

氏 名	西 山 幸 夫 にし やま ゆき お
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第1148号
学位授与の日付	昭 和 54 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	ニッケル基超耐熱合金の金属組織学的研究

論文調査委員 (主 査) 教授 村上陽太郎 授 教 足立正雄 教 授 水野政夫

論 文 内 容 の 要 旨

最近、航空機用ジェットエンジンなどに使用される超耐熱合金がその量を増大するにつれて、要求される性能は益々厳しさを加え、また多くの問題が発生している。この論文はニッケル基超耐熱合金に関して工業的に重要と考えられる問題について、主として金属組織学的に究明した結果をまとめたもので7章からなっている。

第1章は緒言で、ニッケル基超耐熱合金の現状とその問題点を述べ、本研究の目的と方針を明らかにしている。

第2章では先ず固溶強化型のハステロイXに從來から推奨されている1180℃の溶体化処理温度を1270℃まで上げ、その温度から急冷することによって、クラックの開始場所となる粒界炭化物を固溶させれば、室温ならびに427℃における延性、引張強さが著しく改善できることを明らかにしている。次にインコネル718のNb量を規格値より順次低下させると、板状のNi₃Nb相と塊状のLaves相が漸次減少し、それに対応して延性が向上することを見出し、強度を考慮すれば4.0～4.5%のNb量が最適であること、さらにインコネル718を改良した706合金に対して從來から規定されている安定化熱処理をクリープラプチャー性の向上の観点からミクロ組織と関連して究明し、破断はすべて粒界から開始することを見出し、粒界に板状の析出相を形成させる安定化熱処理は施さない方がよいことを示している。また鍛造タービンブレードとして広く使用されているM 252など4種類の合金について室温ならびに高温の高サイクル疲労試験を実施し、いずれの合金においても長時間側では室温よりむしろ高温において疲労強度が優るという特異な現象を見出し、一方変形温度と歪み速度を変化させて求めた圧縮塑性変形応力にもピークを示す温度が認められるが、その温度は疲労強度のピーク温度と一致し、しかも合金中のγ'相の体積率が多い合金程高温側にずれて現われることなどを明らかにし、それらの理由を考察している。

第3章では溶接性の研究結果を述べているが、鑄造合金としてハステロイX、インコネル718およびDS1058、また鍛造合金としてインコネル718および706について、溶接熱影響部における高温割れの傾向を定量的に評価するために、溶接時と同様な熱サイクルで高温延性試験を行ない、加熱又は冷却過程にお

いて引張強さ σ_B と絞り δ を求め、 σ_B が零になる温度 NST から、冷却過程において δ が零でなくなる温度 NDT までのいわゆる脆性温度範囲の大小と、それ以降の延性の回復速度を評価すると同時に、マイクロ組織観察および SEM による破面観察を行ない、脆性温度範囲は鍛造合金においては、粒界と母相間に起こる組成的溶融 (constitutional liquation) による粒界の固相点温度の低下の割合によって決まるが、鑄造合金ではそれが析出物と母相間で進行するためには延性の回復は鍛造合金よりも遅れることを明らかにし、各合金の実測値の大小は実際の TIG 溶接作業における傾向とよく一致していることから、溶接性の定量的評価が可能であるとしている。またハステロイ X とインコネル 718 の異材溶接継手の強度と溶接棒との関係を究明し、インコネル 718 溶接棒を用いることにより母材よりも優れた室温ならびに高温の引張強さ、クリープラプチャー性、曲げ延性が得られることを示した。

第 4 章は表面被覆に関する研究結果で、著者らが開発した S 400 および S 401 コーティングで被覆を行った MM 007 および X-45 合金に対して温度 $870 \pm 10^\circ\text{C}$ 、塩分濃度 0.02 ppm の条件下で 650 時間のホットリグ試験を行ない、試験後の組織観察、表面侵食測定、EPMA 分析などの結果からコーティング材は十分な保護作用を示すことなどを明らかにしている。

第 5 章では、燃焼器ライナー用超耐熱合金として現在ハステロイ X が主流を占めているが、最近注目され始めたコバルト基 HA188 と比較して行なった 4 種類の成形性モデル試験の結果などを総合的に評価して後者が優れていることなどを見出している。またこの 2 種類の合金に加えてナイモニック 263 の溶接熱影響部における高温割れ性を高温延性試験によって評価し、いずれの合金もその脆性温度範囲は $30 \sim 40^\circ\text{C}$ で、溶接性が良好であることとその理由などを明らかにしている。

第 6 章ではハステロイ X と SUS316 を主体材料とする超高温ヘリウム炉内ループ (OGL-1) 用試作炉内管の製造法の研究結果を述べているが、最適と考えられる組立、溶接、施行順序、非破壊検査法などを確立し、多くの問題を解決している。

第 7 章は本論文の総括である。

論文審査の結果の要旨

最近、超耐熱合金の航空機用ジェットエンジンなどに対する使用量が増大しつつあるが、同時に要求される性能は益々厳しくなるため多くの問題が発生している。この論文はニッケル基超耐熱合金に関して材料学的に重要と考えられるいくつかの問題について、主として金属組織学的に研究した結果をまとめたもので、得られた主な成果を要約すると次の通りである。

(1) 固溶強化型ハステロイ X に対して推奨されている 1180 の溶体化処理温度をマイクロ組織と関連して究明し、温度を 1270°C まで上げた後急冷することによって、クラック開始場所を提供する粒界炭化物を固溶させれば、室温ならびに高温における延性と引張強さが著しく向上させ得ることなどを見出した。

(2) インコネル 718 の Nb 量を規格値より順次減少させると、板状の Ni_3Nb 相と塊状の Laves 相が漸次減少するが、それに対応して延性が向上し強度は低下する。延性と 427°C での必要な強度を保証するためには、4.0~4.5% Nb 量が最適である。

(3) インコネル 718 の改良合金 706 に対して規定されている安定化熱処理の要否を、クリープラプチャー

性の向上を目的としてマイクロ組織と関連して検討し、破断は粒界から開始することを見出し、粒界に板状の析出相を形成させる温度域での安定化熱処理はむしろ好ましくないことなどを示した。

(4) 鍛造タービンブレードとして広く用いられているM 252 など4種類の合金について高サイクル疲労試験を実施し、いずれの合金も長時間側では疲労強度は室温より高温の方が優るという特異な現象を見出し、一方歪み速度と変形温度を変化させて求めた圧縮塑性変形応力にもピーク温度が認められ、しかもそれらの温度は含有する γ' 相の体積率が多い合金程高温側にずれることなどを明らかにし、それらの特異現象の理由を考察した。

(5) 数種類の鍛造用ならびに鋳造用合金について溶接熱影響部における高温割れの傾向を定量的に解明するため、溶接時と同様な熱サイクルで高温延性試験を行ない、加熱又は冷却過程において引張強さ σ_B と絞り δ を求め、 σ_B が零になる温度 NST から、冷却過程で δ が零でなくなる温度 NDT までの、いわゆる脆性温度範囲を実測し、マイクロ組織と SEM による破面観察を行なった結果、脆性温度範囲は鍛造合金においては粒界と母相間に、一方鋳造合金では析出物と母相間に、それぞれ起こる組成的溶融 (constitutional liquation) による固相点温度の低下の度合によって決まることを見出し、各合金の実測値は実際の TIG 溶接における高温割れの傾向とよい一致を示すことなどを明らかにし、溶接性の定量的評価を可能にした。

(6) Ni 基超耐熱合金の表面被覆用コーティング材の開発に成功した。また燃焼器ライナー用超耐熱合金を検討し、現在主流を占めているハステロイ X よりも、HA188 は成形性に優れ、ナイモニック 263 は耐溶接割れ性に優ることなどを見出した。

以上要するに、この論文はニッケル基超耐熱合金の性能向上のために重要な多くの問題を解決するとともに、今後のこの系列の合金の改良と開発に対して有用な指針となる多くの新しい知見を与えたもので、学術上、工業上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。