

(748) 一方向凝固Ni₃Al(γ')-Ni₃Nb(δ) 共晶合金の強度と脆性

北海道大学工学部

○福地正明、渡辺勝也

1 [緒言]

一方向凝固γ'-δ共晶合金は積層型共晶系複合材料として扱われ、約300°C以下の温度で脆弱ではあるが、高温強度、クリープ強度、疲労寿命、熱疲労性などに優れており、ガスタービン翼の高温部材などとして期待される。金属間化合物や炭化物が強化相になっている共晶系複合材料は靱性に欠けることが多いが、この共晶合金は構成相が共に塑性をもつために通常の複合材料とは異なった変形挙動を示す。ここではγ'-δ共晶合金とその構成相の引張変形挙動に基づいてこの合金の強化の機構と低温での脆性の原因を検討した結果を報告する。

2 [方法]

室温から650°Cの温度域で共晶合金および各構成相単独の引張変形挙動を調べた。引張軸はこの共晶合金の成長軸([110]_{γ'}//[100]_δ : γ'相は立方晶、δ相は斜方晶)に平行とした。共晶合金は層間隔約6μmの単共晶粒試料(δ相の体積率は約45%)を用い、構成相はそれぞれの単結晶を試料とした。本共晶合金中のγ'相は約8at%のNbを固溶するので、組成の異なる数種類のγ'相単結晶の引張挙動におよぼすNb濃度の影響を調べて共晶合金中の組成をもつγ'相の性質を推定した。δ相については固溶の影響は無視した。

3 [結果と考察]

共晶合金と構成相の応力-歪曲線を25°Cと500°CについてFig.1に示した。共晶合金は25°Cでは降伏点付近で破断し、ほとんど伸びないが、500°Cでは降伏後も延性的に変形する。脆性-延性の遷移は300°C付近でおこる。γ'相はよく知られているように温度上昇とともに強度を増し、最大強度を示す温度(T_p)に達した後、主すべり系が{111}から{010}すべりに変化する。Nbを固溶するとT_pは低下し、共晶合金中の組成に相当するγ'相のT_pは約300°Cとなる。この温度は共晶合金の脆性-延性の遷移温度によく一致する。一方δ相は{211}双晶によって変形するが、その変形応力は強化相として考えられていたよりもはるかに低く、また500°Cであっても延性はない。Fig.1で明らかなように共晶合金の強度は両構成相の強度よりも高く、複合則には従っていない。

共晶合金の500°Cでの変形組織はγ'相内では{010}と{111}すべり系が、またδ相内では主に{211}双晶が活動しており、かつこれら両相のせん断系は共晶合金中で単独に活動するのではなくγ'/δ界面で連動し、各層の変形が伝播しあつて共晶合金の変形が進行することを示している。このような変形組織を作るには多数の独立したせん断系が活動する必要があるが、この条件を満たせるのはすべり系の多いγ'相である。脆性/延性遷移温度以上でγ'相のすべり系の数が多くなることから、γ'-δ共晶合金が低温で脆性を示すのはδ相の機械的性質によっているのではなくて、むしろ延性相と考えられるγ'相の活動するすべり系の数が不足していることに原因すると思われる。界面の連続性を保つために両相の変形は強く拘束されるであろう。この界面拘束がγ'-δ共晶合金の強度上昇の原因と考えられる。なお、本共晶合金には成長軸と垂直な方向に二種類の結晶学的方位関係が存在するが、この方位によって強度は変化する。その結果は当日報告する。

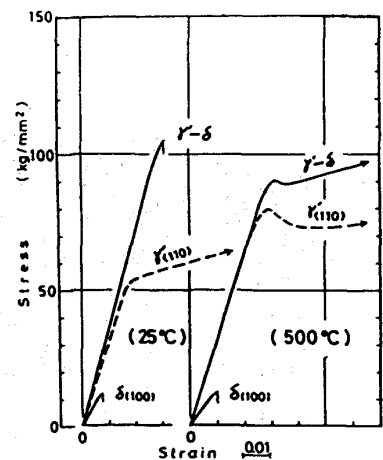


Fig. 1
Stress-strain curves in tension for D.S. γ'-δ eutectic alloy and its constituent phases.