359

## アルミニウム合金レーザ溶接部の疲労特性と それに及ぼす溶接欠陥の影響

大阪大学接合科学研究所 片山 聖二 大阪大学大学院 山口 康啓 大阪大学接合科学研究所 〇水谷 正海、松縄 朗

## Fatigue Properties of Laser-Welded Aluminum Alloy by Seiji Katayama, Yasuhiro Yamaguchi, Masami Mizutani and Akira Matsunawa

1. はじめに アルミニウム合金のレーザ溶接では、溶接欠陥の発生機構の解明と防止法の開発ならびに 溶接部の機械的特性の評価が重要な課題となっている。しかし、レーザ溶接部の疲労特性とそれに及ぼす溶 接欠陥の影響について系統的に検討した報告例は少ない。そこで、本研究では、アルミニウム合金 A5182 に 対してCO<sub>2</sub>レーザ溶接を行い、その溶接部の疲労試験をビデオで撮影・記録しながら行い、溶接部の疲労 強度と寿命ならびに疲労亀裂の発生・伝播挙動を評価した。特に、疲労試験を行う前にX線CT法を用いて 溶接部各断面におけるポロシティの面積率を算出し、疲労特性に及ぼすポロシティの影響について検討した。 2. 使用材料および実験方法 使用材料は、板厚7 mm<sup>t</sup>の A5182P-0 材(約4.6mass<sup>9</sup>Mg)である。焦点位 置にある試料に対し、Ar シールドガス(流量:5x10<sup>-1</sup> m<sup>3</sup>/s)中においてピークパワー5 kW で、溶接速度やレ ーザ波形を変化させることにより、ポロシティの分布状況が異なる種々のビードオンプレート溶接部を得た。 溶接ビードの表面および裏面を研削して、平行部 12mm<sup>\*</sup>x4mm<sup>1</sup>x30mm<sup>1</sup>の試験片を作製し、サーボパルサー疲労 試験機を用い、応力比(σ min/σ max):0.05、周波数:15Hz で疲労試験を行った。

特に、疲労試験結果に及ぼすポロシティの影響を明確にするために、疲労試験前に、試験片溶接部のX線 CT像を観察して各断面におけるポロシティの面積率を算出した。また、疲労試験中の亀裂の発生・伝播挙 動を観察するため、試験片をビデオカメラにより撮影・記録した。なお、比較のために、母材ならびにポロ シティをほとんど含まない電子ビーム溶接部の疲労試験も行った。

<u>3.疲労亀裂の発生・伝播挙動</u> 疲労亀裂の発生・伝播挙動について明らかにするために、疲労試験中の 試験片をビデオで撮影・記録した。その一例と破断面の観察結果をまとめて Fig. 1 に示す。小さい亀裂が 約 4.85x10<sup>C</sup>ycles で見られるようになり、サイクル数の増加に従ってその亀裂の伝播・成長する様子が観 察された。亀裂の発生から破断に至るまでのサイクル数は、約 4x10<sup>3</sup> であり、亀裂伝播のサイクル数は発生 までのサイクル数に比して非常に短いことが判明した。

疲労試験後の破断面を観察した結果、亀裂は表面近傍に存在する大きいポロシティから発生し、そこから 放射状に成長した状況が観察された。通常、亀裂は応力・ひずみが最も集中する箇所<sup>10</sup>から発生し、そこか ら伝播・成長していくことが推察された。

4. レーザ溶接部の疲労試験結果とそれに及ぼすポロシティの影響 疲労試験結果に及ぼすポロシティの影響について検討するために、疲労試験前に、試験片溶接部のX線CT像を観察してポロシティ面積率を 求めた。その結果の一例として、最大負荷応力 160MPa における疲労破断サイクル数、X線透過像およびC T像とポロシティ面積率を合わせて Fig. 2 に示す。破断サイクル数は、ポロシティ面積率が減少するにつ れて長くなることが認められる。特に、破断サイクル数が長いものではポロシティのサイズが約 0.5mm 以下 と小さく、分散していることがわかり、ポロシティが疲労特性に大きく影響することが確認された。

母材、電子ビーム溶接部およびレーザ溶接部の疲労試験結果をポロシティ面積率との関係でまとめてFig. 3 に示す。母材は、疲労限が約 135MPa であり、典型的なS-N曲線を示している。一方、電子ビームおよ びレーザ溶接部は、ポロシティ面積率が1%以下であれば、母材と同程度の疲労特性を示すが、ポロシティ 面積率がさらに増加するにつれて破断時間が短くなり、疲労限も低下していることがわかる。

以上、A5182 合金レーザ溶接部の疲労特性とそれに及ぼす溶接欠陥の影響について検討した結果、疲労特性の優れたレーザ溶接継手部を作製するためには、ポロシティのサイズを約 0.5mm 以下に小さくし、ポロシ 溶接学会全国大会講演概要 第61集('97-9)

382

ティを分散させることが必要であり、母材と同等の疲労特性を有する溶接継手部を作製するには、ポロシティ最大面積率を1%以下にすることが必須であることが判明した。

参考文献 1) 片山、水谷、山口、松縄:溶接学会全国大会講演概要集、Vol. 57(1995), pp. 454~455



Fig. 1 Observation results of cracking initiation and propagation with fatigue cycles and SEM photos showing fracture surface after fatigue test.









Fig. 3 Fatigue test results of A5182 alloy, laser welds and EB welds, showing effect of porosity percentage on fatigue cycles to fracture and fatigue limit.