

レーザー塗膜除去技術の原子カプラントへの適用可能性 に関する検討

Study on Applicability of Laser Coating Removal Technique to Nuclear Power Plant

中部電力(株)	稲垣 博光	Hiromitsu INAGAKI	Member
光産業創成	藤田 和久	Kazuhisa FUJITA	
大学院大学	沖原 伸一朗	Shin-ichiro OKIHARA	
(株)トヨコー	豊澤 一晃	Kazuaki TOYOSAWA	
	前橋 伸光	Nobumitsu MAEBASHI	
	高原 和弘	Kazuhiro TAKAHARA	
	鈴木 猛	Takeshi SUZUKI	
	黒柳 昭博	Akihiro KUROYANAGI	
	秋吉 徹明	Tetsuaki AKIYOSHI	

The portable laser device of coating removal developed for the purpose of on-site removal of paint of the bridge in structural engineering field may be applicable as decontamination techniques of nuclear power plant decommissioning because of high processing speed and little amount of secondary waste. Then, in order to check the applicability of the portable laser device to the decontamination technique, fundamental examination of removal of the stainless steel surface was performed.

Keywords: Laser coating removal, Laser decontamination, Portable laser device, Fiber laser, Decommissioning

1. 目的

土木・建築分野において橋梁等の塗装の現場除去を目的として開発されたポータブルレーザー塗膜除去装置 [1] (図1) は、処理速度の速さおよび二次次廃棄物量の少なさから、原子力分野においても廃止措置の除染技術として適用できる可能性がある。本研究では、レーザー塗膜除去技術の除染技術への適用可能性を確認するため、鋼材表面のさびの除去 (図2) や処理速度の推定など、除染技術への適用に向けた基礎的な検討を行った。



図1 塗膜除去用に開発されたポータブルレーザー照射装置

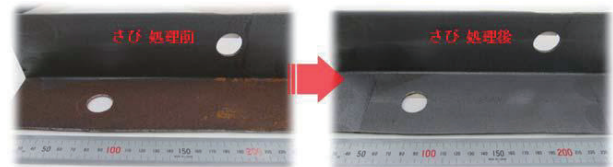


図2 ポータブルレーザー照射装置を用いたさびの除去

2. 実験

除染技術に適用した場合の処理速度を推定するため、Yb ファイバーレーザーを搭載したポータブルレーザー照射装置を用いて、無垢の316ステンレス表面への照射実験を行い、レーザーフルエンス (単位面積あたりに注がれるエネルギー) をパラメータとして、鋼材表面の除去量を測定した。

レーザーフルエンスは、図3に示すようにレーザーの出力 P [W]、集光径 ϕ [cm]およびスキャン速度 v [cm/s]から $P/\phi v$ [J/cm²]のように設定できる。本実験では、出力 500W を一定とし、図4に示すように鋼材を照射装置に対し斜めに固定して、スキャン速度 25, 50, 100[mm/s]で走査させ、異なる集光径でのデータを同時

連絡先: 稲垣博光、〒437-1695 静岡県御前崎市佐倉5561、中部電力(株)原子力安全技術研究所、
E-mail: Inagaki.Hiromitsu@chuden.co.jp

に取得した。照射後に、3次元顕微鏡を用いて鋼材表面の3次元形状を計測し、レーザーアブレーションで表面が削りとられた部分の体積をソフトウェアで解析し、単位時間当たりの除去量として導出した。

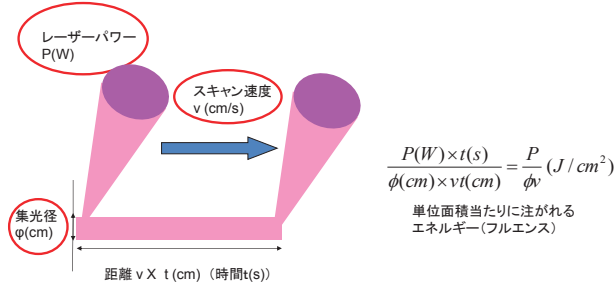


図3 照射条件(レーザーフルエンス)の設定方法

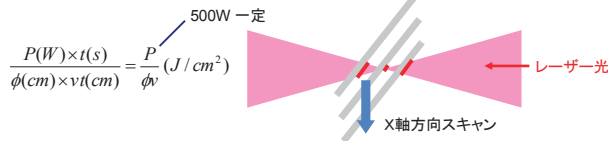
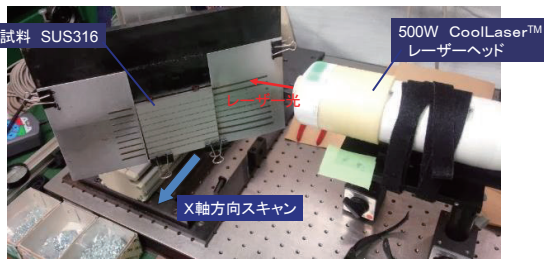


図4 レーザー照射による鋼材表面の除去実験

3. 結果と考察

3.1 レーザーフルエンスと除去量の関係

図5に、レーザーフルエンスと鋼材表面の除去量の関係を示す。この図から、除去量はレーザーフルエンスとともに増加するが、図中の矢印で示すように、特異的に除去体積が大きくなるレーザーフルエンスの条件があることが分かった。

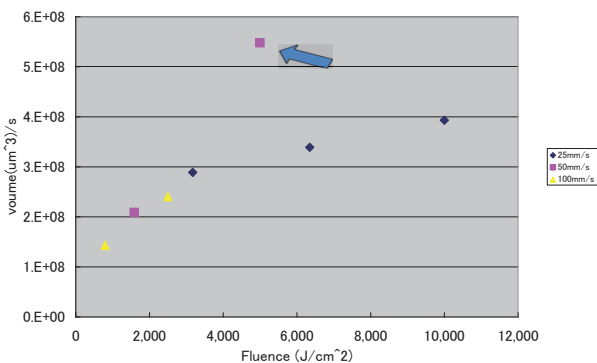


図5 レーザー照射除去性能のレーザーフルエンス依存性

図6に、照射後の鋼材表面の写真と3次元形状を重ねたものを示す。左が特異的に除去量が大きくなった条件(除去量 $5.5 \times 10^8 [\mu\text{m}^3]$ 、レーザーフルエンス $5000 [\text{J}/\text{cm}^2]$)、右がそれよりもレーザーフルエンスが少し低い条件である。

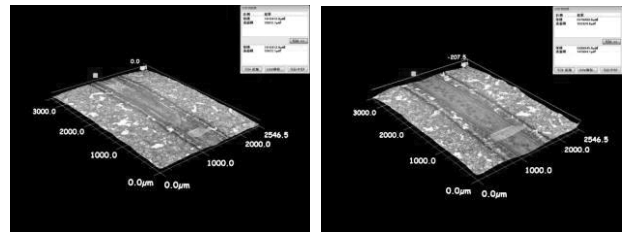


図6 レーザー照射後の鋼材表面

左図では焦点が絞れて集光径が小さくなっており、右図に比べ除去された部位を示す黒い部分が細くなっている。対して、右図では黒い部分の外側に除去に至らなかった熱影響部を示す青い部分が見られる。これより、熱影響部を生じず投入したエネルギーが全て除去に使われるような条件(最適照射条件)で除去量が最大になることが推測される。

3.2 処理速度の推定

ポータブルレーザー照射装置に市販の最大級出力をもつ10kWレーザーを搭載できたと仮定して、集光径、スキャン速度を調整し最適照射条件にした場合における処理速度を、除去深さをパラメータとして算定した。

i) 前項の実験から最適照射条件における単位時間・単位除去体積あたりの投入エネルギー

$$500[\text{W}] \div 5.5 \times 10^8 [\mu\text{m}^3/\text{s}] = 9.1 \times 10^{-7} [\text{J}/\mu\text{m}^3]$$

ii) 除去深さ $D [\mu\text{m}]$ 、対象面積 1m^2 あたりに投入すべきエネルギー

$$D \times 10^{12} [\mu\text{m}^3] \times 9.1 \times 10^{-7} [\text{J}/\mu\text{m}^3] = 9.1 \times 10^5 D [\text{J}]$$

iii) レーザー出力10kWで前項のエネルギーの投入にかかる時間

$$9.1 \times 10^5 D [\text{J}] \div 10^4 [\text{J}/\text{s}] \div 60 [\text{s}/\text{min}] = 1.5 D [\text{min}]$$

除去深さは10~150[μm]と言われており、仮に50[μm]とすると、理想的な条件ではあるものの、1m²を除染処理するために必要な時間は75分となる。これより、10kWクラスのレーザーを搭載することができれば、実用化に向けた検討に値すると思われる。

参考文献

- [1] 株式会社トヨコー. 樹脂塗膜剥離方法及びその装置. 特開2012-081455