Bの拡散挙動によって変化し、Bの拡散が著しいFe-Ni-Cr合金では加熱速度10℃/分、膜厚7μmの条件において130℃以上の融点上昇が生じる。このため本法では、従来の箔や粉末をインサート材とする方法に比べ、接合温度の選定に十分な検討が必要である。

2) Bの拡散は、Fe-Ni-Cr系の合金においてはCr元素の影響を大きく受け、Crの存在によって拡散が著しく促進される。また、このときのBの拡散は粒界拡散が支配的である。

3) Bの存在によって純Niの粒界移動並びに結晶粒の成長が促進される。板厚50μmの薄板にNi-4Bを薄膜として供給した場合、膜厚7μmに比べ1.4μmと薄い方が粒界移動の促進効果が大きく、粒界移動の促進に対する最適なB量が存在する。

4) 板厚50μmのNi薄板に対して厚さ1.4μmの

Ni-4B合金薄膜を形成し、接合温度1100℃、保持時間10分、加圧力 9.8×10^4 Paの条件で真空中において液相拡散接合すると、接合強度は母材並となり、かつ組成及び組織的に均一である完全に一体化した継手が得られる。

参考文献

- 1) G. S. Hoppin, T. F. Berry; Activated Diffusion Bonding; Welding J., 49 (1970), pp 505 s-509 s
- 2) D. Duvall, W. Owczavski, D. Paulonis; TLP Bonding: a new Method for Joining Heat Resistance Alloys; Welding J., 53 (1974), pp 203-214
- 3) 日本金属学会編: 金属データブック, 丸善, (1974), pp 414
- 4) 舟本, 小倉, 加藤, 志田, 大島; スパッタ蒸着によるIN 738 LC接合面への低融点合金層形成法の検討; 溶接学会論文集, 3, 4 (1985), pp 207-212

レーザによるステンレス鋼の表面脱鋭敏化处理*

中尾 嘉 邦**, 西 本 和 俊**

Desensitization of Stainless Steels by Laser Surface Heat-Treatment*

by Yoshikuni Nakao** and Kazutoshi Nishimoto**

Laser heating was applied for the desensitization heat-treatment of the surface layer in the sensitized HAZ of Type 304 stainless steel. The degree of sensitization was examined by EPR technique and the 10% oxalic acid electrolytic etch test. The CO₂ laser with maximum power of 1.5kW was used for heat-treatment. Time-Temperature-Desensitization diagram (TTDS diagram) for sensitized Type 304 stainless steels were developed by calculation assuming the chromium diffusion control for desensitization which might occur when the chromium depleted zone was healed up due to dissolution of chromium carbide and chromium diffusion from the matrix being heated at the solution annealing temperatures. TTDS diagrams calculated agree fairly well with ones determined by corrosion tests. Laser irradiation conditions (e.g., Laser power, beam diameter and traveling velocity) required for desensitization of sensitized Type 304 stainless steels were calculated using additivity rule from the TTDS diagram calculated and theoretical thermal curve of laser heating derived from the heat conduction theory. After laser beam irradiated under an optimum condition predicted by calculation, the sensitized HAZ of Type 304 stainless steel restored complete resistance to intergranular corrosion.

Key Words: Laser treatment, Stainless Steel, Sensitization, Surface Modification, Weld Decay

1. 緒 言

304型オーステナイトステンレス鋼のHAZにおける粒界へのCr炭化物の析出に起因する鋭敏化はウェルドディケイとして古くから知られているが、最近では原子炉配管系の粒界SCCの原因になることが判明して以来、再び注目されたことは周知のごとくである。ウェルドディケイの防止対策としては、従来よりTiもしくはNb添加の安定型鋼種や低C鋼の使用ならびに溶接入熱の低減や溶接後の1073~1173 Kの温度範囲の安定化熱処理もしくは1323~1373 Kの溶体化処理などが行なわれている。これらの対策のなかで、溶接後の溶体化処理はHAZの耐食性を完全に母材レベルに回復でき、

かつ、材料コストを低減できるという利点があり、極めて有効な改善策である反面、熱処理温度が高いことによる熱変形や冷却速度の面から大型構造物に適用できないという問題点があり、その適用は一部の小型工場生産品にのみ限られているのが現状である。しかしながら、耐食性の観点からすれば、必ずしも構造物全体を溶体化温度以上に加熱する必要はなく、表面のみを加熱しその後十分はやい速度で冷却する局部溶体化処理を行なうことによって大型構造物であってもこの改善策の適用できる可能性が考えられる。レーザビームはエネルギー密度が高く、材料の表面からある深さを溶体化温度以上の高温に加熱することが可能であり、かつ光学系により照射領域を自由にかえられることから、このような局部溶体化熱処理を行なうためには有効な熱源といえる。

本研究ではレーザビームを用いた局部溶体化熱処理に

*原稿受付 昭和62年1月12日 昭和59年度春季全国大会で発表

**正 員 大阪大学工学部 Member, Osaka University

よるステンレス鋼鋭敏化材の耐食性改善（脱鋭敏化）方法を確立することを目的として、この処理に有効なレーザー照射条件範囲を計算により決定する方法について検討を行なった。このため、脱鋭敏化現象の理論的解析を行ない、脱鋭敏化曲線（Time-Temperature-Desensitization Diagram）を計算で求めることを検討した。つぎに、得られた TTDS 曲線に基づいてステンレス鋼鋭敏化材の耐食性を改善するために必要なレーザー照射条件を加算則⁹⁾を用いて計算により決定し、その妥当性についての検討を行なった。

2. 供試材料ならびに実験方法

実験に用いた鋼種は SUS 304 相当の鋼種で、その化学組成を Table 1 に示す。

表面処理に用いたレーザーは最大連続出力 1.5 kW のシングルモード、ガウス型のエネルギー密度分布を有する CO₂ レーザである。熱処理にあたって、Fig. 1 に示すごとく試料をレーザービームの焦点位置より下側に置き、レンズ試料間距離を調整することによりビーム径を種々変化させた。この場合のビーム径はビームエネルギーがビーム中心の $1/e^2$ となる照射面の直径で表わすものとした。試料のレーザー照射面は #1200 のエメリ紙で研磨後、吸収率を上げるためコーティング材（Achson 社製 AE 504）で約 20 μm 厚のコーティングを施した。この場合の吸収率をカロリーメータを用いて計測した結果 Table 2 に示すごとく、照射条件によってじゃっかん異なるが、その値は 0.8—0.9 の範囲であった。材料の鋭敏化度は電気化学的再活性化法（EPR 法）²⁾ および電解 10% しょう酸エッチ法によって評価した。EPR 法では Ar ガスで脱気した 0.5 mol/l H₂SO₄ + 0.01 mol/l KSCN 水溶液（液温：298 K）中で、試料を腐食電位より貴方向へ 100 mV/min の掃引速度で分極し、+200 mV (vs. SCE) で 2 min 保持した後再び同じ速度で卑方向に分極し、分極曲

線を作成した。鋭敏化度はこの分極曲線の往路の臨界電流 (I_{crit}) と復路のそれ (I_r) を用いた再活性化率 R_a を ($I_r/I_{crit} \times 100\%$) で評価した。

3. 脱鋭敏化現象に対する理論的取扱い

3.1 Cr 欠乏層の形成および消滅過程の理論的取扱い

鋭敏化したステンレス鋼の脱鋭敏化処理を行なうためには TTDS 曲線に関する情報が必要である。そこで、脱鋭敏化現象の理論的取扱いに基づき TTDS 曲線を計算で求めることを検討した。ステンレス鋼の鋭敏化は

Fig. 1 Schematic illustration of optical system of a laser beam generator

Table 2 Absorptivities measured under various laser irradiation conditions

Laser power (kW)	Irradiation Condition		Absorptivity (%)
	Beam traveling velocity (m/min)	Beam diameter (mm)	
1.0	0.5	7	76
1.0	1.0	7	86
1.0	1.5	7	82
1.0	2.0	7	89
0.5	1.0	7	81
1.5	1.0	7	88

Table 1 Chemical compositions of materials used (mass%)

Mark	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Al
S-1	0.070	0.90	1.61	0.024	0.005	18.90	8.41	0.03	0.026

(a) Sensitizing process

(b) Desensitizing process

Fig. 2 Schematic chromium concentration profiles during sensitizing and desensitizing process

Cr 炭化物が粒界に析出すること起因した臨界量以下に Cr 量が低下する Cr 欠乏層の形成が原因である。一方、脱鋭敏化は鋭敏化温度以上の高温に加熱することによって、粒界の Cr 炭化物が固溶することに伴ない、Cr 欠乏層中へ Cr が拡散流入し、その濃度が臨界量以上に上昇することによるものであるといえる。そこで、鋭敏化および脱鋭敏化過程の鋭敏化度を評価するパラメータとして、Fig. 2 に示す ΔS を用いて理論的に取り扱うことにする。 ΔS は耐食性に対応すると考えられる Cr 量を重みの因子として、粒界近傍の Cr 量が 13 at% 以下の領域について Cr 濃度分布曲線を積分したものである。すなわち、 ΔS は Cr 欠乏層の体積およびその耐食性の双方を含んだパラメータである。

以下、 ΔS を求めるために、Cr 欠乏層の形成および消滅が Cr の拡散律速で進行すると仮定すると同時に次のような仮定の下に計算を行なった。

1) 炭化物-母相界面の Cr 濃度は熱力学的局部平衡理論によって決まる値とする。

2) 炭化物-母相界面の Cr 濃度の時間的変化を無視する。

3) 拡散定数の濃度依存性を無視する。

Cr の拡散領域に比べて結晶粒径は十分大きいので粒界への Cr の拡散は近似的に一次元の拡散現象として取り扱える。この場合の Cr の拡散に関する微分方程式は次式で示される。

$$\frac{\partial x_{cr}}{\partial t} = D \frac{\partial^2 x_{cr}}{\partial x^2} \quad \dots\dots\dots(1)$$

x_{cr} : Cr 濃度 t : 時間

x : 粒界からの距離 D : Cr の拡散定数

鋭敏化過程では近似的に次のような境界条件が満たされるとし、この条件の下に半無限個体モデルを仮定して(1)式を解くと、Cr 濃度分布を示す(2)式が得られる。

条件: 1

$$x_{cr}(x, 0) = x_{cr}^0$$

$$x_{cr}(0, t) = x_{cr}^i$$

x_{cr}^0 : 粒内の初期 Cr 濃度

x_{cr}^i : 炭化物-母材界の Cr 濃度

$$x_{cr}(x, t) = x_{cr}^i + (x_{cr}^0 - x_{cr}^i) \operatorname{erf}(x/2\sqrt{Dt}) \quad \dots\dots\dots(2)$$

脱鋭敏化過程では鋭敏化状態すなわち(2)式で示す Cr 濃度分布が粒内の初期 Cr 濃度となり、炭化物-母相界面の Cr 濃度が熱処理温度での平衡値 x_{cr}^{ie} に変化する。この場合の初期および境界条件は次式で示される。

条件: 2

$$x_{cr}(x, 0) = x_{cr}^i + (x_{cr}^0 - x_{cr}^i) \operatorname{erf}(x/2\sqrt{D_s t_f})$$

$$x_{cr}(0, t) = x_{cr}^{ie}$$

t_f : 鋭敏化時間 D_s : 鋭敏化温度での Cr の拡散定数

x_{cr}^{ie} : 脱鋭敏化温度での炭化物-母材界面の Cr 濃度

条件 2 の下における(1)式の解は数値計算により近似解として求めることができる。一方、鋭敏化に関するパラメータ ΔS は前述の定義より、次式で示される。

$$\Delta S = \int_{x_0}^{x_f} \{0.13 - x_{cr}(x, t)\} dx \quad \dots\dots\dots(3)$$

ただし、 x_0 , x_f はそれぞれ $x_{cr}(x, t) < 0.13$ at% となる領域の下限および上限値 (鋭敏化過程では $x_0 = 0$) である。

3.2 鋭敏化度と Cr 欠乏層に関するパラメータ ΔS の対応

ΔS を算出するにあたっては、 x_{cr}^i は次のようにしてもとめた。Cr 炭化物-母相界面で熱力学的な平衡が成立すると仮定すると次式が成立する。

$$K = 1/(\gamma_{cr} x_{cr}^i)^{23} (\gamma_c x_c)^6 \quad \dots\dots\dots(4)$$

K : Cr 炭化物の析出に関する平衡定数

γ_{cr} : Cr の活量係数 γ_c : C の活量係数

x_c : C 濃度

一方、平衡定数 K と炭化物の標準生成自由エネルギー ΔS の間に成り立つ ΔG の間に成り立つ $\Delta G = -RT \ln K$ を用いると x_{cr}^i は次式で表わされる。

$$\ln x_{cr}^i = -1/23 \{-\Delta G/RT + 6(\ln x_c + \ln \gamma_c)\} - \ln \gamma_{cr} \quad \dots\dots\dots(5)$$

x_{cr}^i の算出に必要な γ_c は Hillert らの報告³⁾によると次式で与えられる。

$$\ln a_c = \frac{1}{RT} (11756 - 4.5 T - 27000 x_{cr} + 1300 x_{cr}^2) + \ln x_c \quad \dots\dots\dots(6)$$

γ_{cr} は Wagner の式を用いて求めることができるが計算に必要な定数がほとんど求められていない。

そこで、Tedmon らの手法⁴⁾に従い、腐食試験の結果から鋭敏化を生じなくなる鋭敏化熱処理温度の上限温度での x_{cr}^i を臨界値 0.13 at% と仮定し、(5)式を用いて γ_{cr} を求めた。この値と Tedmon らが報告する実験値を用いて、 γ_{cr} を温度と Cr 量の関数とする実験式を作成した。次式に得られた実験式を示す。

$$\ln \gamma_{cr} = 0.78 + \frac{911}{T} - \left(5.25 + \frac{97.3}{T}\right) x_{cr} + \left(1.16 + \frac{3540}{T}\right) x_{cr}^2 \quad \dots\dots\dots(7)$$

一方、Cr の拡散定数 D に関しては、18 Cr-8 Ni 鋼中の拡散の頻度因子 D_0 および Q を測定した例は見当たらない。そこで、近似的に下記に示す Fe-Cr 2 元合金の γ 相領域での相互拡散定数⁵⁾を用いて計算を行なった。

$$D_0 = 0.0012 \text{ cm}^2/\text{sec}$$

$$Q = 52200 \text{ cal/mol}$$

Fig. 3 に S-1 鋼を 823~1023 K の温度域で種々の時間保持した場合の鋭敏化度の変化を EPR 法を用いて測

Fig. 3 Comparison of calculated value of ΔS with reactivation ratio for steel S-2 sensitized at various temperatures

Fig. 4 Calculated value of ΔS as a function of holding time at various desensitizing temperatures

Fig. 5 Comparison of calculated TTDS diagram with corrosion tests for steel S-2 pre-sensitized

定した結果とそれぞれの鋭敏化条件について計算により求めたパラメータ ΔS を対比して示す。

両者の間には比較的良好な直線関係がみられ、 ΔS を鋭敏化過程の鋭敏化度の理論的評価パラメータとして用いることができることがわかる。

つぎに、脱鋭敏化過程に対するパラメータ ΔS による評価の可否について検討を行なう。Fig. 4 は S-1 鋼に関して Ra が 3% となる鋭敏化状態を初期状態として、その後 1173 K 以上の温度で保持した場合の ΔS の変化を示す。脱鋭敏化は理論的には Cr 欠乏層内の最低 Cr 量が 13 at% 以上となった時点、すなわち $\Delta S=0$ となる時点で完了すると考えられる。それぞれの鋭敏化材について、各熱処理温度において $\Delta S=0$ となる時間を Fig. 4 により求めてプロットしたのが Fig. 5 中の脱鋭敏化曲線の計算曲線である。図中の斜線の領域は電解 10% しょう酸エッチ試験によって調べた一部の粒界から脱鋭敏化が始まり、すべての粒界の脱鋭敏化が完了するまでの範囲を示す脱鋭敏化現象の実測結果である。計算によって求められた脱鋭敏化曲線は実測された脱鋭敏化完了領域の中に位置しており、両者の間には良好な対応関係がみられる。特に、計算曲線と実測領域の両境界との時間差は 1473 K 以上では約 0.01 sec 以内と極めて僅かであり、後述するような高温、短時間の脱鋭敏化過程を

(a) Thermal cycle curve

(b) TTDS diagram

Fig. 6 Schematic illustration for explanation of the additivity rule

対象とした場合には、計算値はじゅうぶんな精度を有していることがわかる。これらのことより、脱鋭敏化過程に関してもパラメータ ΔS を用いて理論的評価を行なうことができ、脱鋭敏化完了時点を $\Delta S=0$ とする条件から計算で予測することが可能であるといえる。

4. 脱鋭敏化のためのレーザ照射条件の検討

4.1 加算則を用いた脱鋭敏化熱処理条件の算定

ステンレス鋼の鋭敏化現象に加算則が適用でき、これを用いて熱サイクル過程の鋭敏化を予測することができる。これまでの研究において報告⁶⁾されている。脱鋭敏化現象に関しても、鋭敏化現象と同様に Cr の拡散を律速過程として前述のような理論的取扱いができることから、加算則が適用できる可能性があるといえる。そこで、脱鋭敏化現象について加算則の適用を行ない、脱鋭敏化のためのレーザ照射条件を計算で求める方法に

Fig. 7 Effects of the laser power and the beam traveling velocity on the depth and the width of the region that can be desensitized by laser heat-treatment

について検討を行なった。加算則は Fig. 6 (a) に示すごとく、熱サイクルを時間幅 Δt の階段状の恒温熱処理の連続したものとして近似する。各区間の現象の進行量はその区間の平均温度 $(T_{F-1} + T_F)/2$ における TTDS 曲線上の時間 C_{F-1} を用いて $\Delta t/C_{F-1}$ で表わされると仮定し、熱サイクル全区間にわたって、これを逐次加算した次式で示すパラメータ τ を用いて現象の進行量を評価するものである。

$$\tau = \sum_i \frac{\Delta t}{C_i} \quad \dots\dots\dots (8)$$

すなわち、(8)式の τ の値が1以上となった時点で Fig. 6(b) の TTDS 図で示す脱鋭敏化現象が完了することになり、レーザ熱サイクル過程で $\tau=1$ となる条件を求めることにより、脱鋭敏化可能な照射条件を計算で予測することができる。

実際の計算にあたっては TTDS 曲線としては前述の $\Delta S=0$ となる条件で計算から求めた TTDS 曲線を用い、熱サイクル曲線は熱伝導理論より導かれる次式に示すレーザ熱サイクルの理論式⁷⁾を用いた。

$$T = \frac{2\sqrt{a\epsilon}W}{\pi 3/2\lambda} \int_0^\infty \frac{1}{\sqrt{\tau}(8a\tau + \gamma_0^2)} \exp\left\{-\frac{2(x+\gamma_0)^2 + 2y^2}{8a\tau + \gamma_0^2} - \frac{z^2}{4a\tau}\right\} d\tau \quad \dots\dots\dots (9)$$

W : レーザ出力 a : 熱拡散率

ϵ : ビーム吸収係数 v : ビーム走行速度

r_0 : ビーム半径 λ : 熱伝導率

(9)式はガウス型シングルモードのエネルギー密度分

Fig. 8 The extent of the laser irradiation condition required for desensitization (calculated)

Fig. 9 The extent of the laser irradiation condition required to desensitization (calculated)

布をもつレーザを半無限固体表面に照射した場合について解かれたものである。

$$a = 0.0435 \text{ cm}^2/\text{sec} \quad (813 \text{ K})$$

$$0.0468 \quad \text{ // } \quad (923 \text{ K})$$

$$\lambda = 0.0559 \text{ cal/sec} \cdot \text{cm} \cdot \text{K} \quad (813 \text{ K})$$

$$0.0601 \quad \text{ // } \quad (923 \text{ K})$$

$$\epsilon = 0.85$$

(9)式で示すレーザ熱サイクル曲線はレーザ出力、ビーム出力、ビーム走行速度、ビーム径の関数である。そこで、レーザ照射によって(8)式で示す τ が1以上となる条件を、それぞれのビーム照射パラメータを変化させた場合について求め、上限値となる溶融条件の間の脱鋭敏化可能範囲を決定した。

Fig. 7 は初期再活性化率を3%とした S-1 鋼についての TTDS 曲線および(9)式を用いて算出した、ビーム径を 7 mm とした場合の脱鋭敏化可能な幅および最大深さとビーム出力および走行速度の関係を示したものである。同様に、Fig. 8 および Fig. 9 にそれぞれビーム走行速度を 0.5 m/min と一定およびビーム出力を 1.5 kW と一定とした場合についての脱鋭敏化可能なビーム照射パラメータの条件範囲の計算結果を示す。

以上のように、脱鋭敏化現象に加算則の適用が可能であると仮定した場合、初期鋭敏化率が既知であれば、それに対応する脱鋭敏化可能なレーザ照射条件を計算により予測できるといえる。

Fig. 10 Comparison of the calculated extent of the laser irradiation condition required to desensitization with experimental results (Initial reactivation ratio: 3%)

4.2 脱鋭敏化条件の実験的検討

所定の鋭敏化処理を行なった S-1 鋼に種々の条件でレーザ照射を行ない、前節で述べた計算結果の妥当性について検討を行なった。Fig. 10 は初期鋭敏化状態として $Ra=3\%$ とした S-1 鋼に対して、ビーム径を 5, 7 および 10 mm と変化させてレーザ照射による脱鋭敏化処理を実施した場合の結果を示したものである。

Fig. 11 Effect of the welding heat input on the degree of sensitization in HAZ

Table 3 The laser irradiation conditions used for the desensitization heat-treatment of HAZ and experimental results

Heat input (kJ/cm)	Laser power (kW)	Beam traveling velocity (m/min)	Beam diameter (mm)	Result
10	1.0	1.0	7	Desensitized
	1.5	2.0	7	Desensitized
20	1.0	1.0	7	Desensitized
	1.5	2.0	7	Desensitized

脱鋭敏化の完了は電解しゅう酸エッチ試験によって判定した。図中の○印は脱鋭敏化の完了したもの、●印は未了のものを示す。⊗印は溶融したものである。また、図中の斜線で示す領域は前述の方法により計算によって求めた脱鋭敏化可能範囲である。条件によってじゃっかんバラツキはあるものの計算で求められる脱鋭敏化可能な範囲は実際にレーザ照射によって脱鋭敏化される条件とよい対応があることがわかる。

5. レーザ照射による溶接熱影響部の脱鋭敏化

HAZ の鋭敏化領域に対して、前述の方法によって決定したビーム照射条件でレーザ照射熱処理を行なった場合の脱鋭敏化の状況について検討を行なった。

Fig. 11 はレーザ照射に先立って、TIG 法による S-1 鋼ナメ付け溶接部における HAZ の鋭敏化度を EPR 法で調べた結果である。HAZ の鋭敏化度は溶接入熱の増加にともない、上昇する傾向が認められる。レーザ照射によって HAZ の脱鋭敏化を行なうためには、もっとも鋭敏化度の高い領域を脱鋭敏化できる条件を選定することが必要である。そこで、Fig. 11 に示す実験結果に基づき、前述の方法を用いて HAZ を脱鋭敏化するためのレーザ照射条件を決定した。Table 3 に溶接入熱を 10000 および 20000 joule/cm とした S-1 鋼溶接継手の HAZ に対して採用したレーザ照射条件およびその結果を示す。レーザ照射にあたって、HAZ の鋭敏化幅を考慮し

Fig. 12 Photograph and its schematic illustration for the cross section of a welded joint after laser heat-treatment

て、溶接入熱が 10000 joule/cm の場合は 1 パスの照射とし、20000 joule/cm の場合は同じ照射条件でビードに平行に位置を少しずらして 2 パスの照射を行なった。Fig. 12 に結果の一例として、溶接入熱が 10000 joule/cm の溶接継手についてのレーザ照射後のビード直角方向断面の電解しゅう酸エッチによる光学組織をしめす。レーザビーム照射を行なった HAZ の鋭敏化域の表面から約 0.3 mm の深さまでが、みぞ状組織から段状組織に変化しており、脱鋭敏化されていることがわかる。また、Table 3 に示すごとく、その他の HAZ についてもレーザ照射によって表面から 0.2—0.4 mm の層が完全に脱鋭敏化できることが確認された。

以上の結果より、あらかじめ計算手法により選定した照射条件でレーザ照射を行なうことによって、鋭敏化したステンレス鋼表面を脱鋭敏化することが可能であり、これを溶接部に応用することによってウェルドディケイを防止できることがわかった。

6. 結 言

本研究ではレーザを用いたオーステナイトステンレス鋼 HAZ における鋭敏化領域の耐食性の改善すなわち脱鋭敏化熱処理方法を確立することを目的として、脱鋭敏化現象の定量的な取扱いを行ない、その結果に基づき脱鋭敏化に必要なレーザ照射条件の計算による予測方法に

ついて検討を実施した。

以下に本研究で得られた結果を要約する。

1) 鋭敏化および脱鋭敏化現象が粒界近傍での Cr 欠乏層の形成および消滅によって説明できることを前提とし、これらの現象が Cr の拡散律速によることを仮定して導入した粒界近傍の Cr 欠乏層の体積と濃度因子を含んだ耐食性評価理論パラメータ $4S$ と実測した鋭敏化度との間には 1 対 1 の直線関係が得られた。

2) 恒温過程における脱鋭敏化現象に加算則を適用することによって、レーザ照射熱サイクル過程での脱鋭敏化完了時点を計算で予測できる。この結果を用いて、種々の鋭敏化度を有する鋭敏化材に対する脱鋭敏化可能なレーザ照射条件を計算で求めることができることを示した。

3) HAZ における鋭敏化領域に対して計算から予測した脱鋭敏化可能な条件でレーザ照射を行なった結果、この領域が脱鋭敏化され、耐食性が改善できることを実験的に確認した。

謝 辞

本研究の遂行に際し熱心に協力された 真木邦雄、藤田一博両工学士に心から感謝致します。また、材料および実験装置の面で御協力いただいた、日本ステンレス㈱および三菱電機㈱に対して厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) M. Avrami, "Kinetics of Phase Change II", Journal of Chemical Physics, 8 (1940), 212—224
- 2) 梅村文夫, 川本輝明, 電気化学的活性化法 (EPR 法) による鋭敏化度の評価, 日本金属学会会報, 22—10 (1983), 894—903
- 3) C. Strawstrom and M. Hillert, An Improved Depleted-Zone Theory of Intergranular Corrosion of 18—8 Stainless Steel, JISI, 207—1 (1969), 77—85
- 4) C. S. Tedmon, D. A. Vermilyea and J. H. Rosolowski, Intergranular Corrosion of Austenitic Stainless Steel, J. Electrochemical Soc., 118—2 (1971), 192—202
- 5) A. Davin, H. Kunzi and A. Pebler, Rev. Met., 60 (1963) 275
- 6) 井川博, 中尾嘉邦, 西本和俊, 井上倫人, SUS 304 におけるウェルドディケイに関する研究 (第 2 報), 溶接学会誌, 47—5 (1978), 252—259
- 7) 大村悦二, レーザ硬化処理における硬化層生成過程の解析, 大阪大学学位請求論文 (1983)