の概要を述べた。内容を簡単にまとめると次のようである。

(1) 高炭素鉄合金を急速凝固すると、従来知られている γ 相、 ϵ 相、非晶質相のほかに、A13構造(β -Mn型構造)の相が生成し、 ψ 相と呼ぶことにした。

(2) 非平衡相の生成は、炭素量の増加と冷却速度の増大につれて、Fe-10Cr-5Mo系では γ 相 \rightarrow ϵ 相 \rightarrow 非晶質相へ、Fe-10Cr-10Mo系では γ 相 \rightarrow ψ 相 \rightarrow 非晶質相へ変化し、それにつれて固溶炭素量は増加する。

(3) Fe-10Cr-5Mo系の ϵ 相は比較的高温まで、安定であり、焼戻しにより773K付近で分解を始め、 ϵ 相 \rightarrow ϵ 相+規則格子 \rightarrow α 相+炭化物の過程で安定相となる。 α 相+炭化物の超微細混合組織は1300DPNの高硬度を示す。

(4) Fe-10Cr-10Mo系に生成した ψ 相は723K付近で分解を始め、 ψ 相 \rightarrow MS-I相+MS-II相 \rightarrow α 相+Fe₃Cの過程で分解する。

(5) Fe-10Cr-10Mo系の高炭素非晶質相は773K付近で分解を始め、 α 相+炭化物相のナノ結晶組織となり、873Kの焼戻しで1500DPN以上の高硬度となる。

(6) ϵ 相および非晶質相となった高炭素鉄合金は1273Kの焼戻し後も1200DPN以上の高硬度を保持する。

参考文献

- 1) R.C.Ruhl and M.Cohen : Trans. Met. Soc. AIME, 245(1969), P.241
- 2) T.Iwadachi, A.Inoue, T.Minemura and T.Masumoto : J.Jpn. Inst. Met., 44(1980), P.245
- 3) Y.Waseda, H.Okazaki and T.Masumoto : J.Mater. Sci., 12(1977), P.1927
- 4) A.Inoue, Y.Harakawa, M.Oguchi and T.Masumoto : J.Mater. Sci., 21(1986), P.1310
- 5) A.Inoue, S.Furukawa and T.Masumoto : Metall. Trans. A, 18A(1987), P.715
- 6) 岸武, 松本, 恵良, 入沢 : 鋳物, 62(1990), P.185
- 7) 特開平5-186860, 特公平6-65747, 特開平8-134620
- 8) K.Kishitake, H.Era and F.Otsubo : J.Thermal Spray Technology, 5(1996), P.145
- 9) K.Kishitake, H.Era and F.Otsubo : ibid, 5(1996), P.476
- 10) 李 平 : 九州工学位論文(1993), "Formation and Decomposition of Nonequilibrium Phases in Rapidly Solidified High-Carbon Iron Alloys"
- 11) K.Kishitake, H.Era and F.Otsubo : Metall. Trans. A, 22A(1991), P.775
- 12) H.Era, K.Kishitake, F.Otsubo and E.Tanaka : ibid, 22A(1991), P.251
- 13) K.Kishitake, H.Era and P.Li : Mat. Trans. JIM, 34(1993), P.54
- 14) H.Era, K.Kishitake, P.Li : Metall. Trans. A, 24A(1993), P.751
- 15) 岸武, 恵良, 大坪, 李, 若山 : 鋳物, 65(1993), P.468
- 16) H.Era, P.Li and K.Kishitake : Metall. Mat. Trans. A, 25A(1994), P.2542
- 17) K.Kishitake, H.Era, F.Otsubo and E.Tanaka : Metall. Trans. A, 22A(1991), P.791