OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Decrease in Hydrogen Embrittlement Sensitivity of Aged Inconel 718 by Laser Surface Annealing
Author(s)	劉, 六法
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/44315
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

氏名	劉（リュウ） 六法（リュウファ）
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第 17837 号
学位授与年月日	平成15年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科生産科学専攻
学位論文名	Decrease in Hydrogen Embrittlement Sensitivity of Aged Inconel 718 by Laser Surface Annealing （レーザー表面溶体化による Inconel 718 時効材の水素脆化感受性低減手法の確立）
論文審査委員	（主査） 教授 小林紘二郎 （副査） 教授 西本 和俊　教授 池内 健二　助教授 廣瀬 明夫

論文内容の要旨

本論文は、Inconel 718 時効材の構造物が水素脆化により破壊する恐れがあるため、その水素脆化感受性を低減する手法の確立を目的として、水素脆化に及ぼす時効析出物（γ”とδ）の影響の解明、レーザーを用いて応力集中部を局部的に溶体化することにより構造物の強度を低下させることなし水素脆化感受性を低減したレーザー表面溶体化手法の確立及びそのメカニズムの解明、また強化相であるγ”の溶解反応の解明及びシミュレーションによりレーザー表面溶体化プロセスを予測する手法の提案について述べたものである。本論文は、第7章から成り、各章の内容は以下のとおりである。

第1章では、技術的背景、本研究の意義・目的・位置づけと内容骨子について述べた。

第2章では、Inconel 718 の水素脆化に及ぼす析出物（γ”とδ）の影響を解明した。これらの析出物を溶解させることにより Inconel 718 の水素脆化感受性を低減できることを明らかにした。

第3章では、Inconel 718 時効材にレーザーを照射し、表面に溶融が生じずに溶体化域を形成させる手法を提案した。レーザー表面溶体化による軟化は主にγ”の溶解であることを解明し、溶体化域により水素脆化感受性を低減できることを明示した。

第4章では、Inconel 718 のノッチ付試験片の水素脆化感受性に及ぼす析出物（γ”とδ）の影響を明らかにした。また、レーザー表面溶体化によりノッチ付試験片の水素脆化感受性の低減を行った。そして、これらの実験結果に FEM 弾塑性シミュレーションを適用し、レーザー表面溶体化による水素脆化感受性の低減は表面溶体化域の水素脆化感受性が低いこと及び応力集中を親和したことにより生じたと解明した。

第5章では、熱サイクル再現試験によりγ”の溶解過程について速度論的な検討を行った。その結果、γ”の溶解

反応がAvrami式に従うことを明らかにし、そのAvrami式の係数を決定した。

第6章では、レーザー表面溶体化のFEM熱伝導シミュレーションを行い、表面溶体化域における熱履歴の数値計算手法を確立した。そして、第5章で求めたAvrami式と熱伝導計算を達成させることで、レーザー表面溶体化域の形成、及び有効なレーザープロセスパラメータ範囲の予測を行った。以上により、レーザー表面溶体化域の予測手法を提案した。

第7章では、本研究で得られた結果を総括した。

論文審査の結果の要旨

Inconel 718は機械性能及び耐腐食性がすぐれた超合金として、ロケットエンジンをはじめさまざまな工業部材に利用されている。しかし、本合金の時効材は水素脆化感受性が高いことが多くの研究者に指摘されており、水素脆化感受性を低減する手法の確立が求められている。

本論文は、これらの背景を踏まえ、Inconel 718時効材の水素脆化感受性を低減する手法の確立を目的とした。そして、Inconel 718における時効析出物（γ"とδ）の溶解により水素脆化感受性を低減できることから、レーザーを用いて応力集中部を局部的に溶体化することにより構造物の強度を低下させることなし水素脆化感受性を低減するレーザー表面溶体化手法を確立したものである。得られた結果を要約すると、以下のとおりである。

(1) Inconel 718における時効析出物(γ"とδ)が水素脆化感受性を上昇させることを明らかにしている。そして、これらの時効析出物を溶解きせることによりInconel 718の水素脆化感受性を低減できることを明確にしている。

(2) CO_2 レーザーの照射によりInconel 718時効材の表面を溶融させることなし溶体化域を形成できることを検証している。そして、溶体化域の形成はγ"の溶解によって生じたことを組織観察によって解明している。そして、この表面溶体化域の形成によって時効材の強さを高いレベルに維持しながらその水素脆化感受性を溶体化材のレベルに改善することができたと明らかにしている。

(3) 水素脆化破断面の観察また試験片の応力状態の弾塑性解析により、レーザー表面溶体化による水素脆化感受性の低減は表面溶体化域の水素脆化感受性が低いことと応力集中の緩和によって生じたことを明確にしている。

(4) 熱サイクル再現試験により、レーザー表面溶体化プロセスのような熱サイクルにおけるγ"の溶解がAvrami型速度式に従うことを明らかにし、その速度式の係数を実験的に決定している。

(5) 上記のAvrami式に基づいて、FEM熱伝導シミュレーションによって得た表面溶体化域における熱履歴データを用いて、レーザー表面溶体化域の形成及び適用できるレーザープロセスパラメータの範囲の予測を実現している。この計算結果と実測結果が良好に一致したことが本予測手法の有効性を示している。

以上のように、本論文は、Inconel 718時効材の水素脆化感受性低減手法の確立を目的とし、Inconel 718における析出物（γ"とδ）が水素脆化感受性に及ぼす影響の解明に基づいて、時効材の表面に CO_2 レーザーの照射で溶体化域を形成させることによって強度低下させることなし水素脆化感受性を低減できることを明らかにしている。そして、さらにそのレーザー表面溶体化プロセスを予測する手法の確立を行っている。これらの成果は、本材料を用いた構造物の水素脆化を低減する独創的な手法であり、工業的にも水素脆化による損傷の予防に適用し得るものである。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。