

(700) Fe-Cr-Ni系耐熱合金のd電子合金設計法による評価

豊橋技術科学大学 工学部 ○江崎尚和 森永正彦
湯川夏夫

目的 筆者らの開発した耐熱合金のd電子合金設計法のFe基合金への適用例として、従来多くの研究がなされているFe-Cr-Ni系耐熱鋼につき本法による評価を行なった。また、この結果を基に、本系合金の基本的な合金設計指針について検討した。

方法 本系合金の基本となるFe-Cr-Ni三元系状態図、および25Cr-20Niを基本とする実用材(HK40)ならびに実験合金総計127種の実験結果につき、 \bar{M}_d および \bar{N}_v による相安定性の評価を行なった。用いた計算式はそれぞれ

$$\bar{M}_d = 1.9 \cdot X_{Si} + 0.957 \cdot X_{Mn} + 1.142 \cdot X_{Cr} + 0.717 \cdot X_{Ni} + 0.858 \cdot X_{Fe} \text{ (eV, 以下省略)} \dots (1)$$

$$\bar{N}_v = 6.66 \cdot X_{Si} + 3.66 \cdot X_{Mn} + 4.66 \cdot X_{Cr} + 0.66 \cdot X_{Ni} + 2.66 \cdot X_{Fe} \dots (2)$$
 ここで、 X は各元素の原子分率である。その他、各合金の結合次数 (Bond Order, 以下BOと略す)による評価も試みた。

結果 1) Fig. 1は各温度におけるFe-Cr-Ni三元系状態図の $\gamma/\delta+\sigma$ 境界を等 \bar{M}_d 線で示したものである。比較のためc) (1173K)に $\bar{N}_v=2.49$ の線が示してあるが、等 \bar{M}_d 線は相境界をはるかに良く近似している。 σ 相の生成に対する臨界 \bar{M}_d 値 (\bar{M}_{dc})は、多くの α および β 三元系状態図より、温度T(K)のパラメータとして $\bar{M}_{dc} = 6.25 \times 10^{-5} T + 0.834 \dots (3)$ で表わされる。

2) Table 1に示す組成範囲の合金計54種につき、40%冷間加工後1073Kで15000h時効後の相安定性を \bar{M}_d および \bar{N}_v で整理した結果をFig. 2に示す。ここで、基地組成はCのすべてがCr₂₃C₆を形成するとして計算した。Si量で分類すると、1.5% Si以下のA群合金における σ 相生成の \bar{M}_{dc} 値は0.900で、三元系状態図で得た値と一致している。これに対し、Si1.5%以上のB群では、高 \bar{M}_d 値で σ 相が生成しないものが多い。従来Siは σ 相生成促進元素であると考えられているが、その量によってはCr-Si化合物(例えば π 相)が σ 相に代って生成するなど、異った析出機構が働いているのではないかと考えられる。 \bar{N}_v ではいずれの群も、このような系統的な整理はつかず、 \bar{N}_{vc} による σ 相判別は困難である。

3) Fig. 3は本三元系状態図中に原子間の結合の強さを示す等BO線を示したものである。本系では、(3)式で示される \bar{M}_{dc} 以下で、BOの高い方向に合金設計を行えばよいと考えられる。

HK-40の σ 相脆化に関するデータは、神戸製鋼中央研究所の提供による。

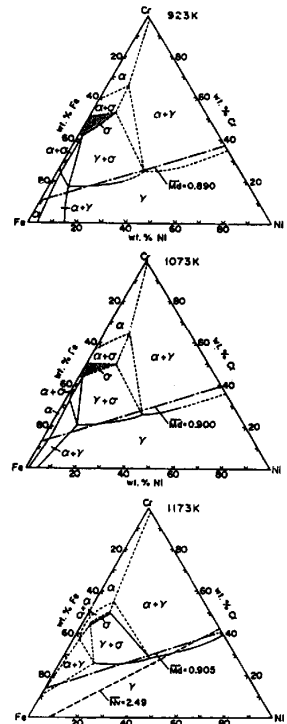


Fig.1 Fe-Cr-Ni phase diagrams (a)923K, (b)1073K and (c)1173K.

Table 1 Compositional range of Fe-Cr-Ni alloys examined.

	C	Si	Mn	Cr	Ni	Fe	Alloys
A	0.03 ~0.59	0.05 ~1.50	0.05 ~2.95	22.87 ~25.37	18.76 ~21.91	bal.	24
B	0.16 ~0.63	1.50 ~2.16	0.93 ~1.13	15.23 ~31.55	19.25 ~31.50	bal.	30

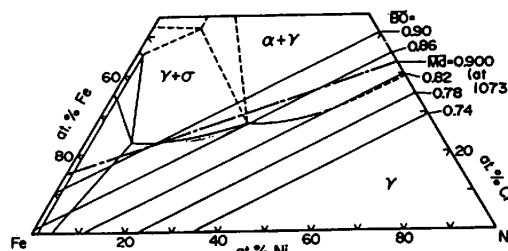


Fig.3 Iso-BO lines in the Fe-Cr-Ni system.

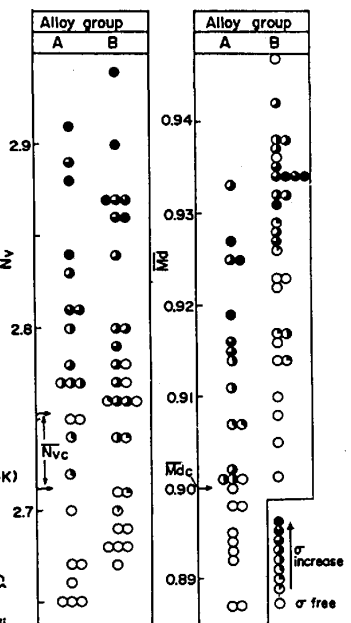


Fig.2 Phase stability of Fe-Cr-Ni alloys.

1)湯川他:学振123種研究報告, 22 (1981), 45