

炭素鋼の塑性変形に対するレーザーピーニングパラメータの効果

Effects of Laser Peening Parameters on Plastic Deformation of Carbon Steel

近大理工¹, 大産大工², 富山大工³, 阪大接合研⁴○宮本幸大¹, 津山美穂¹, 部谷学², 柴柳敏哉³, 塚本雅裕⁴, 中野人志¹Fac. of Sci. and Eng., Kinki Univ.¹, Fac. of Eng., Osaka Sangyo Univ.², Fac. of Eng., Toyama Univ.³, JWRI, Osaka Univ.⁴○Yukio Miyamoto¹, Miho Tsuyama¹, Manabu Heya², Toshiya Shibayanagi³, Masahiro Tsukamoto⁴, Hitoshi Nakano¹

E-mail: 1333340422c@kindai.ac.jp

1. はじめに

レーザーピーニングは、レーザー誘起衝撃波の作用により金属表面近傍に圧縮残留応力層や硬化層を形成させる技術であり、航空機部品や原子炉の炉心シュラウドなどの高い信頼性が要求される部分の処理に応用されている。

レーザーピーニングの原理について述べる。水中の金属に尖頭値の高いパルスレーザーを照射すると、金属のごく表層がプラズマ化する。金属表面に水膜がある状態では、プラズマの膨張が水の慣性により抑制されるため、プラズマは高い圧力状態となり衝撃波が発生する。衝撃波の動的な応力によって金属の表層は押し延ばされて塑性変形し、未変形部から拘束を受けることによって金属表面近傍に圧縮残留応力層や硬化層が形成される。

レーザーピーニングに関する研究報告は多々あるが、材料の特性評価に特化しており、最適なレーザーピーニングパラメータの条件等、系統的な研究例はない。ここでレーザーピーニングパラメータとは、レーザー照射条件、レーザー生成プラズマの圧力、レーザー誘起衝撃波及び金属材料の初期状態である。本研究では、金属材料の初期状態及びレーザー照射条件を変化させた際の塑性変形に起因した加工硬化を評価し、最適なレーザーピーニングパラメータを明らかにすることを目的とする。

2. 実験方法

レーザー光源として、水中透過性の高いNd:YAG レーザーの第 2 高調波(波長: 532 nm, パルス幅: 4 ns 及び繰り返し周波数: 10 Hz)を用いた。金属試料としては炭素鋼(S55C)を用い、金属の初期状態を統一させるために受取材にアニーリング(焼鈍)を施した。アニーリング後、レーザー照射の重ね打ち率を表すカバレッジを変化させてピーニング処理を行った。塑性変形に起因する加工硬化をビッカース硬度計で評価し、カバレッジ変化の効果を調べた。

3. 実験結果

図 1 はアニーリング温度 500~800°C 及びレーザー照射強度 2.5 GW/cm² とし、カバレッジを 100~10000% に変化させたときの試料表面のビッカース硬度測定の結果を表している。図より、アニーリング温度を高くするにつれて硬度上昇量が大きくなるという結果が得られた。また、カバレッジを高くするにつれて硬度上昇量は増加していくが、あるカバレッジの値を境に硬度上昇量が減少し、最終的に硬度上昇量は飽和するという傾向がみられた。

4. まとめ

炭素鋼に対してレーザーピーニング処理を行い、塑性変形に起因する加工硬化を評価した。硬度上昇量に対するカバレッジ依存性がみられ、適切なレーザーピーニング処理条件が存在することが分かった。

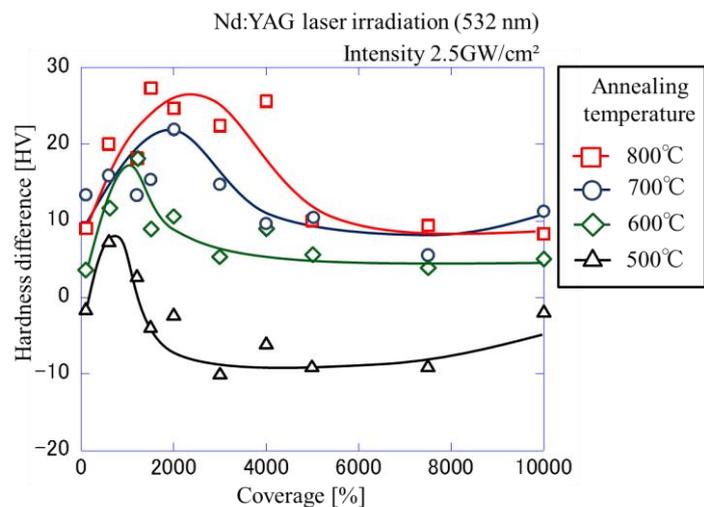


図 1 初期状態変化に対するカバレッジ依存性