

亜鉛めっき鋼板の重ねレーザー溶接性 Wealdability of Galvannealed Steel Sheets in Laser Welding

1. 概要

レーザー溶接時の熱伝導解析、溶接部の断面観察より、合金化溶融亜鉛めっき鋼板レーザー重ね溶接時の亜鉛の挙動を考察した。また、鋼板間に隙間を設けた場合の溶接状況の変化を、スパッタ量に対応した溶接前後の試験片重量変化とともに、引張せん断試験での最大荷重として表現した。通常のレーザー溶接では40 μ m、溶接入熱を上げた場合には100 μ mの鋼板間隙間で健全な溶接ビードが形成可能であった。

2. レーザ溶接時の亜鉛の挙動

合金化溶融亜鉛めっきの場合、幾つかの鉄/亜鉛の合金相が形成されており、めっき層は一様な構造を持っていない。このため、めっき層の融点を一義的に定義することはできない。ここでは、純亜鉛の融点および沸点を取り上げ、溶接時の温度分布の下で、めっきがどんな状態になるのかを考えてみる。

レーザー溶接部の温度分布は、移動線熱源の準定常解により、簡便に推定される。図1は、溶接部周囲の推定温度分布を示している。溶接ビード端(ボンド部)の最高到達温度は鉄の融点である。亜鉛が沸点に達する部位は溶接ビードを取り巻くように広がっている。溶接ビード端からこの範囲の亜鉛は、溶接中に沸点に達し、急速に蒸発を始める。沸点にある液体亜鉛が、相変態により気体になるとすると、体積は約2400倍になる。亜鉛の占める空間に変化がなければ、亜鉛蒸気の圧力は2400気圧となる。この高圧の亜鉛蒸気は、未凝固の溶融池を経由して溶接部外に離脱しようとする。その際、溶融池を吹き飛ばしてスパッタを発生

させ、溶接ビードに穴を開けてしまう。

図2は、板厚0.8mmで、目付量45g/m²の合金化溶融亜鉛めっき鋼板を重ねレーザー溶接した溶接ビードの断面写真である。図2(a)および(b)は、それぞれ、レーザー出力1.5kW、溶接速度2.5m/minにて鋼板間を密着して溶接した場合のマクロ断面写真およびミクロ断面写真であり、図2(c)は、鋼板間に0.1mmの隙間を設けて溶接した場合のミクロ断面写真である。移動線熱源の準定常解より推定される最高到達温度を合わせて示している。

図2(a)に示すように、鋼板間に隙間を設けずに溶接した場合、溶鋼のほとんどが飛散しうることが判る。但し、図2(b)に示すように、沸点に達したと推定される部位にもかなりの亜鉛が残存しており、全てが亜鉛蒸気として溶接部外に離脱するわけではない。これは、レーザー溶接での急加熱、急冷却では全ての亜鉛が溶融、蒸発する時間的余裕がないためと推定される。

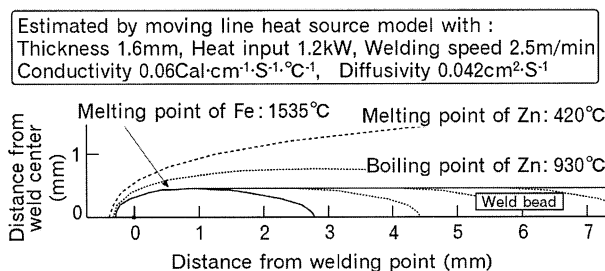


図1 レーザ溶接時の推定温度分布
Estimated temperature distribution in laser welding

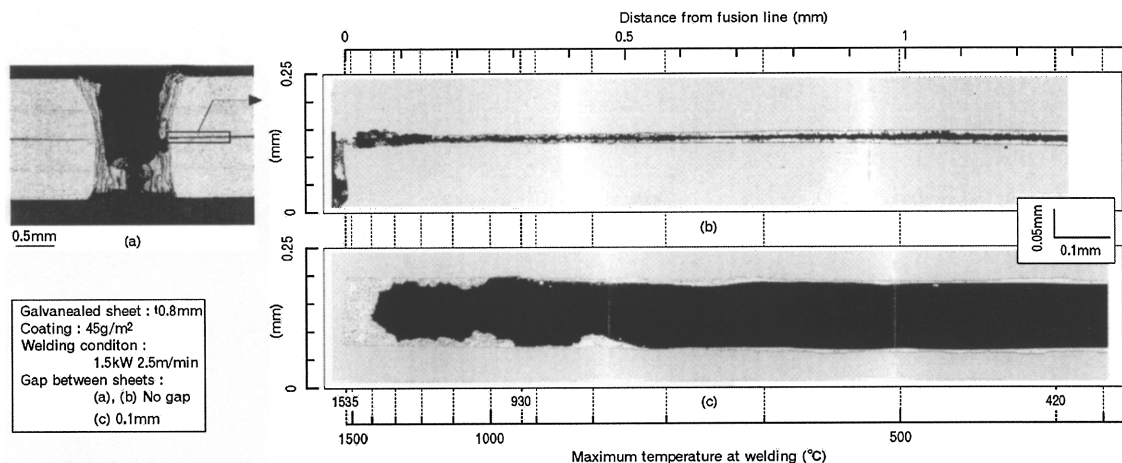


図2 溶接部近傍の亜鉛の挙動
Behavior of Zn near weld

鋼板間に隙間を設けた場合、周囲に空間が広がっているため、発生した亜鉛蒸気の圧力は溶融池経由で噴出する程高くなり、健全な溶接ビードが形成されることが考えられる。この時図2(c)に示すように、蒸発した亜鉛は、溶接ビード付近より離脱してしまうわけではなく、溶接ビード付近で再凝固する。

3. 鋼板間隙間と継ぎ手の強度

板厚0.8mmで、目付量45g/m²の合金化溶融亜鉛めっき鋼板(TS270MPa級)を用い、レーザー重ね継ぎ手を作成し、引張せん断試験を行った。試験片幅は60mm、重ね代は30mmであり、重ね部中央に50mm長のレーザー溶接部を設けた。レーザービームのスポット径は0.6mm、加工点出力は2.5kWで、溶接速度は2.5m/minである。その際、種々の鋼板間隙間を設けて、溶接ビードを形成した。また、溶接前後の試験片重量を測定し、それらの差より溶接時のスパッタによる重量ロスを求めた。図3は、引張せん断試験で継ぎ手が負担できた最大荷重とともに、重量ロスを示している。本図より、鋼板間隙間が20μmより広くなると、急激にスパッタ発生量(重量ロス)が減少し、継ぎ手強度が高くなることが判る。

4. 良好な溶接部を得るために必要な鋼板間隙間

レーザー溶接時に必要な鋼板間隙間は、溶接条件に依存する。図4は、レーザー溶接時のビーム径を変えて溶接ビード幅を変更したときの、鋼板間隙間と重量ロスの関係および溶接部の代表的な外観を示している。重量ロスは、3回の溶接での平均値である。また、溶接速度は2.5m/min一定とし、ビーム径を大きくすることによる溶接能力の低下は、レーザー出力を大きくすることで補償してある。従って、ビーム径を大きくすることは、溶接入熱が増加することを意味する。図4に示すように、溶接時の入熱が増えると密着時のスパッタは減少するものの、完全に良好な溶接が可能となる隙間は広がることが判る。このため施工時には入熱量を考慮した隙間の確保が必要となる。

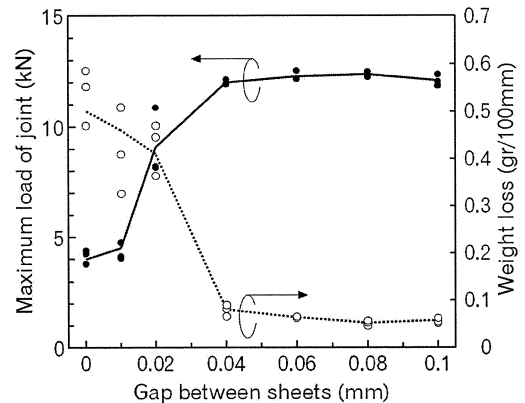
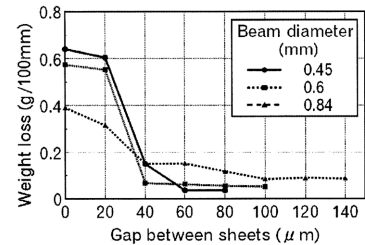
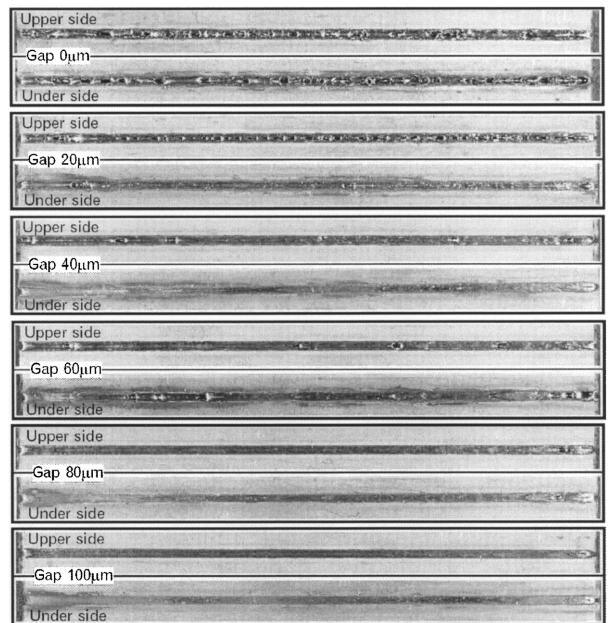


図3 鋼板間の隙間と溶接部の品質
Effect of gap between sheets on quality of weld



(a) Dependence of weight loss on beam diameter



(b) Change of weld bead appearance corresponding to gap

図4 ビーム径と鋼板間隙間の溶接現象に与える影響
Effect of beam diameter and gap between sheets on welding phenomenon