

林 太郎 論文内容の要旨

主 論 文

Effect of laser emission parameters on mechanical and physical properties of cast pure titanium

(鋳造純チタンの機械的, 物理的性質に与えるレーザー照射パラメータの影響)
(林 太郎・渡邊 郁哉・黒木 唯文・白石 孝信・村田 比呂司)

Journal of Spectroscopy, vol. 2014, Article ID 862305, 8 pages, 2014.

長崎大学大学院医歯薬学総合研究科医療科学専攻
(主任指導教員: 村田 比呂司教授)

緒 言

チタンやチタン合金は, 生体適合性や耐食性に優れているため, インプラントや矯正等, 歯科の分野でも幅広く使用される. しかし, 一部の患者は強度に優れるチタン合金のチタン以外の合金構成元素にアレルギー反応を示し, 強度の劣る純チタンを使用することが望ましい.

そこで, 純チタンの強度を向上させるために, 高いエネルギーのパルスレーザーを使用し, 材料表面中に高振幅衝撃波をおこすことによって, 疲労強度を大きく改善する革新的なレーザーピーニング法を応用したレーザー表面処理法を使用することで, チタンメタルフレーム等が, 咀嚼ストレスに耐えうるだけの高い機械的強度を持つことが可能となると予想した. 本研究は, 鋳造純チタンの表面をレーザー処理した場合, その処理パラメータが純チタンの機械的強度に及ぼす影響について比較検討した.

対象と方法

純チタンは JIS2 種と 3 種を使用した. ダンベル型引張試験片 (ISO6892) は, マグネシア系埋没材 (Selevest® CB) を使用し, 埋没後, チタン遠心鋳造機 (Ticast Super®R) を用いアルゴン雰囲気下で鋳造を行い, 作製した. 鋳造引張試験片はサンドブラスト処理後にアセトンにて 10 分間超音波洗浄し, レーザー表面処理に供した.

使用した Nd:YAG レーザー (Tanaka TLL-7000) は, 2 種, 3 種ともに, Voltage: Pulse duration: Spot duration の順番に, 1 (200V:10ms:1.0mm), 2 (200V:10ms:1.6mm), 3 (220V:10ms:1.0mm), 4 (220V:1.0ms:1.0mm), 5 (240V:10ms:1.0mm), 6 (240V:10ms:1.6mm) の 6 条件下のもと行うこととした. 試料は, 同条件下で 3 本ずつ作製した.

これらの 6 条件で, 各パラメータによるレーザー表面処理がチタンの物性に及ぼす影響について比較検討した. また, 表面処理を施さない試験片も, コントロールとして準備した.

引張試験は, 万能試験機 (Instron) によりクロスヘッドスピード 1.0 mm/min で行い, 引張強度 (MPa) と破断時の伸び (%) の平均値を求めた. また, 引張試験とは別にダンベルのゲージ部と同径 (3 mm) のロッド試験片を鋳造作製し, 同条件下でのレーザー表面処理後に表面からの深さ方向の硬さプロファイリングを硬さ試験機 (HV-KH1) を用いて行った. 硬さは深さ 100 μm までを 25 μm 間隔, 深さ 1000 μm までを 50 μm 間隔で測定した.

結 果

パルス 10ms, スポット径 1mm のパラメータでレーザー表面処理した条件でのパワーによる影響を示したグラフでは, 2種, 3種ともにレーザー処理を施すと有意に最大応力が増加した. 特に2種でのレーザー処理による効果が有効であった. 出力による影響は, その出力を 200A から 220A に増加させても, 若干その強度が増加するものの, 有意な増加は示さなかった. 220A から 240A への増加も, 強度の変化はなかった. 伸び率は, 2種ではレーザー処理を施しても, コントロールと比較してもそれほど大きな変化はなかった. 3種での伸びは, コントロール群と比較すると, レーザー処理により, その伸び率は低下した.

出力 220A でスポット径を 1.0mm に固定してレーザー照射した場合のパルス 10ms と 1ms を比較したグラフでは, 2種, 3種ともにパルス 10ms でコントロールに比べ, 有意に高い強度を示した. パルス 1ms の2種はコントロールとほぼ変わらなかったが, 3種では強度が逆に少しだけ低くなった. 伸び率は2種においてはコントロールに比べ 10ms で高い数値を示したが, 3種では低下した. パルス 1ms では2種, 3種ともにその伸び率はコントロールに比べ低下した.

出力 200A, パルス 10ms の条件で, スポット径による影響をみると, スポット径 1.0mm では2種, 3種ともに有意に引張強度が増加した. スポット径 1.6mm の3種ではスポット径 1.0mm と同程度増加するが, 2種では強度の増加率はスポット径 1.0mm の約半分であった. このことは純チタン3種よりも2種でスポット径による影響が大きいことを示している. 伸びに関しては, 2種がスポット径 1.6mm で減少傾向にあるが, 3種ではスポット径 1.0mm で低くなっていた.

出力 240A でスポット径による影響をみると, 出力 240A でも 200A と同様な傾向を示した. すなわち, 3種ではスポット径 1.0mm, 1.6mm 両方でコントロールに比べ, 大きい引張強度を示したが, 2種ではスポット径 1.6mm の強度の伸び率は, 1.0mm の約半分であった. 伸びも 200A と同様な傾向であるが, 3種ではスポット径 1.0mm に加え, 1.6mm でも低くなっていた.

硬さプロファイルではパルス 1ms を除くすべての試験片で, コントロールで観察された表層の硬さが減少し, 内部では照射部の硬さが上昇し, 硬さの拡散が起こっていた.

考 察

チタン3種に限り, レーザー表面処理により引張り強度が大きくなると, 伸びが低下する傾向があることが解る. スポット径を小さくすると, レーザー光が集約され, レーザーによる溶解深度が深くなり, このような違いが見受けられると考えられる.

本研究の結果より鑄造純チタンへのレーザー表面処理により, その機械的強度が上がり, メタルフレームやクラスプの破折を予防する効果が発揮できるものと考えられる.