

## 1. บทคัดย่อ

โลหะเชื่อมยูเทคติกดีบุก-ตะกั่วได้ถูกนำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย ในการเชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของอุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องจักรกล ภายใต้สภาพอุณหภูมิสูงและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง การสะสมของความเสียหายตามจำนวนรอบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิซึ่งเรียกว่า "การล้า" จะเป็นสาเหตุหลักของความเสียหาย โดยอายุการล้าจะขึ้นอยู่กับอัตราการขยายตัวของรอยร้าว เมื่อทำการศึกษากาการขยายตัวของรอยร้าวล้าบนรอยเชื่อมต่อระหว่างโลหะเชื่อมยูเทคติกดีบุก-ตะกั่ว (63Sn-37Pb) และทองแดง โดยใช้ขั้นตอนทดสอบแบบ Compact Tension Shear (CTS) ภายใต้สภาพที่ผิวของรอยร้าวเปิดออกจากกัน (opening mode or mode I) และใช้ Finite element method คำนวณพิสัยของค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้น (stress intensity factor range,  $\Delta K$ ) และพิสัยเจอินทิกรัล ( $J$ -integral) ของรอยร้าว ผลที่ได้จะแสดงให้เห็นว่าค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้นและพิสัยเจอินทิกรัลสามารถใช้อธิบายอัตราการขยายตัวของรอยร้าวล้าบนรอยเชื่อมระหว่างโลหะเชื่อมยูเทคติกดีบุก-ตะกั่วกับทองแดงได้ โดยรอยร้าวบริเวณรอยเชื่อมมีการขยายตัวแบบ transgranular ผ่านดีบุก และตะกั่ว ขนาดของ plastic zone ที่ปลายรอยร้าว และ von Mises stress บนรอยเชื่อมเพิ่มขึ้นตามความยาวของรอยร้าว และส่งผลให้เกิดการแตกแยกของรอยเชื่อมในบริเวณปลายรอยร้าว โดยความยาวของรอยร้าว ( $a/W$ ) และ von Mises stress ที่ส่งผลให้เกิดการแตกแยกเป็น 0.46 และ 20.2 MPa ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** การขยายตัวของรอยร้าวล้า โลหะเชื่อมยูเทคติกดีบุก-ตะกั่ว รอยเชื่อม รอยเชื่อมต่อระหว่างโลหะเชื่อม/ทองแดง ความแข็งแรงของรอยเชื่อม

## Abstract

Fatigue crack growth (FCG) behavior along 63Sn-37Pb solder/copper interface was investigated using a solder-jointed plate specimen with a single-edge crack under opening tensile loading (mode I). Finite element analysis was conducted for evaluating stress intensity factor ( $K$ ) and  $J$ -integral ( $J$ ) of the crack tip. Under frequency of 10 Hz and stress ratio of 0.1, the fatigue crack propagation rate could be characterized successfully by either stress intensity factor range ( $\Delta K$ ) or  $J$ -integral range ( $\Delta J$ ). A fatigue crack propagated in transgranular manner through Pb-rich phases and Sn-rich phases near the solder-copper interface. With increasing crack length, the size of plastic zone at the crack tip and the von Mises stress along the solder-copper interface increased, which resulted in the interfacial debonding near the crack tip. The critical crack length ( $a/W$ ) and adhesive strength for interfacial debonding were 0.46 and 20.2 MPa, respectively.

**Keywords:** Fatigue crack growth, Sn-Pb eutectic solder, Solder joint, Solder/copper interface, Adhesive strength