

レーザー熱処理による、 自動車用金型製造の品質向上

アラヴィンド・ジョナラガダ、マーカス・スタックプール、マシュー・スタックプール

レーザー手法は、OEMメーカーのコスト削減にも効果

全く同じ自動車用金型で比較した場合、欧州中の自動車用金型OEMメーカーが米国のOEMメーカーよりも迅速に、品質が高くコストの低い金型を提供する。その理由は、レーザー熱処理(図1)にある。欧州ではほぼ主流になっているこの処理が、米国ではまだほとんど導入されていない。

欧州におけるレーザー熱処理の導入は、広く成功を収めており、この技術が米国のOEMメーカーによって採用されることは間違いない。米国の自動車用金型OEMメーカーによる熱処理の導入を妨げる要因としては、この技術が米国においてまだ十分に理解されていないこと、レーザー熱処理によるコスト削減、品質、スケジュールの改善

効果に関するデータが米国の意思決定者らにまだ伝達されていないこと、レーザー熱処理を行う信頼できるジョブシヨップが少ないことが挙げられる。しかし、レーザー熱処理は確実に、米国のOEMメーカーの間で急速に普及すると考えられる。

本稿では、レーザー熱処理の基本的な技術について説明し、応用事例で得られた、自動車用トリム/フォーム金型におけるコスト削減効果を紹介する。

レーザー熱処理とは

レーザー熱処理とは、金属部品の表面に熱を与える目的で、0.5×0.5～2×2インチ(約1.3×1.3～5.1×5.1cm)の標準スポットサイズで、レーザービー



図2 レーザー熱処理を施したS7140合金鋼金型の金属断面図。

ムを照射する処理である。金属表面と熱影響部(Heat Affected Zone:HAZ)が、金属の性質が変化する以上の温度になるように、レーザーエネルギーを印加する。レーザー熱源が取り除かれると、金属の熱質量によって加熱領域が急速に冷却されるため、所望の硬度が得られる。レーザービームの作用はきめ細かく調整できるため、硬化過程のすべての側面を正確に制御することが可能である。形状によっては、他の手段では到達が難しい領域に対しても、見通し線を通してレーザー熱処理を適用することができる。レーザー熱処理は、レーザー硬化と呼ばれる場合もある。

レーザー熱処理のメリット

高周波焼入れ、加熱炉、炎焼入れなどの従来の熱処理手法と比べた場合の、レーザー熱処理のメリットは以下のとおり。

一貫した硬度深さ：レーザーエネルギーの性質を利用して、ミリ秒レベルのフィードバック制御など、金属そのも



図1 自動車用フロントガード側スタンピング金型のレーザー熱処理を実際に行っている様子。

表

工程/説明	コストと時間	
	従来の熱処理	レーザー熱処理
ステップ1:プログラミング		
このステップでは、さまざまな機械をプログラムする。	時間:8	時間:8
	日数:0	日数:0
ステップ2:2Dベース加工		
後続の全工程の前処理としてアセンブリのベースを平らに切削する。	時間:12	時間:12
	日数:1	日数:1
ステップ3:荒仕上げ/セミ仕上げの3D加工		
アセンブリの3D部分を加工する。レーザー熱処理の場合は歪みが生じないので、仕上げ加工がこの工程に含まれる。	時間:80	時間:110
	日数:4	日数:6
熱処理下請業者へ移送		
(読んで字のとおり)	時間:1	時間:1
	日数:1	日数:1
ステップ4:熱処理		
(読んで字のとおり)	時間:6	時間:8
	日数:2	日数:2
熱処理下請業者から返送		
レーザー熱処理の場合は直接組立設備へ、従来の熱処理の場合は加工設備へと移送される。	時間:1	時間:1
	日数:1	日数:1
ステップ5:2Dベース再加工		
レーザー熱処理の場合は不要。	時間:12	時間:---
	日数:1	日数:---
ステップ6:3D仕上げ再加工		
レーザー熱処理の場合は不要。	時間:80	時間:---
	日数:4	日数:---
OEMの組立設備へ移送		
従来の熱処理を適用したパーツにのみ適用される。	時間:1	時間:---
	日数:1	日数:---
ステップ7:最終組み立て		
(読んで字のとおり)	時間:20	時間:20
	日数:2	日数:2
合計		
ユニットコスト(unit cost:UC)は、1時間あたり50ドルで計算 年間コスト(yearly cost:YC)は、金型40個で計算	時間:221	時間:160
	日数:16	日数:13
	UC:\$11,050	UC:\$8,000
	YC:\$442,000	YC:\$320,000

のへのエネルギー供給を正確に制御することにより、レーザー熱処理は指定されたとおりにHAZが生成可能で、一貫した硬度深さを非常に小さな許容誤差で達成することができる。

ほとんどの自動車用金型で焼入鋼の転削加工が不要：上述の正確な制御に加えて、レーザーエネルギーそのものの本質的な性質に基づき、レーザー熱処理は任意のHAZサイズに対して、金型に対する総エネルギーが自動的に最小

限になる。プロセスに内在するこの機能により、ほとんどの自動車用金型で歪みは生じない。熱処理後にさらに材料を転削する必要がある従来の熱処理手法とは異なり、レーザー熱処理は、金型が最終形状に切断された後に適用される。これにより、材料が硬い状態での追加の加工処理が不要になり、コストが削減される。

高い硬度：レーザー熱処理では、熱処理領域が自然に急速冷却するため、炎

焼入れや高周波焼入れよりも少し高い、標準硬度が得られる。

ビームエネルギーを対象スポットに正確に印加可能：炎やコイルを対象領域に近付ける必要がないので、意図した領域のみを加熱し、隣接領域の加熱を最小限またはゼロに抑えることができる。

レーザーで熱処理可能な材料

炭素含有率が0.2%以上の任意の鋼



図3 OEM供給メーカーが使用する自動車用トリム金型の例。この金型のサイズは177×95×54インチ(4.5×2.4×1.4m)で、重量は9万3000ポンド(4万2200kg)。

9000kg)の中サイズのトリム金型について、各工程にかかった実質作業時間と営業日数を測定した。図4は、この結果を図にまとめたもので、表は、その内訳を詳しく示したものである。

図4には、金型製造を構成するさまざまな工程も示されている。高周波焼入れや炎焼入れなどの従来の熱処理手法を適用して製造される金型は、熱処理による歪みを考慮して、最大で0.020インチの材料が残った状態で、荒く仕上げられる。金型は熱処理後に、最終寸法に転削される。硬い材料の切断にはかなりの時間がかかる他、はるかに高額な工具が必要である。この事例では簡単のために、焼入鋼の転削加工に必要な追加工具の費用は考慮していない。

一方、レーザー熱処理の場合は、熱処理後の加工とそれに伴う工程が省かれるので、製造にかかるコストが削減され、全体的な時間が短縮される。

結果のまとめ

レーザー熱処理の導入により、この製品ラインの年間コストは27.6%減少して、44万2000ドルから32万ドルになった。製造日数は17日から13日になり、実質的に23.5%短縮した。また、工具費用の減少によって、さらなるコスト削減が得られることが予測された。ここでは計算されていないが、合計エネルギー使用量は減少しており、将来的に炭素クレジットの取引を開始すれば、さらにその分のコスト削減が得られる可能性がある。

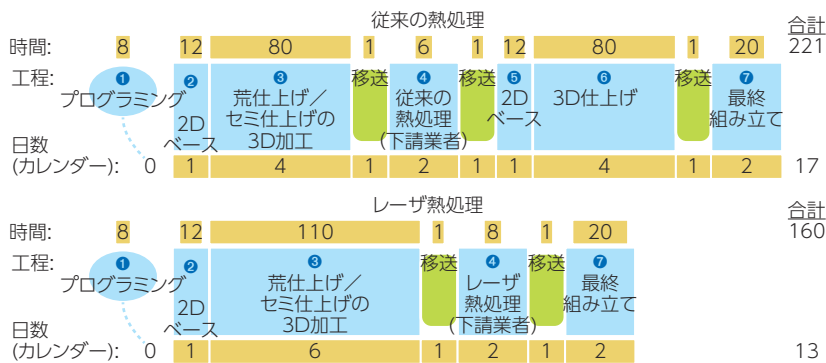


図4 金型製造を構成するさまざまな工程を示した図。

鉄が熱処理可能である(図2)。一般的に、レーザーで熱処理した金型の硬度は、従来手法で得られる硬度と同等か、それ以上になる。

自動車に使われる、レーザー熱処理可能な一般的な材料のいくつかを以下に示す。

- ・D6510ダクタイル鋳鉄
- ・S7140合金鋼
- ・G2500ねずみ鋳鉄
- ・G25HPねずみ鋳鉄
- ・G3500ねずみ鋳鉄
- ・D4512ダクタイル鋳鉄
- ・S0030非合金鋼
- ・S0050A合金鋼
- ・A2工具鋼
- ・D2工具鋼
- ・S7工具鋼
- ・M2工具鋼
- ・4140合金鋼
- ・4340合金鋼

コスト削減効果

自動車用金型の製造と保守において、レーザー熱処理によるコスト削減効果は、硬化後の寸法復元処理が不要になることに主に起因する。レーザー熱処理の可能性を示すために、地元のある金型供給OEMメーカーの事例を紹介する。

この事例は、自動車用トリム/フォーム金型の新しい部品製造に関するものである。中規模OEMメーカーは通常、このような金型を年間40~100個製造する。金型の重量は8000~9万5000ポンド(3600~4万3100kg)である(図3)。ここでは、約4万2000ポンド(1万

著者紹介

アラヴィンド・ジョナラガダ(ARAVIND JONNALAGADDA)は、米シナジー・アディティブ・マニュファクチャリング社(Synergy Additive Manufacturing LLC)の技術ディレクター、マーカス・スタックプール(MARCUS STACKPOOLE)は同社最高経営責任者(CEO)、マシュー・スタックプール(MATTHEW STACKPOOLE)は同社R&Dマネージャー。
e-mail: aravind@synergyadditive.com URL: https://synergyadditive.com