

研究ノート

金属表面熱処理へのディスクレーザの適用

山本紘司*1、古澤秀雄*2、斉藤昭雄*2、花井敦浩*2

Application of the Surface Heat Treatment by Disk Laser

Kouji YAMAMOTO*1, Hideo FURUZAWA*2, Akio SAITO*2 and Atsuhiko HANAI*2

Industrial Research Center *1*2

金型材料のSKD11にディスクレーザを用いた表面熱処理の適用を検討した。レーザの出力、走査速度、焦点位置等を調整することにより、硬さ700HV、厚さ0.1mmの表面硬化層を得る条件を見出すことができた。

1. はじめに

レーザを用いた熱処理は、必要な部位に処理が可能で、熱歪みが少ないことから、多くの研究開発が行われてきたが¹⁾、レーザ加工機が高価であることやランニングコストなどの問題があり、実用化が進んでいない。

しかし、レーザ加工機が著しく発展し、従来から使用されているCO₂レーザやYAGレーザよりもコストや効率に優れ、操作やメンテナンスも容易なファイバーレーザやディスクレーザなどが開発され、様々な用途に対する実用化がなされるようになった。

本研究では、レーザ出力が高く、ビーム品質の良いディスクレーザを用いた表面熱処理を検討した。対象材料にはプレス金型で利用されるSKD11を用いた。

2. 実験方法

2.1 ディスクレーザ

本研究で使用するディスクレーザの原理図を図1に示す。レーザ媒質は直径数mm、厚さ数百 μ mのYAGディスク、励起は半導体レーザを用いており、ディスク裏面には反射鏡と冷却用の放熱板がある。YAGディスクを効率的に励起するため、励起用レーザビームは放物面鏡と反射鏡により多重照射している²⁾³⁾。表1にレーザの仕様を示す。

表1 ディスクレーザの仕様

機種名	Trudisk4002 (Trump社)
レーザ発振方法	CW (連続波)
レーザ波長	1030nm
最大出力	4000W
レーザ最大走査速度	2000mm/min

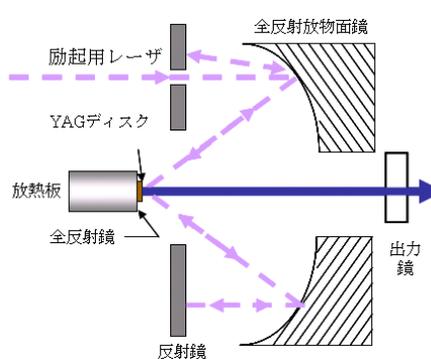


図1 ディスクレーザの原理図

2.2 供試材

供試材は、焼きならししたSKD11ブロック板（硬さ240HV）から200×50mm、厚さ40mmに切り出した。レーザ熱処理は試料の表面を平面研削した後にいった。

2.3 レーザ熱処理と評価方法

レーザ熱処理実験の模式図を図2に示す。レーザ発振器の出力を光ファイバーで伝送し、放物面鏡および反射鏡からなる光学系で15×1mmのラインビームに成形する。焦点距離は320mmである。これを走査しながら試料に照射することにより試料表面が急速加熱、急速冷却され、熱処理が行われる。図中のシールドガス（N₂ガス）は酸化防止のために用いた。調整するパラメータはレーザ出力、走査速度、焦点位置とし、SKD11の熱処理後の一般的な数値である硬さ800HV、硬化層0.1mmを熱処理の目標とした。

評価項目は断面組織観察、断面硬さ、残留応力および残留オーステナイト量とし、熱処理部の中央から試料を採取した。残留応力、残留オーステナイト量はX線応力測定装置を用い、電解研磨して深さ方向に測定した。

*1 産業技術センター 金属材料室（現 自動車・機械技術室）

*2 産業技術センター 金属材料室

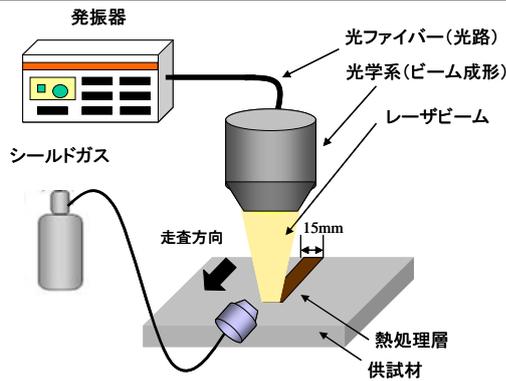


図2 実験システムの模式図

3. 実験結果と考察

3.1 金属組織の評価

表2に示した条件でレーザー熱処理を行い、表面組織を比較した。条件1～5は表面を1000倍で観察した際、溶融時に現出するデンドライト組織が観察され、表面温度が上昇しすぎたと思われる。表面溶融の見られなかった条件6について機械的特性を評価した。

表2 熱処理条件

条件 No	出力 (W)	走査速度 (mm/min)	焦点位置 (mm)	備考
1	800	100	0	溶融
2	1000	100	0	溶融
3	800	200	0	溶融
4	800	300	0	溶融
5	800	200	-10 ^(*)	溶融
6	800	300	-10 ^(*)	

*) 供試材を焦点距離の位置から10mm近づけた。

3.2 機械的特性評価

3.2.1 熱処理部の硬さと残留オーステナイト

図3に条件6の断面硬さ測定結果と残留オーステナイト量を重ねてプロットした。硬さの最高値は700HVに達したが、表面直下では600HVと硬化が不十分であり、表面の残留オーステナイト量も多かった。表面溶融の見られなかった条件6でもSKD11の最適熱処理条件である1000～1050℃より高い温度まで加熱されたと推測される。

3.2.2 残留応力分布について

金型は疲労寿命が重要な要素であり、圧縮の残留応力は疲労寿命の向上に寄与する。そこで、素材と表面溶融の見られなかった条件6で残留応力を測定し、結果を図4に示す。表面から0.1mmの深さで400MPaの強い圧縮残留応力が得られていることを確認した。

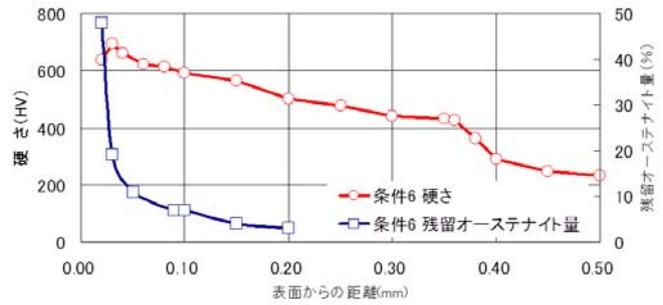


図3 条件6の硬さ分布と残留オーステナイト量

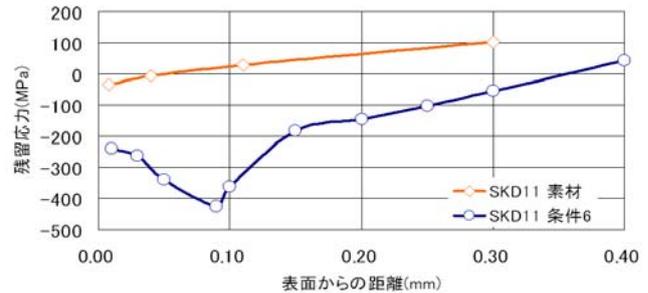


図4 残留応力分布

4. 結び

SKD11にディスクレーザを用いて表面熱処理を行い、最高硬さが700HV (60HRC相当)、硬化層が0.1mmとなる熱処理条件を見出した。従来の熱処理方法と同程度の硬さが得られなかったのは加熱温度が高くなりすぎて、残留オーステナイトが生成したためと推測される。残留応力に関しては最大で400MPaの圧縮が得られ、疲労寿命の向上へ寄与すると考えられる。更なる機械的特性の向上には、出力、走査速度、焦点位置を調整する必要がある。

謝辞

本研究に当たり、熱処理試験でご協力いただいた(株)齋藤工業に、深く感謝いたします。

文献

- 1) 三宅正司：レーザー表面改質の現状と展開，P41(2001)，日本溶接協会
- 2) 永井治彦：レーザープロセス，P156(2007)，オプトロニクス社
- 3) 門屋，ディスクレーザの動向，P69-73(2003)，第58回レーザー加工学会論文集