

(493) Ni-Cr-W-C 四元系の平衡状態に関する研究

— γ と $M_{23}C_6$ および M_6C の平衡 —

東京工業大学工学部

新池 実

田中 良平

東京工業大学大学院

武田 修一

〇 篠原 正彦

1. 目的 1000°C附近で用いられる高温ガス炉用耐熱材料として高濃度のCrおよびWを添加したNi基合金の開発が進められている。これらの合金には通常、強度増加などの目的で炭素が0.05%程度添加されている。これらの炭素は高温で炭化物として析出するが、この種の合金の高温強度はこの炭化物の析出挙動と関連づけて説明されることが多い。このようにNi-Cr-W合金の強度特性を考える上で、Ni-Cr-W-C四元系の平衡状態の知見は特に重要であるといえる。しかし、この系に関する系統的な研究はない。そこで著者らはNi-Cr-W三元系に関すると同様にNi-Cr-W-C四元系の平衡状態に関する一連の研究を行っている。本報告はこれらの研究のうち1000°C附近における炭化物とも相との平衡に関して現在までに得られた結果をまとめたものである。

2. 実験方法 アルゴン雰囲気中アーク溶解法で10種類の組成のNi-Cr-W合金を溶製した。これらの合金の配合組成は図1に示してある。これらの鋳塊を均質化した後、0.5 mm厚の板状試料と切り出した。これら10種類の板状試料と純鉄とを炭素供給源である白鉄とともに水素ガスを満した石英管中に封入し、所定の温度で1000 h以上の浸炭平衡処理を行った。白鉄の量を調節して炭素活量の異なる数種類のNi-Cr-W-C四元合金を作成した。作成した試料の組織観察および炭化物の同定には、それぞれEPMAによる反射電子組成像およびX線回折粉末写真法を用いた。さらに生成された各相の金属元素濃度の定量分析とEPMAによって行った。

3. 実験結果 図1は1100°Cにおいて炭素活量

$a_C = 0.39$ の場合に形成される炭化物の種類と合金組成依存性とを図示したもので、図中の丸印の大きさもほど炭化物生成量が相対的に増加することと示す。CrおよびW濃度の低い合金では炭化物は生じないが、これらが高くなると $M_{23}C_6$ および M_6C が現れる。 $M_{23}C_6$ はCr濃度の高い領域で、また M_6C はW濃度の高い領域で形成され、この中間の組成では2種類の炭化物が現れる。この場合の組織と写真1に示した。この写真で黒いコントラストを示す炭化物は $M_{23}C_6$ であり、白いコントラストのそれは M_6C である。また、炭化物量はCr, W添加量の増すほど多くなる。炭素の活量と高くすると析出量が増加するばかりでなく、炭化物の種類も変化する。例えば15Cr-20W合金は図1では M_6C のみであるが、 $a_C = 0.62$ では2種類の炭化物が形成される。このことから炭素活量を増加すると $\gamma + M_{23}C_6 + M_6C$ の三相領域は、低Cr濃度側へ移動する傾向のあることがわかる。

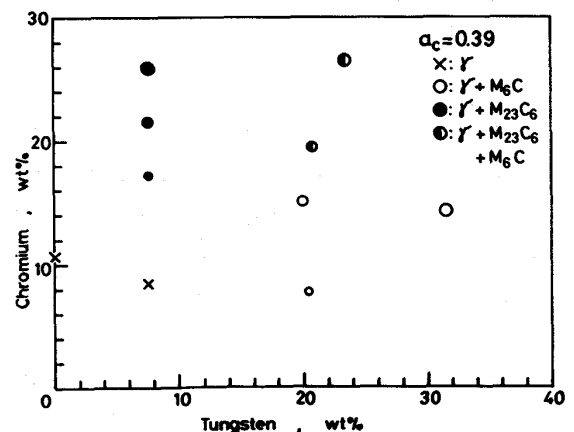


図1 1100°CにおけるNi-Cr-W-C合金に現れる炭化物の種類と量

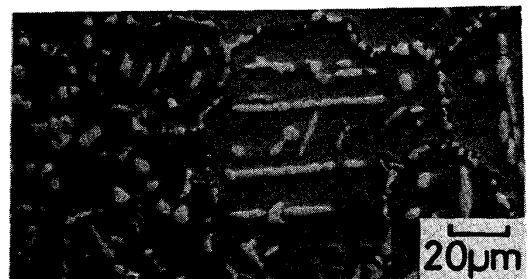


写真1 Ni-20Cr-21W ($a_C = 0.39$)合金の反射電子組成像