

研究ノート

球状黒鉛鑄鉄のレーザー焼入れに対する基材組織の影響

津本宏樹*1、清水彰子*1、横山 博*1

Effect of Metal Structure on Laser Quenching of Spheroidal Graphite Cast Iron

Hiroki TSUMOTO*1, Akiko SHIMIZU*1 and Hiroshi YOKOYAMA*1

Industrial Research Center*1

球状黒鉛鑄鉄(FCD600)に対するレーザー焼入れ条件を検討した。レーザー出力とレーザー走査速度をパラメータとして焼入れを行ったところ、事前に熱処理を行わない試料では、いずれの条件においても試料表面に均一な硬化層は得られなかった。事前に熱処理(900℃×3H 保持後、空冷)を行うことで、均一な硬化層が得られた。熱処理による基材組織の違いが焼入れに影響を与えたものと考えられる。

1. はじめに

鑄鉄は材料歩留まりが良い、安価、大型製品への適用が比較的容易といった特徴を有していることから、自動車部材や金型など様々な分野で利用されている。一般的に耐摩耗性などの観点から硬さが要求される部位については、その表面に熱処理(焼入れなど)を施す。例えば鑄鉄製金型のような大型部材に対する熱処理手法としては、火炎焼入れを行うことが多いが、職人の技能に依存する工法であることから、品質の安定性、技術伝承の面で課題がある¹⁾。

一方、レーザー装置の高出力化、高品質化、低コスト化が進んだことにより、切断、溶接、微細加工など各種レーザー加工技術に関する研究が行われている²⁾。レーザーを熱処理に応用したレーザー焼入れは、熱歪みが少ない、複雑形状への適用が可能、工程がクリーン、省エネルギーなどの特徴を有し³⁾、鑄鉄製金型のような大型部材に対しても、レーザーが照射できる部位であれば焼入れが可能のほか、多品種少量生産対応や品質バラツキの低減といったメリットが考えられる。

そこで本研究では FCD600 を対象にレーザー焼入れ条件および基材組織との関係について検討した。

2. 実験方法

2.1 実験システム

レーザーは、最大出力 4000W の半導体レーザー(Laserline 社 LDF4000、波長 960nm)を使用した。レーザー光はズームホモジナイザーにより 15×6mm の矩形形状に成形されており、試料(50×50×10mm)には表面を研削した FCD600 を用いた。レーザー照射面は試験片表

面とし、焦点位置と同一とした(焦点距離 200mm)。

2.2 実験条件

レーザー出力及びレーザー走査速度をパラメータとし、表 1 に示す条件(実験に用いた条件に 1~18 の番号を付した)でレーザー焼入れ実験を実施した。基材組織の影響を確認するため、事前に熱処理を行わない試料(熱処理無し品)と、熱処理を行った試料(熱処理有り品)を準備した。熱処理有り品の事前熱処理条件は 900℃で 3 時間保持後、空冷(焼ならし)とした。また、熱処理に際しては、試料表面の酸化、脱炭を防止するため、試料を酸化防止用ステンレス箔『(株)畑電気製作所製 エレパック』に封入した。

表 1 レーザ焼入れ条件

レーザー走査速度 [mm/min]

	60	120	180	240	300	360	450
420		1					
630	2	3	4				
735	5	6					
800					7		
840		8	9	10			
945				11			
1000					12		
1050					13		
1100					14		
1155						15	
1200	熱処理無し品:1~18 全て				16		
1310	熱処理有り品:1、4、7						17
1575	以外の条件で実験を実施						18

レーザー出力[W]

*1 産業技術センター 金属材料室

3. 実験結果及び考察

3.1 熱処理無し品

FCD600 試料(熱処理無し品)について、レーザ焼入後の内部断面組織及びレーザ焼入条件 2、8、17 におけるレーザ焼入後の表層部断面組織を図 1 に示す。今回、組織現出のための腐食液には硝酸アルコール溶液を用いた。焼入前の組織は球状黒鉛周辺のフェライト部(白い部分)と、さらにその周辺にパーライト部が分布するブルズアイ型となっていた。条件 2、17 は試料表層が溶融しない範囲でレーザ焼入れを実施したものであるが、走査速度が遅い条件(条件 2)、速い条件(条件 17)いずれにおいても表層部に均一な硬化層は得られず、焼入れて硬化したマルテンサイト部の他にフェライト部が露出する状態となった。実験条件 8 は表層が若干溶融する条件でレーザ焼入れを実施したものであるが、この場合、フェライト部の露出はないものの、急冷凝固によると思われるチル層(白鉄部)が最表面に形成され、その周辺にマルテンサイト部が形成されていた。

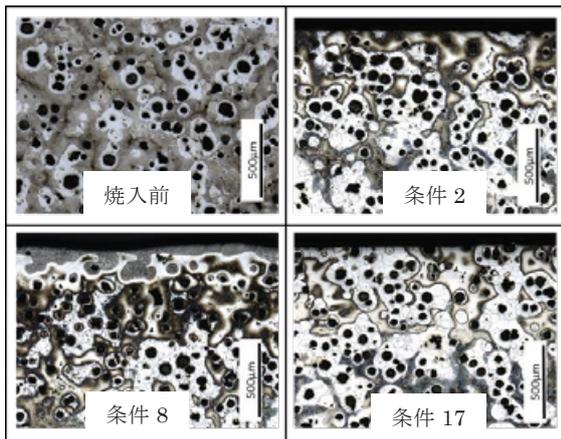


図 1 断面組織(熱処理無し品)

他の試料についても同様に組織観察を行ったが、表層が非溶融かつ均一な硬化層(表面にフェライト部が露出しない)が得られるレーザ焼入条件は今回の実験で見出すことはできなかった。

焼入れは加熱時にオーステナイト化した鉄素地に炭素を固溶させた後、急冷する必要がある。図 1-条件 2 においてレーザ焼入後に表面に露出したフェライト部は、レーザの走査速度を遅くしてもなお加熱時間が不足し、炭素が十分に拡散、固溶できなかったため生成されたものと考えられる。

3.2 熱処理有り品

つぎに FCD600 試料に熱処理(900℃×3H 保持後、空冷)を行った後の内部断面組織及び熱処理後の試料に対し、条件 2、10、17 にてレーザ焼入れを行った後の表層部断面組織を図 2 に示す。図 1 および図 2 の焼入前組織の比較から、熱処理により球状黒鉛周辺の基材組織

がフェライトとパーライトからパーライト主体になっていることが分かる。条件 2、10、17 はどれも試料表層が溶融しない条件で焼入れを行ったものである。レーザ走査速度はそれぞれ異なるが、どの条件においても表層部に均一な硬化層が形成されていた。

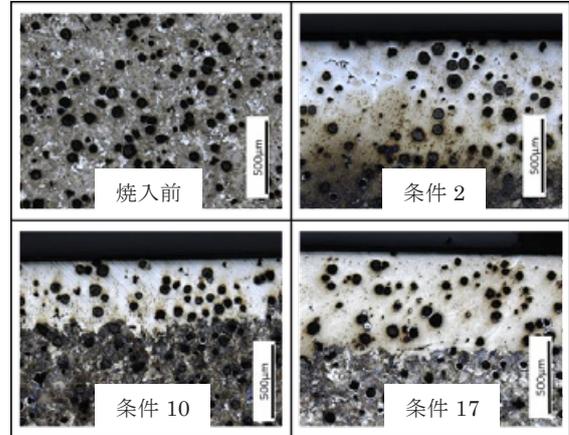


図 2 断面組織(熱処理有り品)

図 1-条件 2、17 と図 2-条件 2、17 はどちらも同じレーザ焼入条件であるが、事前に熱処理を行った図 2 の方が良好な硬化層が形成されており、他の条件も同様の傾向であった。これらの結果は、レーザ焼入れにおいて、基材組織の状態が焼入れに影響を与えることを示唆している。以上のことから、大型部材など事前熱処理が困難なものにレーザ焼入れを適用する際には、素材製造時点での基材組織の品質管理が重要になると考えられる。

4. 結び

- (1) レーザ出力とレーザ走査速度をパラメータとし、レーザ焼入実験を行ったが、事前に熱処理を行わない試料では、表層が非溶融かつ均一な硬化層が得られる条件は見出せなかった。
- (2) 試料に熱処理(焼ならし)を行った後、レーザ焼入れを行うことで均一な硬化層が得られた。

謝辞

本研究にあたり、レーザ焼入れ試験片の作製にご協力いただいた株式会社豊電子工業に深く感謝いたします。

文献

- 1) 一般財団法人機械システム振興協会：レーザ技術を利用した金型イノベーションに関する戦略策定報告書，21(2015)
- 2) 特許庁：平成 22 年度特許出願技術動向調査報告書(概要)レーザ加工技術，26(2011)
- 3) 富士高周波工業株式会社：レーザ焼入れ研究所スペシャルレポート vol.1，1(2012)