

肉盛溶接による金型補修に関する研究

星野 昌子・石田 正文・勝又 信行・斎藤 修

Research on Repairing Die with Overlaying

Shoko HOSHINO, Masafumi ISHIDA, Nobuyuki KATSUMATA and Osamu SAITO

要 約

金型の溶接補修技術の最適化を図り、高品質で安定した金型補修技術の確立を目的に、溶接変形が少なく高速深溶込みが期待できるYAGレーザー溶接機を用い、レーザー溶接の基本特性を検討した。その結果、溶込み形状やポロシティ発生に及ぼす溶接条件の把握ができた。また、溶接補修部は、硬さが600HVで上昇するとともに、600MPaの引張残留応力が発生し、母材材質とは大きく変化することが判った。

1. 緒 言

今日のものづくり産業において、プラスチック成形、プレス、ダイカスト等、金型を用いる製造プロセス（素形材産業）は不可欠である。金型を使用する際、製造中に発生する磨耗、亀裂等の補修や設計変更等の理由から、金型表面に肉盛溶接を施して対応することが日常的に行われている。現状では、金型の溶接作業は経験に基づいて行われており、溶接部の品質が不安定となりやすい。このような補修金型は、使用を再開しても早期に再び欠陥が発生しやすく、高品質で安定した溶接補修技術の確立が求められている。

本研究では、金型溶接補修技術の最適化を図り、高品質で安定した金型の補修技術の確立を目的とする。溶接手段には、溶接変形が少なく高速深溶込みが期待できるレーザー溶接に注目し、本年度はレーザー溶接の基本特性を把握する為、レーザー照射条件と母材の溶込み状態について検討を行った。

2. 実験方法

2-1 試験片

本実験には、ダイカスト用金型、プラスチック成形金型にも多く使用される合金工具鋼SKD61を使用した。

板厚5mm(50×50mm)の平板(SKD61)に研削加工を施したものを供試材とし、表面にビードオンプレートにて肉盛溶接を行った。また、溶加材には供材のφ0.3mmワイヤ(株テクノコート製)を用いた。

2-2 レーザ溶接機

一般的なレーザー溶接機にはCO₂レーザー(波長:10.6μm)やYAGレーザー(波長:1.06μm)が用いられているが、YAGレーザーは吸収率が高く効率の高い溶接

が可能である¹⁾。特に、小出力YAGレーザーは、低入熱なため溶接時に発生する熱ひずみが少なく、微細な金型補修には適している。本年度は、レーザー溶接条件を確認する為、ランプ励起YAGレーザー溶接機(株テクノコート製)を用い、各レーザー照射条件における溶込み形状の評価を行った。

レーザー溶接機の概要を表1に、外観を図1に示す。

表1 使用したYAGレーザー溶接機概要

機種名	(株)テクノコート製 TL-150S
レーザー発振方法	ランプ励起連続パルス発振 YAGレーザー
レーザー波長 [nm]	1064
平均出力 [W]	150
パルス幅 [ms]	0.5~20
周波数 [Hz]	0.5~15



図1 使用したレーザー溶接機

2-3 レーザ溶接条件の検討

各パラメータによる影響を調べる為、表2に示す溶接条件により、溶込み形状等への影響を検討した。

レンズから供試材表面までの距離は84mmでレンズ焦点位置を供試材表面とした。レーザービーム形状は円形で、送り速度を一定とし、一方向に40mmの長さまで照射した。溶接部の評価は、ビード部分を切断後、マクロ組織、ミクロ組織観察を行い、硬さならびに応力測定を行った。

表2 溶接条件

電流値 [A]	80, 100, 120, 140, 160, 180, 200
パルス幅 [ms]	2, 4, 6, 8, 10
周波数 [Hz]	3, 5, 10
テーブル送り速度 [mm/s]	1
Arガス流量 [l/min]	5

3. 実験結果と考察

3-1 レーザ照射条件の検討

レーザー照射部の溶込み形状を調査するために、周波数3 [Hz] で一定とし、レーザー出力、パルス幅を変化させたときの溶込み幅を図3に示す。また、図4に各パルス幅毎のレーザー出力と溶込み深さの関係を示す。図2に溶接部概略を示す。

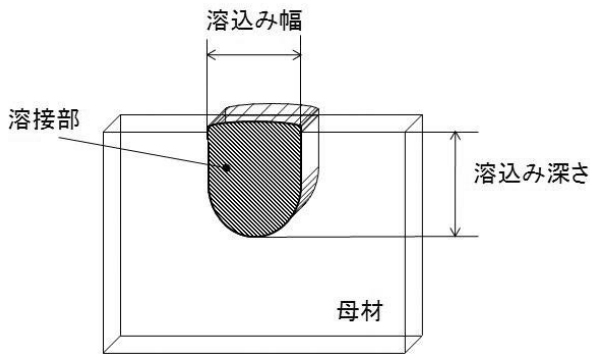


図2 溶接部概略

図3、図4より溶込み深さ・幅がレーザー熱量の増加と共に増大する傾向にあることが分かる。レーザー出力一定の場合、パルス幅の減少と共に溶込み深さは、深くなる傾向を示した。パルス幅が短い場合、照射エネルギーが短時間に集中する為、溶込み深さが深くなったと考えられる。出力20W以上では、溶込み幅の拡大が止まる傾向にあることが分かった。

各レーザー出力においてパルス幅の増大により、溶込み幅が拡大する傾向にあったが、電流値を変化させた場合、電流値の影響は少ない。また、出力の増大に伴い、ポロシティ（空孔）が発生した。出力が増大することに

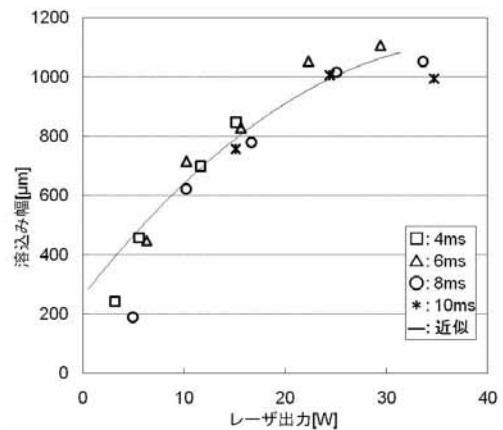


図3 レーザ出力と溶込み幅の関係

より、溶込みは深くなり内部にガスが巻き込まれ、溶融部先端から気泡が発生し、凝固時まで残留したことより、ポロシティが発生したと考えられる。また、シールドガスが内部残留している報告もある^{2),3)}。

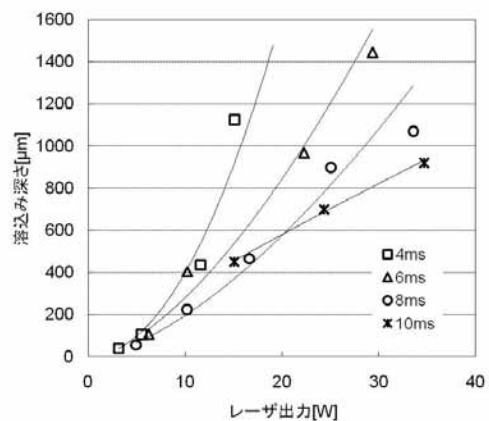


図4 パルス幅毎のレーザー出力と溶込み深さの関係

次に、各レーザー照射条件における周波数の影響について検討した。図5にその時の断面の様子を示す。溶接方向の溶込み深さは周波数の増加に伴い、均一化することが認められた。周波数を増加することにより、パルス間隔が短くなり、レーザーのビームスポットが多く重なり、

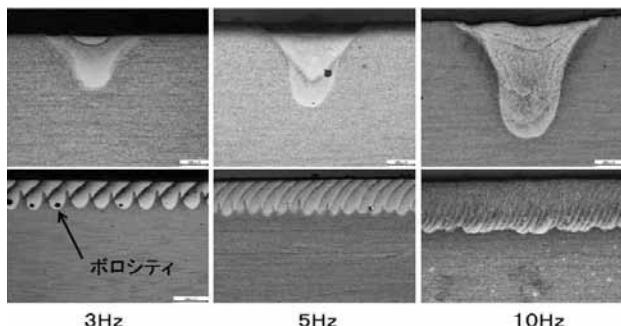


図5 周波数による溶込み形状の変化
(電流値 140A, パルス幅 6ms)

溶けムラが少なくなったためであると考えられる。

また、ガスの巻き込みによるポロシティの発生は周波数を増大させることで、抑制された。周波数の低い場合は、次の1パルスが照射されるまでの間隔が長い為、気泡が開放されることなく急速凝固してしまう。しかし、周波数が高い場合、1パルス毎の間隔が短い為、1パルス毎のレーザー照射部が重なった状態で安定的に凝固する為、ポロシティの発生が抑制されると考えられる。

3-2 溶接部評価

レーザー照射条件の検討で得られた2条件(120A/6ms/5Hz:11.5W・160A/8ms/5Hz:43.3W)にてフィラーワイヤを用いて肉盛溶接を行った。

溶接部の硬さを測定した結果を図6に示す。母材硬さ約200HVに対し、ビード部の硬さは511~642HVであった。また、熱影響部は350HVであり、熱影響部の幅は0.2mm程度とアーク溶接等の他の溶接法と比較して狭い領域であった。

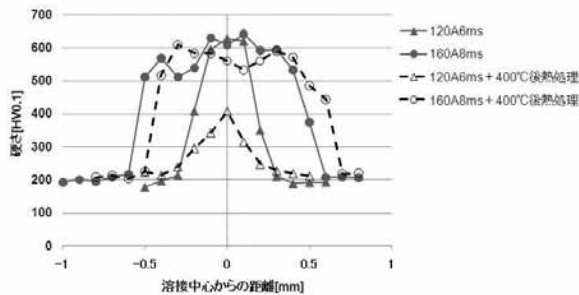


図6 溶接部の硬さ測定結果

一般的に溶接部は、急加熱急冷却の熱サイクルにより、表面に残留応力が発生することが知られている。残留応力の発生傾向の把握は、金型や一般部品において重要である。そこで、溶接部近傍の残留応力をX線応力測定法により測定した。

その結果、一般にレーザー溶接は、残留応力の発生が少ないことが知られているが、実験結果ではビード幅が狭いものでもビード-母材境界部では最大600MPa(ビード垂直方向)の引張残留応力が発生していることが確認された。金型等における表面の引張応力は型の寿命低下を招くため、レーザー溶接でも高品質な補修を行うには熱処理が必要になるものと推察される。

そこで、残留応力を低減させるため、一般的な後熱処理(400°C12分)を行った。その結果、160Aの場合、約120MPa低下したが、ビード中央部の残留応力は120Aではほとんど低下していなかった。また、硬さは160Aの場合ほとんど低下しなかったが、120Aでは約400HV低下した。

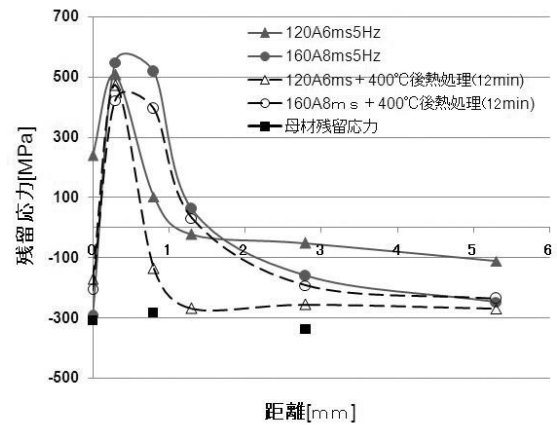


図7 溶接部の残留応力測定結果

4. 結 言

レーザー照射条件と溶込み形状について検討したところ以下の項目が明らかとなった。

- (1) 出力一定の場合、パルス幅が狭い方が溶込み深さは深くなり、深溶込みを必要とする場合は、短パルスの条件を選択が望ましい。
- (2) 周波数を高くした場合、溶け込み深さが均一になる。ポロシティは10Hz以上で発生が低減された。
- (3) 溶接部にはレーザー溶接でも残留応力が発生することから、高品質な補修には熱処理が必要と考えられる。

本研究により、SKD61への溶込み状態が確認できた。

参考文献

- 1) 溶接学会編：溶接・接合技術，p.97 (2007)
- 2) 川口 聖一：ステンレス鋼のレーザー溶接金属の品質，溶接学会誌，Vol.68，No.6，p.32 (1999)
- 3) 塚本 進：レーザー溶接における溶接欠陥発生過程の観察，溶接学会全国大会講演概要，Vol.80，No.4，p.18 (2007)
- 4) 薩田 寿隆：熱間工具鋼SKD61の補修溶接部の特性，熱処理，Vol.48，No.4，P.257-264 (2008)
- 5) 橋本 匡史，寺崎 秀 紀，小溝 裕一：小出力YAGレーザーによる精密金型補修溶接の研究，平成19年度春季溶接学会全国大会講演概要，p.206 (2007)
- 6) 田部 博輔：型材入門，日刊工業社，p.57 (2006)