

(696) IN-100合金中のMC炭化物の組成、形態および安定性に及ぼす遷移金属元素の影響
— ドープ法による高合金材料の凝固挙動の解析とその応用 第一報 —

豊橋技術科学大学・工学部 ○村田純教, 湯川夏夫
同・大学院 須賀 清

I. 緒言: ニッケル基超耐熱合金では一般にMC炭化物の凝固時に生成するが, その晶出形態によつては材料の靱性を低下させ強度のばらつきの原因となる。またこのMCが熱処理あるいは使用中に起る炭化物反応によつてどのように変化するかを知ることは極めて重要である。そこで本研究ではIN-100合金中のMC炭化物の組成, 形態および安定性に及ぼす遷移金属元素の影響を詳細に調べた。

II. 方法: 実験にはIN-100 (9.23 Cr, 12.63 Co, 1.67 Mo, 5.40 Ti, 11.09 Al, 0.81 V, 0.72 C, 0.75 B, 0.022 Zr (at%), 23ppm N, bal. Ni) とこれにIVa~VIa族の9種の遷移金属元素をそれぞれ単独に0.81 at% ドープした合金を用いた。ドープにはトリアーフ炉を用い, 純化アルゴン雰囲気中で行った。これら合金から切り出した約1gの試料を差熱分析装置を用いて融態から5°C/minの速度で冷却(標準熱処理)した後, 塩酸メタノール溶液を用いて合金中の炭化物を電解抽出した。これら抽出炭化物の形態を走査電顕で観察するとともにそれらの組成をEPMAで分析した。また標準熱処理後の試料を982°Cで種々の時間保持し, MCの相安定性を調べた。

III. 結果: IN-100合金ではFig. 1にみられるようにMC炭化物はBlocky (B型), Lattice-like (L型) およびFlaky (F型)の3つの形態が観察された。9種の遷移金属元素のうちTi, V, Cr, Zr, Nb, あるいはHfをドープした合金ではそれらの形態をほとんど変化させなかったが, W, MoあるいはTaをドープした場合L型のアームが短くなりB型に近い形態となることわかった。またTaドープ合金ではF型は観察されなかった。IN-100合金中のMCのうちB型はTiCでL型, F型は(Ti_{0.80} Mo_{0.17} Va_{0.03})Cであった(以下後者を(TiMo)Cとする)。Nb, Ta, あるいはWをドープした合金ではTiCおよび(TiMo)CにNb, Taは約30 at%, Wは約10 at% 固溶する。一方, ZrあるいはHfをドープした合金中ではTiC, (TiMo)Cの組成はIN-100のそれとほとんど変わらなかったが, その他にそれぞれ(Zr_{0.92} Ti_{0.08})Cあるいは(Hf_{0.08} Ti_{0.14} Zr_{0.06})Cを形成した。V, Crをドープした合金ではドープ量によつてMCの組成は変化しなかった。これらの結果はFig. 1に示すようにMCを形成する金属元素の半径と各元素のMC生成自由エネルギーによつて説明できる。すなわちTiはほぼ同じ金属半径をもつNbとTaはTiCおよび(TiMo)C中に多く固溶し, 半径の比較的小さいWとMoもある程度固溶する。一方, Tiと半径が大きく異なるZr, Hf, V, およびCrはTiCと(TiMo)Cにはほとんど固溶しない。(ZrとHfはそれぞれMCの形成傾向が大きく, それぞれ上記のZrあるいはHfに富むMCを形成する。これに対しVは比較的MCの形成傾向が小さく単独ではMCを形成しないと考えられる。またMCの組成と相安定性との関連についても報告する。尚, Fig. 1中のCrは自由エネルギー値は便宜上Cr₂₃C₂₀を用いた。

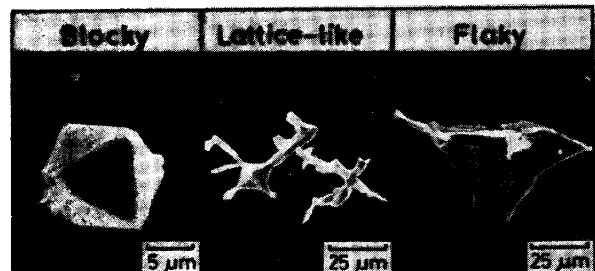


Fig.1 SEM photographs of MC carbide extracted from IN-100.

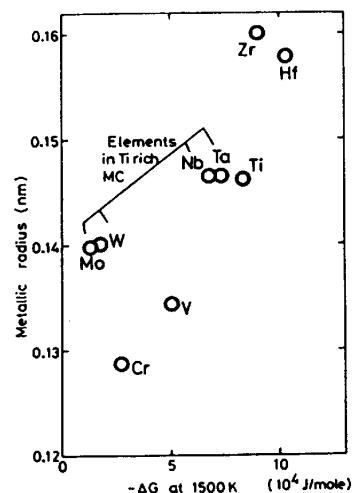


Fig.2 The relationship between the metallic radius and the Gibbs free energy for the MC-carbide formation.

1) 村田, 湯川, 野田, 三谷: 鉄と鋼, 71(1985)127.