

高出力密度連続波ファイバーレーザー光の高速掃引と高速動画を用いたレーザー除染メカニズムの研究

(2) エポキシ塗装厚膜のレーザー除染

Laser decontamination mechanism using high-speed scanning of high-power density continuous wave fiber laser and high-speed camera

(2) Laser decontamination of Epoxy resin coated thick film

*峰原英介¹, 小菅淳²

¹LDD, ²原子力機構

抄録: LDD 独自の高出力密度高速掃引連続波 (CW) ファイバーレーザー剥離機は、放射性同位元素 (RI) 汚染されているコンクリート約 40 万トンと金属数千トンの発電用原子炉を条件が整えば放射化物以外 100% 除染できる。炉内外の構成要素表面は、防錆素材以外はエポキシ等で塗装されており、除染対象は RI 汚染されている表面のエポキシ塗装膜とその母材になる。これらの最新の有機物樹脂はレーザーに対して高い耐性を持つものが多く、ステンレス鋼より剥離にくいものが多い。高出力密度高速掃引 CW ファイバーレーザーと低速/高速動画を用いて、エポキシ厚膜と母材の模擬除染試験と剥離除染メカニズムを説明する。

キーワード: ファイバーレーザー、高出力密度、レーザー除染、除染メカニズム、高速掃引、エポキシ塗装

1. 緒言

高出力密度高速掃引 CW シングルモードファイバーレーザー剥離機と低速・高速度動画観察を用いたエポキシ厚膜と下層素材の模擬除染試験と剥離除染メカニズムを説明する。

2. 高出力密度高速掃引レーザー除染機によるエポキシ塗装と母材の剥離除染メカニズム

エポキシ厚膜は、レーザーと酸素ガスで酸化或いは燃える場合とレーザーと不可性ガスで酸化燃焼が抑えられ、酸化と共に剥離が進む場合が見られる。空気中あるいは酸素ガス分圧が高い状態で燃焼が主な場合は四三酸化鉄が高速で成長して表面に主にマグネタイト層が、僅かに二三酸化鉄、ヘマタイト層が共に形成される。赤錆や塗装膜がある場合は、無い場合よりも厚くて強固なマグネタイト層が形成される。50L ドラム缶表面の約 20 μ m 厚のエポキシ塗装の除去は、照射時にマグネタイト層が形成されている。200L ドラム缶表面の不規則に厚い赤錆とエポキシ塗装の除去は、厚くて強固なマグネタイト層が照射時に形成される。マグネタイト層等は汚染物を保持するかどうかは不明である。

生体遮蔽コンクリートの様に 10 mm 以上あるような極端に厚いエポキシ塗装は、高出力密度高速掃引 CW レーザーでほとんど燃焼も炭化もせずに剥離が進む。特に不活性ガスを流す場合や低い出力の場合は、表面温度は低く抑えられ、炭化燃焼は、ほとんど起こらずに表面剥離が進む。エポキシ層が除去されると母材が露出してコンクリート層の剥離となる。此处まで汚染があればコンクリートの結晶水等の爆裂で剥離が進む。母材が金属であれば、エポキシ層の除去の次に通常の瞬間蒸発が起こり、条件が整えば完全除染が得られる。

3. 結論

高出力密度高速掃引では、母材において 100% 除染が実現する。エポキシ塗装は酸化燃焼が顕著でなく、炭化も少ないので除染係数は高い。低出力密度低速掃引では、母材に比較的汚染が残留し、エポキシ塗装に酸化燃焼が顕著で、炭化が多いので除染係数は低い。検出限界以下の 100% 除染の実現には高出力密度と高速掃引が必要と考えられる。レーザー除染機と動画観察と汚染物或いは模擬汚染物を用い、具体的な除染係数の計測等を用いて除染メカニズムを説明する。

参考文献

[1] E. J. Minehara, Japanese Patent No.5610356, 2014, US Patent, US9174304B2, 2015., EU Patent No.2772922, 2017.

*Eisuke J. Minehara¹ and Atsushi Kosuge², ¹LDD Corporation., ²JAEA.