

ผนวก ก

- รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความสมบูรณ์ด้านเนื้อหาและความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ
- รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพด้านมัลติมีเดียของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบประเมินความพึงพอใจต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความสมบูรณ์ด้านเนื้อหาและความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ

1. ดร. ปรัชญนันท์ นิลสุข
วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม จังหวัดสมุทรสงคราม
2. ดร. ไพยนต์ มังกะโรทัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี
3. รองศาสตราจารย์ ประทีน คล้ายนาค
มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม
4. คุณไพศาล ดั่งเอียด
หัวหน้าแผนก SMT บริษัทแคลคอมพ์ อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด (มหาชน) สาขาเพชรบุรี

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพด้านมัลติมีเดียของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

1. ดร.ปรัชญนันท์ นิลสุข
วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม จังหวัดสมุทรสงคราม
2. รองศาสตราจารย์ ประทีน คล้ายนาค
มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนกฤต ทองคล้า
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
4. คุณไพศาล ด่วงเอียด
หัวหน้าแผนก SMT บริษัทแคลคอมพ์ อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด (มหาชน) สาขาเพชรบุรี

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบประเมินความพึงพอใจต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

1. ดร. ปรชญนันท์ นิลสุข
วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม จังหวัดสมุทรสงคราม
2. ดร. ไพยนต์ มังกะโรทัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี
3. รองศาสตราจารย์ ประทีน คล้ายนาค
มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม
4. คุณไพศาล ดั่งเอียด
หัวหน้าแผนก SMT บริษัทแคลคอมพ์ อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด (มหาชน) สาขาเพชรบุรี

ผนวก ข

- แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
- แบบฝึกหัดระหว่างเรียน

แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้อง โดยวงกลมรอบตัวเลือกที่ถูกต้อง

1. Reflow Profile คือ อะไร?

- ก. กราฟแสดงอุณหภูมิของเตาอบ Reflow
- ข. กราฟแสดงอุณหภูมิของแผ่น PCB ที่ผ่านเข้าไปในเตาอบ Reflow
- ค. กราฟแสดงอุณหภูมิของตะกั่วในเตาอบ Reflow
- ง. กราฟแสดงอุณหภูมิของลมร้อนในเตาอบ Reflow

2. Reflow Profile แบ่งออกเป็นกี่ Zone?

- ก. 1 zone
- ข. 2 zones
- ค. 3 zones
- ง. 4 zones

3. Ramp Up Rate คือ อะไร?

- ก. ความชันของกราฟ Reflow profile ช่วยเริ่มต้น
- ข. ความชันของกราฟ Reflow profile ช่วง Cool Down
- ค. ระยะเวลาที่ตะกั่วหลอมเหลว
- ง. ช่วงเวลาที่แผ่น PCB อยู่ในเตาอบ Reflow

4. ช่วง Zone ไດ ที่ Flux ในตะกั่วเหลวเริ่มทำงาน?

- ก. Reflow Zone
- ข. Preheat Zone
- ค. Soak Zone
- ง. Ramp Up

5. ช่วง Soak Zone ทำหน้าที่อะไร?

- ก. ขจัดคราบ Oxide ที่ Pad PCB และที่ตัวอุปกรณ์
- ข. หลอมตะกั่วเพื่อสร้างจุดบัดกรียึดอุปกรณ์ให้ติดกับแผ่น PCB
- ค. Warm up อุณหภูมิแผ่น PCB และ ตัวอุปกรณ์
- ง. ตะกั่วเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง

6. ช่วง Preheat Zone ทำหน้าที่อะไร?

- ก. ขจัดคราบ Oxide ที่ Pad PCB และที่ตัวอุปกรณ์
- ข. หลอมตะกั่วเพื่อสร้างจุดบัดกรียึดอุปกรณ์ให้ติดกับแผ่น PCB
- ค. Warm up อุณหภูมิแผ่น PCB และ ตัวอุปกรณ์
- ง. ตะกั่วเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง

7. ช่วง Reflow Zone ทำหน้าที่อะไร?
- ขจัดคราบ Oxide ที่ Pad PCB และที่ตัวอุปกรณ์
 - หลอมตะกั่วเพื่อสร้างจุดบัดกรียึดอุปกรณ์ให้ติดกับแผ่น PCB
 - Warm up อุณหภูมิแผ่น PCB และ ตัวอุปกรณ์
 - ตะกั่วเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง
8. ช่วง Cool Down ทำหน้าที่อะไร?
- ขจัดคราบ Oxide ที่ Pad PCB และที่ตัวอุปกรณ์
 - หลอมตะกั่วเพื่อสร้างจุดบัดกรียึดอุปกรณ์ให้ติดกับแผ่น PCB
 - Warm up อุณหภูมิแผ่น PCB และ ตัวอุปกรณ์
 - ตะกั่วเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง
9. Spec ช่วง Preheat Zone ที่ใช้ในโรงงานแคลคอมพ์อิเล็กทรอนิกส์ (เพชรบุรี) คือ ช่วงอุณหภูมิใด?
- 135 – 165 องศาเซลเซียส
 - ช่วงที่อุณหภูมิสูงกว่า 183 องศาเซลเซียส
 - 110 – 183 องศาเซลเซียส
 - 155 – 183 องศาเซลเซียส
10. Spec ช่วง Soak Zone ที่ใช้ในโรงงานแคลคอมพ์อิเล็กทรอนิกส์ (เพชรบุรี) คือ ช่วงอุณหภูมิใด?
- 135 – 165 องศาเซลเซียส
 - ช่วงที่อุณหภูมิสูงกว่า 183 องศาเซลเซียส
 - 110 – 183 องศาเซลเซียส
 - 155 – 183 องศาเซลเซียส
11. Spec ช่วง Reflow Zone ที่ใช้ในโรงงานแคลคอมพ์อิเล็กทรอนิกส์ (เพชรบุรี) คือ ช่วงอุณหภูมิใด?
- 110 – 150 องศาเซลเซียส
 - ช่วงที่อุณหภูมิสูงกว่า 183 องศาเซลเซียส
 - 135 – 183 องศาเซลเซียส
 - ช่วงที่อุณหภูมิสูงกว่า 220 องศาเซลเซียส
12. Spec ช่วง Preheat Zone สำหรับ Model ที่มี BGA ที่ใช้ในโรงงานแคลคอมพ์อิเล็กทรอนิกส์ (เพชรบุรี) ต้องมีระยะเวลาเท่าใด?
- 190 – 240 วินาที
 - 225 – 240 วินาที
 - 60 – 120 วินาที
 - 150 – 190 วินาที

13. Spec ช่วง Preheat Zone สำหรับ Model ที่ไม่มี BGA ที่ใช้ในโรงงานแคลคอมพ์ อิเล็กทรอนิกส์ (เพชรบุรี) ต้องมีระยะเวลาเท่าใด?
- 190 – 240 วินาที
 - 225 – 240 วินาที
 - 60 – 120 วินาที
 - 150 – 190 วินาที
14. Spec ช่วง Soak Zone สำหรับ Model ที่ไม่มี BGA ที่ใช้ในโรงงานแคลคอมพ์อิเล็กทรอนิกส์ (เพชรบุรี) ต้องมีระยะเวลาเท่าใด?
- 135 – 165 วินาที
 - 0 – 90 วินาที
 - 60 – 120 วินาที
 - 150 – 190 วินาที
15. Spec ช่วง Reflow Zone ที่ใช้ในโรงงานแคลคอมพ์อิเล็กทรอนิกส์ (เพชรบุรี) ต้องมีระยะเวลาเท่าใด?
- 135 – 165 วินาที
 - 0 – 90 วินาที
 - 60 – 120 วินาที
 - 150 – 190 วินาที
16. Spec ช่วง Ramp Up Rate ที่ใช้ในโรงงานแคลคอมพ์อิเล็กทรอนิกส์ (เพชรบุรี) ต้องมีความชันเท่าใด?
- 2 – 3 องศาเซลเซียสต่อวินาที
 - 1 – 2.5 องศาเซลเซียสต่อวินาที
 - 3 – 4 องศาเซลเซียสต่อวินาที
 - 1 – 2 องศาเซลเซียสต่อวินาที
17. Spec ช่วง Cool Down ที่ใช้ในโรงงานแคลคอมพ์อิเล็กทรอนิกส์ (เพชรบุรี) ต้องมีความชันเท่าใด?
- 2 – 3 องศาเซลเซียสต่อวินาที
 - 1 – 2.5 องศาเซลเซียสต่อวินาที
 - 3 – 4 องศาเซลเซียสต่อวินาที
 - 1 – 2 องศาเซลเซียสต่อวินาที

18. Spec ของ Maximum Temperature ที่ใช้ในโรงงานแคลคอมฟิอิเล็กทรอนิกส์ (เพชรบุรี) ต้องมีอุณหภูมิเท่าใด?
- ก. 210 – 230 องศาเซลเซียส
 - ข. 220 – 230 องศาเซลเซียส
 - ค. 218 – 240 องศาเซลเซียส
 - ง. 220 – 235 องศาเซลเซียส
19. ตะกั่วเหลวที่ใช้ในโรงงานแคลคอมฟิอิเล็กทรอนิกส์ (เพชรบุรี) จะหลอมเหลวที่อุณหภูมิเท่าใด?
- ก. 135 องศาเซลเซียส
 - ข. 165 องศาเซลเซียส
 - ค. 183 องศาเซลเซียส
 - ง. 175 องศาเซลเซียส
20. การปรับ Reflow Profile เพื่อแก้ปัญหา Cold Solder ควรปรับอย่างไร?
- ก. เพิ่มระยะเวลาช่วง Preheat ให้มากขึ้น
 - ข. ลดความชันของ Ramp Up Rate ลง
 - ค. เพิ่มระยะเวลาช่วง Soak ให้มากขึ้น
 - ง. เพิ่มอุณหภูมิ Maximum Temperature ให้สูงขึ้น
21. การปรับ Reflow Profile เพื่อแก้ปัญหา Void ควรปรับอย่างไร?
- ก. เพิ่มระยะเวลาช่วง Preheat ให้มากขึ้น
 - ข. ลดความชันของ Ramp Up Rate ลง
 - ค. เพิ่มระยะเวลาช่วง Soak ให้มากขึ้น
 - ง. เพิ่มอุณหภูมิ Maximum Temperature ให้สูงขึ้น
22. การปรับ Reflow Profile เพื่อแก้ปัญหา Poor Solder ควรปรับอย่างไร?
- ก. ลดระยะเวลาช่วง Preheat และ Soak ลง
 - ข. ลดความชันของ Ramp Up Rate ลง
 - ค. เพิ่มระยะเวลาช่วง Soak ให้มากขึ้น
 - ง. เพิ่มอุณหภูมิ Maximum Temperature ให้สูงขึ้น
23. การปรับ Reflow Profile เพื่อแก้ปัญหา Solder Ball ควรปรับอย่างไร?
- ก. ลดระยะเวลาช่วง Preheat และ Soak ลง
 - ข. ลดความชันของ Ramp Up Rate ลง
 - ค. เพิ่มระยะเวลาช่วง Soak ให้มากขึ้น
 - ง. เพิ่มอุณหภูมิ Maximum Temperature ให้สูงขึ้น

24. การปรับ Reflow Profile เพื่อแก้ปัญหา Solder Ball ควรปรับอย่างไร?

- ก. ลดระยะเวลาช่วง Preheat ลง
- ข. ลดความชันของ Ramp Up Rate ลง
- ค. ลดความชันช่วงก่อน
- ง. เพิ่มอุณหภูมิ Maximum Temperature ให้สูงขึ้น

25. การปรับ Reflow Profile เพื่อแก้ปัญหา Tomb Stone ควรปรับอย่างไร?

- ก. ลดระยะเวลาช่วง Preheat ลง
- ข. ลดความชันของ Ramp Up Rate ลง
- ค. ลดความชันช่วงก่อน
- ง. ลดความชันของ Ramp Up Rate และ Cool Down ลง

26. การปรับ Reflow Profile เพื่อแก้ปัญหา Solder Bridging ควรปรับอย่างไร?

- ก. ลดระยะเวลาช่วง Preheat ลง
- ข. ลดความชันของ Ramp Up Rate ลง
- ค. ลดความชันช่วงก่อน
- ง. ลดความชันของ Ramp Up Rate และ Cool Down ลง

27. การปรับ Reflow Profile เพื่อแก้ปัญหา Part Crack ควรปรับอย่างไร?

- ก. ลดระยะเวลาช่วง Preheat ลง
- ข. ลดความชันของ Ramp Up Rate ลง
- ค. ลดความชันช่วงก่อน
- ง. ลดความชันของ Ramp Up Rate และ Cool Down

28. ปัญหา Void ที่เกิดจาก Reflow Profile เกิดขึ้นจากสาเหตุใด?

- ก. Flux ในตะกั่วเหลวระเหยออกมาในอัตราที่เร็วเกินไป
- ข. อุณหภูมิ Maximum Temperature ต่ำเกินไป
- ค. เกิด Oxide ที่ Pad PCB
- ง. ช่วง Cool Down เร็วเกินไป

29. ปัญหา Cold Solder ที่เกิดจาก Reflow Profile เกิดขึ้นจากสาเหตุใด?

- ก. Flux ในตะกั่วเหลวระเหยออกมาในอัตราที่เร็วเกินไป
- ข. อุณหภูมิ Maximum Temperature ต่ำเกินไป
- ค. เกิด Oxide ที่ Pad PCB
- ง. ช่วง Cool Down เร็วเกินไป

30. ปัญหา Solder Ball ที่เกิดจาก Reflow Profile เกิดขึ้นจากสาเหตุใด?
- Flux ในตะกั่วเหลวระเหยออกมาในอัตราที่เร็วเกินไป
 - อุณหภูมิ Maximum Temperature ต่ำเกินไป
 - เกิด Oxide ที่ Pad PCB
 - ช่วง Cool Down เร็วเกินไป
31. ปัญหา Poor Solder ที่เกิดจาก Reflow Profile เกิดขึ้นจากสาเหตุใด?
- Flux ในตะกั่วเหลวระเหยออกมาในอัตราที่เร็วเกินไป
 - ตะกั่วขึ้นรูปที่ขั้วทั้งสองข้างของตัวอุปกรณ์ไม่พร้อมกัน
 - เกิด Oxide ที่ Pad PCB
 - ช่วง Cool Down เร็วเกินไป
32. ปัญหา Part Crack ที่เกิดจาก Reflow Profile เกิดขึ้นจากสาเหตุใด?
- Flux ในตะกั่วเหลวระเหยออกมาในอัตราที่เร็วเกินไป
 - อุณหภูมิ Maximum Temperature ต่ำเกินไป
 - ตะกั่วขึ้นรูปที่ขั้วทั้งสองข้างของตัวอุปกรณ์ไม่พร้อมกัน
 - การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเร็วเกินไป
33. ปัญหา Misalignment ที่เกิดจาก Reflow Profile เกิดขึ้นจากสาเหตุใด?
- Flux ในตะกั่วเหลวระเหยออกมาในอัตราที่เร็วเกินไป
 - ความชัน Ramp Up Rate สูงเกินไป
 - ตะกั่วขึ้นรูปที่ขั้วทั้งสองข้างของตัวอุปกรณ์ไม่พร้อมกัน
 - ช่วง Cool Down เร็วเกินไป
34. ปัญหา Tomb Stone ที่เกิดจาก Reflow Profile เกิดขึ้นจากสาเหตุใด?
- Flux ในตะกั่วเหลวระเหยออกมาในอัตราที่เร็วเกินไป
 - อุณหภูมิ Maximum Temperature ต่ำเกินไป
 - ตะกั่วขึ้นรูปที่ขั้วทั้งสองข้างของตัวอุปกรณ์ไม่พร้อมกัน
 - ความชัน Ramp Up Rate สูงเกินไป
35. ปัญหา Solder Bridging ที่เกิดจาก Reflow Profile เกิดขึ้นจากสาเหตุใด?
- ความชัน Ramp Up Rate สูงเกินไป
 - อุณหภูมิ Maximum Temperature ต่ำเกินไป
 - ตะกั่วขึ้นรูปที่ขั้วทั้งสองข้างของตัวอุปกรณ์ไม่พร้อมกัน
 - ช่วง Cool Down เร็วเกินไป

แบบฝึกหัดระหว่างเรียน

หัวข้อที่ 1 ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้อง โดยวงกลมรอบตัวเลือกที่ถูกต้อง

1. Reflow Profile แบ่งออกเป็น Zone ทั้งหมดกี่ Zone?

- ก. 1 Zone
- ข. 2 Zones
- ค. 3 Zones
- ง. 4 Zones

2. ตาม Spec Profile ของบริษัทแคลคอมพ์อิเล็กทรอนิกส์ (เพชรบุรี) ช่วง Soak Zone อยู่ที่อุณหภูมิเท่าใด?

- ก. 155 – 183 องศาเซลเซียส
- ข. 135 – 183 องศาเซลเซียส
- ค. 150 – 190 องศาเซลเซียส
- ง. สูงกว่า 183 องศาเซลเซียส

3. ช่วง Soak Zone มีหน้าที่อะไร?

- ก. เตรียมให้อุณหภูมิของ PCB และ Component มีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน
- ข. ขจัดคราบ Oxide บน Pad PCB และที่ขาของตัว Component
- ค. ตะกั่วเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว
- ง. ตะกั่วสร้างจุดบัดกรียึด Component ติดกับแผ่น PCB

4. ตาม Spec Profile ของบริษัทแคลคอมพ์อิเล็กทรอนิกส์ (เพชรบุรี) ความชันกราฟช่วง Cool Down ควรเป็นเท่าไร

- ก. 1 – 2.5 องศาเซลเซียสต่อวินาที
- ข. 2 – 3 องศาเซลเซียสต่อวินาที
- ค. 3 – 4 องศาเซลเซียสต่อวินาที
- ง. 4 – 5 องศาเซลเซียสต่อวินาที

5. ตาม Spec Profile ของบริษัทแคลคอมพ์อิเล็กทรอนิกส์ (เพชรบุรี) ความชันกราฟช่วง Ramp Up ควรเป็นเท่าไร

- ก. 1 – 2.5 องศาเซลเซียสต่อวินาที
- ข. 2 – 3 องศาเซลเซียสต่อวินาที
- ค. 3 – 4 องศาเซลเซียสต่อวินาที
- ง. 4 – 5 องศาเซลเซียสต่อวินาที

6. ตาม Spec Profile ของบริษัทแคลคอมพ์อิเล็กทรอนิกส์ (เพชรบุรี) อุณหภูมิช่วง Reflow Zone คือช่วงใด?

- ก. 155 – 183 องศาเซลเซียส
- ข. 135 – 183 องศาเซลเซียส
- ค. 150 – 190 องศาเซลเซียส
- ง. สูงกว่า 183 องศาเซลเซียส

7. ช่วงใดที่ตะกั่วเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว?

- ก. Reflow Zone
- ข. Soak Zone
- ค. Preheat Zone
- ง. Cool Down Zone

8. ช่วงใดที่ตะกั่วเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง?

- ก. Reflow Zone
- ข. Soak Zone
- ค. Preheat Zone
- ง. Cool Down Zone

9. ตาม Spec Profile ของบริษัทแคลคอมพ์อิเล็กทรอนิกส์ (เพชรบุรี) ช่วง Preheat Zone ควร มี ระยะเวลา นานเท่าใด

- ก. 60 – 90 วินาที
- ข. 135 – 165 วินาที
- ค. 190 – 240 วินาที
- ง. 150 – 190 วินาที

10. ตาม Spec Profile ของบริษัทแคลคอมพ์อิเล็กทรอนิกส์ (เพชรบุรี) ช่วง Soak Zone ควร มี ระยะเวลา นานเท่าใด

- ก. 135 – 165 วินาที
- ข. 60 – 120 วินาที
- ค. 190 – 240 วินาที
- ง. 150 – 190 วินาที

หัวข้อที่ 2 การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้อง โดยวงกลมรอบตัวเลือกที่ถูกต้อง

1. การปรับ Reflow Profile เพื่อแก้ปัญหา Tomb Stone ควรปรับอย่างไร?

- ก. เพิ่มเวลาช่วง Soak Zone
- ข. ลดความชันกราฟช่วง Cool Down
- ค. ลดความชันกราฟช่วง Ramp Up
- ง. เพิ่ม Maximum Temperature

2. การปรับ Reflow Profile เพื่อแก้ปัญหา Poor Solder ควรปรับอย่างไร?

- ก. เพิ่มเวลาช่วง Soak Zone
- ข. ลดความชันกราฟช่วง Cool Down
- ค. ลดความชันกราฟช่วง Ramp Up
- ง. ลดเวลาช่วง Preheat Zone

3. การปรับ Reflow Profile เพื่อแก้ปัญหา Void ควรปรับอย่างไร?

- ก. เพิ่มเวลาช่วง Preheat Zone
- ข. ลดความชันกราฟช่วง Cool Down
- ค. ลดความชันกราฟช่วง Ramp Up
- ง. ลดเวลาช่วง Preheat Zone

4. การปรับ Reflow Profile เพื่อแก้ปัญหา Solder Ball ควรปรับอย่างไร?

- ก. เพิ่มเวลาช่วง Preheat Zone
- ข. ลดความชันกราฟช่วง Cool Down
- ค. ลดความชันกราฟช่วง Ramp Up
- ง. ลดเวลาช่วง Preheat Zone

5. การปรับ Reflow Profile เพื่อแก้ปัญหา Cold Solder ควรปรับอย่างไร?

- ก. เพิ่มเวลาช่วง Preheat Zone
- ข. เพิ่ม Maximum Temperature
- ค. ลดความชันกราฟช่วง Ramp Up
- ง. ลดเวลาช่วง Preheat Zone

6. การปรับ Reflow Profile เพื่อแก้ปัญหา Solder Bridging ควรปรับอย่างไร?

- ก. เพิ่มเวลาช่วง Preheat Zone
- ข. เพิ่ม Maximum Temperature
- ค. ลดความชันกราฟช่วง Ramp Up
- ง. ลดเวลาช่วง Preheat Zone

7. การปรับ Reflow Profile เพื่อแก้ปัญหา Part Crack ควรปรับอย่างไร?
 - ก. เพิ่มเวลาช่วง Preheat Zone
 - ข. เพิ่ม Maximum Temperature
 - ค. ลดความชันกราฟช่วง Ramp Up
 - ง. ลดเวลาช่วง Preheat Zone
8. การปรับ Reflow Profile เพื่อแก้ปัญหา Misalignment ควรปรับอย่างไร?
 - ก. เพิ่มเวลาช่วง Preheat Zone
 - ข. ลดความชันช่วงก่อนถึงจุดหลอมเหลวของตะกั่ว
 - ค. ลดความชันกราฟช่วง Ramp Up
 - ง. ลดเวลาช่วง Preheat Zone
9. ถ้าอุณหภูมิ Maximum Temperature ต่ำ จะทำให้เกิดปัญหาใด?
 - ก. Cold Solder
 - ข. Solder Ball
 - ค. Tomb Stone
 - ง. Misalignment
10. จุดบัดกรีที่มี Void อาจทำให้เกิดปัญหาใด?
 - ก. ไฟฟ้าลัดวงจร
 - ข. จุดบัดกรีต้าน ผิวไม่เรียบ
 - ค. ตัวอุปกรณ์แตกร้าว
 - ง. จุดบัดกรีเปราะ แตกร้าว

ผนวก ค

ดัชนีความสอดคล้องเชิงประจักษ์

ค่าเฉลี่ยของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ในการวิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับแบบทดสอบ

วัตถุประสงค์ ข้อที่	ข้อสอบ ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ				R	IOC
		คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4		
1	1	+1	+1	+1	+1	4	1
2	2	0	+1	+1	+1	3	
	3	+1	+1	+1	+1	4	1
	4	+1	0	+1	+1	3	0.75
	5	+1	+1	+1	+1	4	1
	6	+1	0	+1	+1	3	0.75
	7	+1	0	+1	+1	3	0.75
	8	+1	0	+1	+1	3	0.75
	9	+1	0	+1	+1	3	0.75
	10	+1	+1	+1	+1	4	1
3	11	+1	+1	+1	+1	4	1
	12	+1	+1	+1	+1	4	1
	13	+1	0	+1	+1	3	0.75
	14	+1	+1	+1	+1	4	1
	15	+1	+1	+1	+1	4	1
	16	0	+1	+1	+1	3	0.75
	17	0	+1	+1	+1	3	0.75
	18	0	+1	+1	+1	3	0.75
	19	+1	+1	+1	+1	4	1
	20	+1	+1	+1	+1	4	1
	21	+1	+1	+1	+1	4	1
หัวข้อที่ 2 1	22	+1	+1	+1	+1	4	1
	23	+1	+1	+1	+1	4	1
	24	+1	+1	+1	+1	4	1
	25	+1	+1	+1	+1	4	1
	26	+1	+1	+1	+1	4	1
	27	+1	+1	+1	+1	4	1

วัตถุประสงค์ ข้อที่	ข้อสอบ ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ				R	IOC
		คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4		
หัวข้อที่ 2 1	28	+1	+1	+1	+1	4	1
	29	+1	+1	+1	+1	4	1
	30	+1	+1	+1	+1	4	1
	31	+1	+1	+1	+1	4	1
	32	+1	+1	+1	+1	4	1
	33	+1	+1	+1	+1	4	1
	34	+1	0	+1	+1	3	0.75
	35	+1	+1	+1	+1	4	1
	36	+1	+1	+1	+1	4	1
	37	+1	+1	+1	+1	4	1

ผนวก ง

ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงตรง ความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกแบบทดสอบ

ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงตรง ความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกแบบทดสอบ

แสดงค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ

ข้อที่	ค่า P	ผล	ค่า r	ผล
1	0.7333	*	0.2	*
2	0.4667	*	0.3333	*
3	0.6	*	0.2	*
4	0.8	*	0.2667	*
5	0.6	*	-0.0667	-
6	0.5333	*	0.2667	*
7	0.6667	*	0.4	*
8	0.4	*	0.2667	*
9	0.5333	*	0.2667	*
10	0.6667	*	0.1333	-
11	0.6	*	0.2	*
12	0.6667	*	0.4	*
13	0.6667	*	0.2667	*
14	0.4	*	0.2667	*
15	0.7333	*	0.2	*
16	0.5333	*	0.2667	*
17	0.8	*	0.2667	*
18	0.4667	*	0.2	*
19	0.6	*	0.3333	*
20	0.4667	*	0.3333	*
21	0.6667	*	0.2667	*
22	0.4	*	0.2667	*
23	0.4667	*	0.4667	*
24	0.3333	*	0.2	*
25	0.3333	*	0.3333	*
26	0.4667	*	0.3333	*
27	0.6667	*	0.4	*
28	0.7333	*	0.3333	*

ข้อที่	ค่า P	ผล	ค่า r	ผล
29	0.7333	*	0.2	*
30	0.2667	*	0.2667	*
31	0.7333	*	0.2	*
32	0.6667	*	0.2667	*
33	0.5333	*	0.2667	*
34	0.4667	*	0.3333	*
35	0.4	*	0.2667	*
36	0.8	*	0.2667	*
37	0.6	*	0.3333	*

หมายเหตุ * หมายถึงข้อสอบที่นำไปใช้

แสดงการแปลความหมายค่าความยากง่าย (P) ของข้อสอบ

ค่าความยาก (P)	ความหมาย	ข้อเสนอแนะ
0.81 – 1.00	ง่ายมาก	ควรตัดทิ้ง
0.61 – 0.80	ค่อนข้างง่าย	ดีพอใช้ เก็บไว้ใช้
0.41 – 0.60	ความยากง่ายพอเหมาะ	ดีมาก เก็บไว้ใช้
0.20 – 0.40	ค่อนข้างยาก	ดีพอใช้ เก็บไว้ใช้
0.00 – 0.19	ยากมาก	ควรตัดทิ้ง

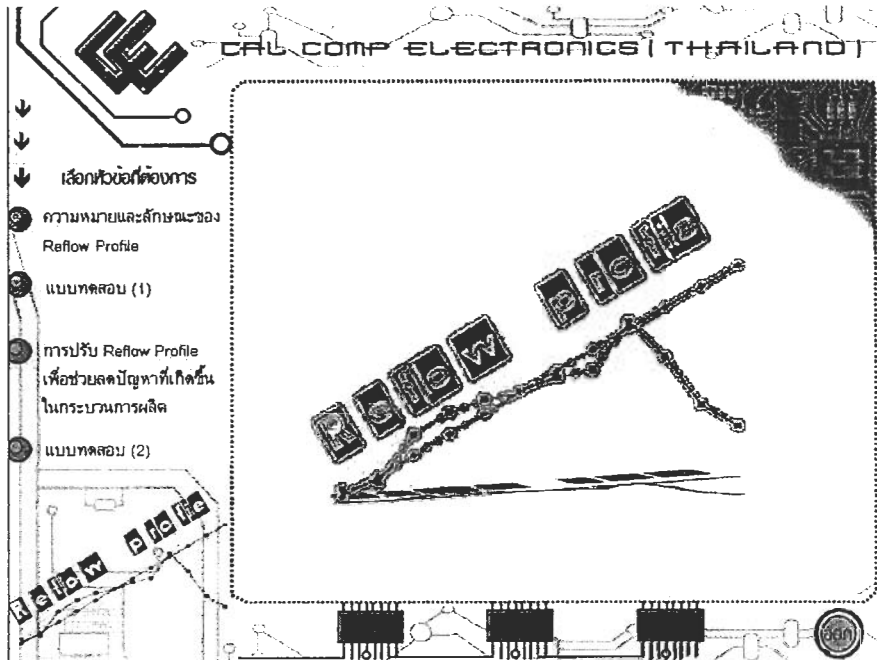
แสดงการแปลความหมายค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบ

ค่าอำนาจจำแนก	ความหมาย	ข้อเสนอแนะ
0.40 ขึ้นไป	ดีมาก	ใช้ได้ดี
0.30 – 0.39	ดี	ใช้ได้
0.20 – 0.29	พอใช้	ใช้ได้ แต่อาจต้องปรับปรุง
ต่ำกว่า 0.20	ใช้ไม่ได้	ควรปรับปรุง หรือตัดทิ้ง

ผนวก จ

ตัวอย่างหน้าจอของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง RST

ตัวอย่างหน้าจอของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง RST



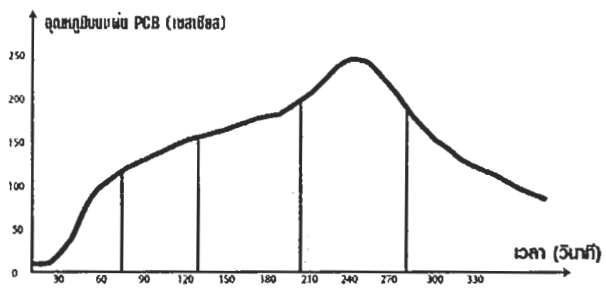


C&E ELECTRONICS (THAILAND)

เลือกหัวข้อที่ต้องการ

- 1 ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile
- 2 แบบทดสอบ (1)
- 3 การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต
- 4 แบบทดสอบ (2)

Reflow Profile หมายถึง ลักษณะอุณหภูมิของแผ่น PCB ที่ผ่านเข้าไปในเตาอบ Reflow ตั้งแต่แผ่น PCB เริ่มเข้าเตาอบ Reflow จนกระทั่งแผ่นออกจากเตาอบ Reflow ซึ่งถ้านำมาเขียนเป็นกราฟระหว่างอุณหภูมิกับเวลา จะได้กราฟดังรูป



กลับ อีกครั้ง ต่อไป



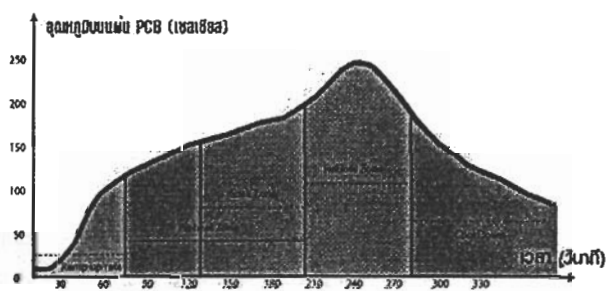
C&E ELECTRONICS (THAILAND)

เลือกหัวข้อที่ต้องการ

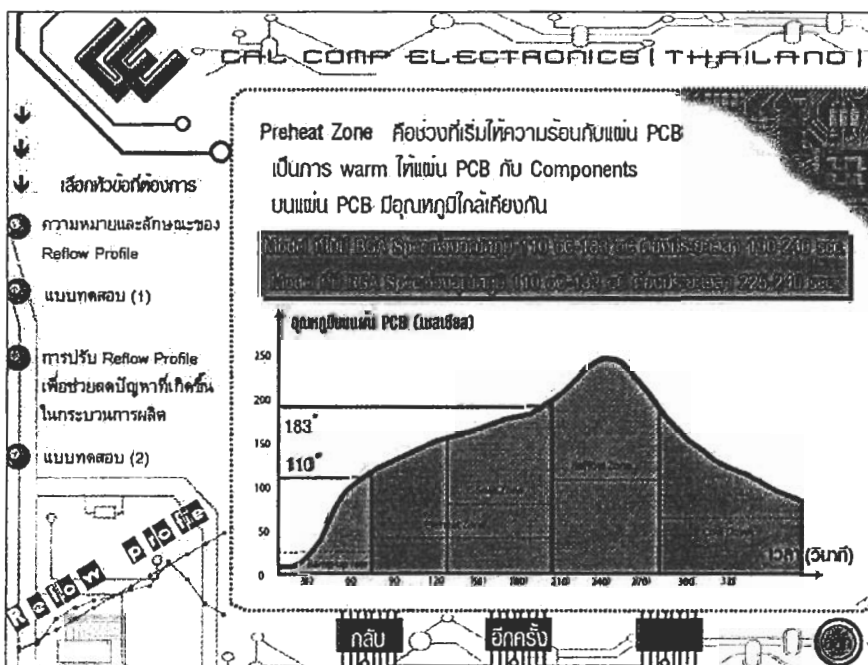
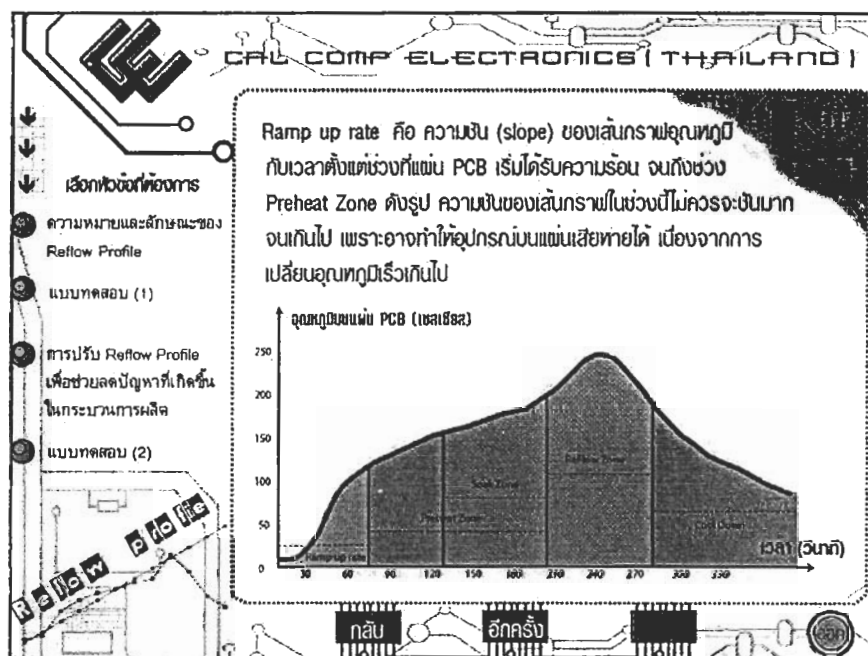
- 1 ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile
- 2 แบบทดสอบ (1)
- 3 การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต
- 4 แบบทดสอบ (2)

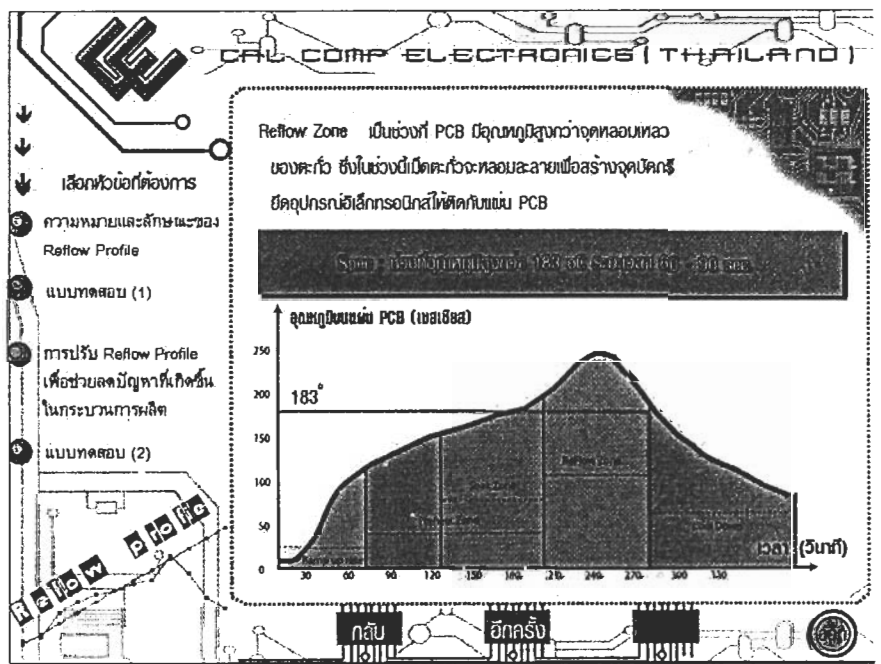
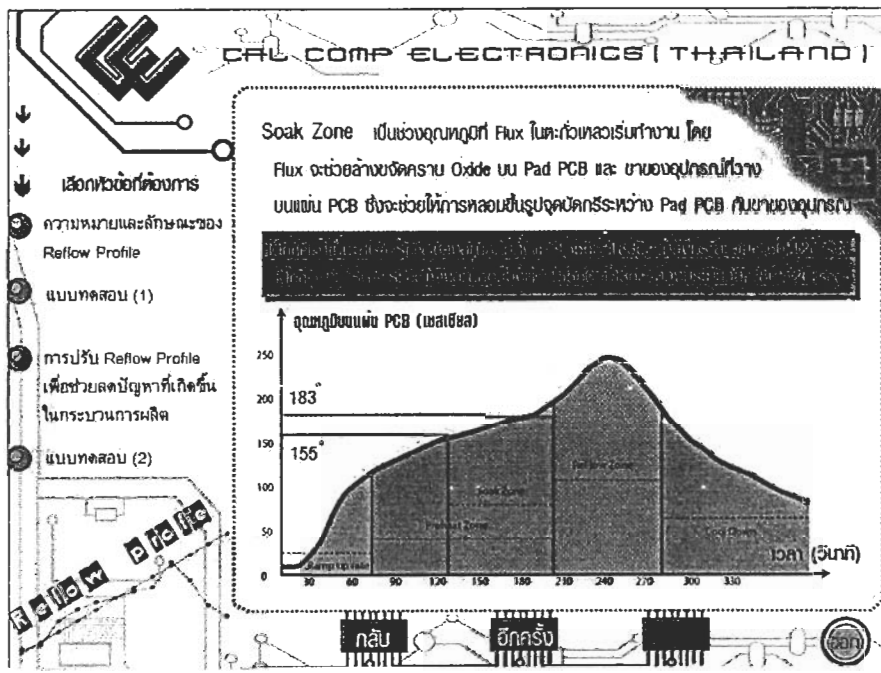
Reflow profile จะแบ่งออกเป็น 4 Zone คือ

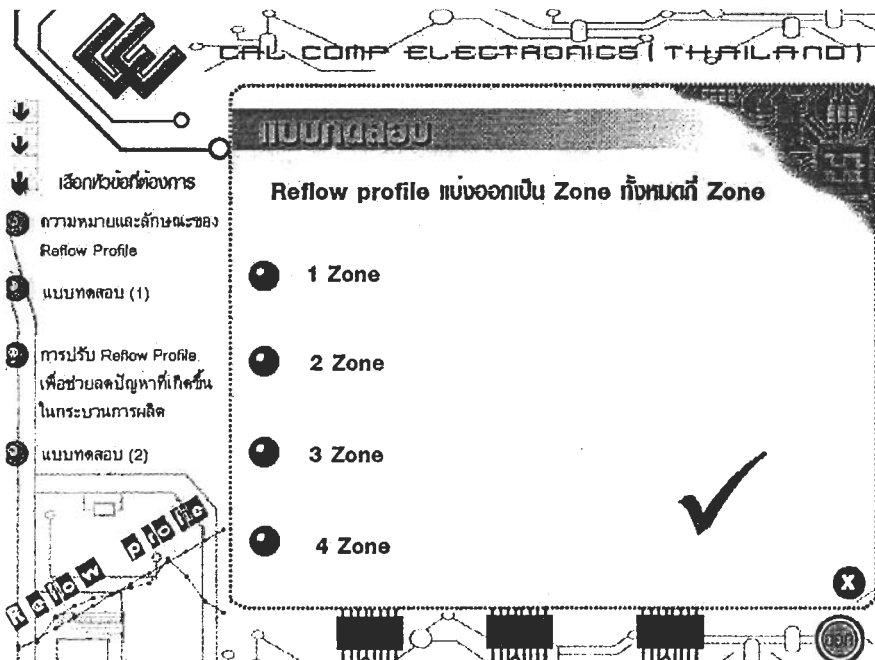
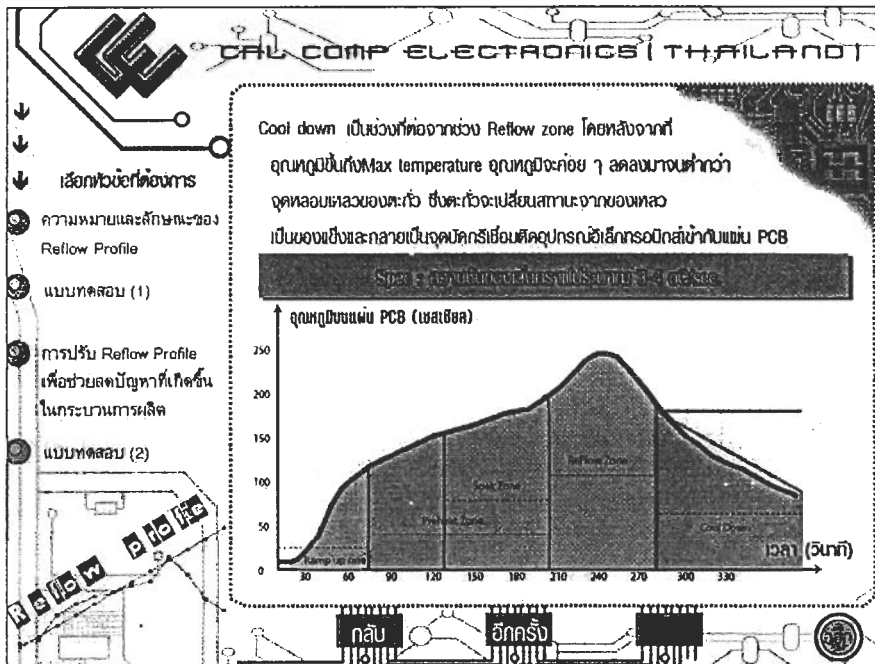
- Preheat Zone และ Ramp up rate
- Soak Zone
- Reflow Zone
- Cool Down



กลับ อีกครั้ง







Cal Comp Electronics (Thailand)

แบบทดสอบ

เลือกหัวข้อที่ต้องการ

ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile

แบบทดสอบ (1)

การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

แบบทดสอบ (2)

ตาม spec profile ของบริษัท Calcomp พชรบุรี ช่วง Soak Zone อยู่ที่อุณหภูมิเท่าไร ?

- 155 - 183 องศาเซลเซียส
- 135 - 183 องศาเซลเซียส
- 135 - 183 องศาเซลเซียส
- สูงกว่า 183 องศาเซลเซียส

✓

X

Cal Comp Electronics (Thailand)

แบบทดสอบ

เลือกหัวข้อที่ต้องการ

ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile

แบบทดสอบ (1)

การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

แบบทดสอบ (2)

ช่วง Soak Zone มีหน้าที่อะไร ?

- เตรียมให้อุณหภูมิของ PCB และ Component มีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน
- ขจัดคราบ Oxide บน Pad PCB และขาของ Component
- ตะกั่วเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว
- ตะกั่วขึ้นรูปร่างจุดบัดกรียึด Component ติดกับ PCB

✓

X

Cal Comp Electronics (Thailand)

แบบทดสอบ

เลือกข้อที่ต้องการ

② ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile

③ แบบทดสอบ (1)

④ การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

⑤ แบบทดสอบ (2)

เกม spec profile ของ บริษัท Calcomp เพชรบุรี
ความชันของกราฟช่วง Cool Down ควรเป็นเท่าไร ?

- 1 - 2.5 องศาเซลเซียส/วินาที
- 2 - 3 องศาเซลเซียส/วินาที
- 3 - 4 องศาเซลเซียส/วินาที
- 4 - 5 องศาเซลเซียส/วินาที

✓

X

Reflow Profile

Cal Comp Electronics (Thailand)

แบบทดสอบ

เลือกข้อที่ต้องการ

② ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile

③ แบบทดสอบ (1)

④ การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

⑤ แบบทดสอบ (2)

เกม spec profile ของ บริษัท Calcomp เพชรบุรี
ความชันของกราฟช่วง Ramp up ควรเป็นเท่าไร ?

- 1 - 2.5 องศาเซลเซียส/วินาที
- 2 - 3 องศาเซลเซียส/วินาที
- 3 - 4 องศาเซลเซียส/วินาที
- 4 - 5 องศาเซลเซียส/วินาที

✓

X

Reflow Profile

Cal Comp Electronics | THAILAND

แบบทดสอบ

เลือกข้อที่ต้องการ

1 ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile

2 แบบทดสอบ (1)

3 การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

4 แบบทดสอบ (2)

ตาม spec profile ของบริษัท Calcomp เพชรบุรี อุณหภูมิช่วง Reflow zone คือช่วงใด ?

- ☐ 135 - 183 องศาเซลเซียส
- ☐ 135 - 165 องศาเซลเซียส
- ☐ ต่ำกว่า 183 องศาเซลเซียส
- ☐ สูงกว่า 183 องศาเซลเซียส

✓

✗

Reflow profile

Cal Comp Electronics | THAILAND

แบบทดสอบ

เลือกข้อที่ต้องการ

1 ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile

2 แบบทดสอบ (1)

3 การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

4 แบบทดสอบ (2)

ตามช่วงใดที่ตะกั่วเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว ?

- ☐ Reflow Zone
- ☐ Soak Zone
- ☐ Preheat Zone
- ☐ Cool Down Zone

✓

✗

Reflow profile

Cal Comp Electronics (Thailand)

แบบทดสอบ

เลือกหัวข้อที่ต้องการ

- ▼ ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile
- **แบบทดสอบ (1)**
- การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต
- **แบบทดสอบ (2)**

Reflow Profile

ช่วงใดที่ตะกั่วเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง ?

- Reflow Zone
- Soak Zone
- Preheat Zone
- Cool Down Zone

✓

X

Cal Comp Electronics (Thailand)

แบบทดสอบ

เลือกหัวข้อที่ต้องการ

- ▼ ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile
- **แบบทดสอบ (1)**
- การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต
- **แบบทดสอบ (2)**

Reflow Profile

ตาม spec profile ของบริษัท Calcomp เพชรบุรี ช่วง Preheat Zone ควรมีระยะเวลาเท่าไร ?

- 60 - 90 วินาที
- 135 - 165 วินาที
- 190 - 240 วินาที
- 150 - 190 วินาที

✓

X

Cal Comp Electronics (Thailand)

แบบทดสอบ

เลือกหัวข้อที่ต้องการ

1 ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile

2 แบบทดสอบ (1)

3 การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

4 แบบทดสอบ (2)

ตาม spec profile ของบริษัท Calcomp เพชรบุรี ช่วง Soak Zone ควรมีระยะเวลาเท่าไร ?

- 60 - 90 วินาที
- 60 - 120 วินาที
- 150 - 190 วินาที
- 135 - 165 วินาที

Cal Comp Electronics (Thailand)

แบบทดสอบ

เลือกหัวข้อที่ต้องการ

1 ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile

2 แบบทดสอบ (1)

3 การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

4 แบบทดสอบ (2)

อุณหภูมิที่เหมาะสมได้ 9 องศา


CAL COMP ELECTRONICS (THAILAND)

เลือกหัวข้อที่ต้องการ

- 1 ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile
- 2 แบบทดสอบ (1)
- 3 การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต
- 4 แบบทดสอบ (2)

Reflow Profile

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. เพื่อให้ผู้เรียนทราบเหตุของปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ซึ่งเกิดขึ้นจาก Reflow profile
2. เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้เกี่ยวกับการปรับ Reflow profile เพื่อแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต







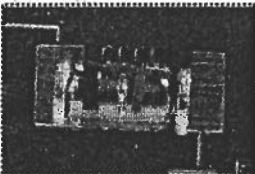
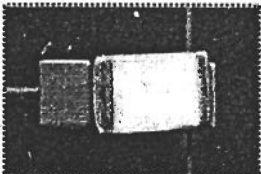
CAL COMP ELECTRONICS (THAILAND)

เลือกหัวข้อที่ต้องการ

- 1 ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile
- 2 แบบทดสอบ (1)
- 3 การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต
- 4 แบบทดสอบ (2)

Reflow Profile

Misalignment คือ ปัญหาที่ตัวอุปกรณ์หลุดจากแผ่นกระบวนการ Reflow Soldering แล้ว ตัวอุปกรณ์วางไม่ตรงกับ Pad PCB ดังรูป






CALCOMP ELECTRONICS THAILAND

เลือกข้อที่ต้องการ

- ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile
- แบบทดสอบ (1)
- การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต
- แบบทดสอบ (2)

เนื่องจากอุณหภูมิ Terminal ทั้งสองข้างของ Chip component ไม่เท่ากัน ทำให้การหลอมขึ้นรูปจุดบัดกรีที่ Terminal ทั้งสองข้างไม่พร้อมกัน ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหา Misalignment หรือ Tomb stone ได้

วิธีปรับปรุง Reflow Profile ใหม่คือ

ลดความเร็วของกราฟ profile ในช่วงก่อนถึงจุดหลอมเหลวของตะกั่วลง เพื่อให้อุณหภูมิของขั้วทั้งสองข้างของ Chip component ใกล้เคียงกัน

กลับ อีกครั้ง ออก



CAL COMP ELECTRONICS (THAILAND)

เลือกหัวข้อที่ต้องการ

▼ ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile

▼ แบบทดสอบ (1)

▼ การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

▼ แบบทดสอบ (2)

Poor Solder คือ ปัญหาทั่วไปเป็นรูปคลื่น, Terminal ของตัวอุปกรณ์ หรือขาของตัวอุปกรณ์ ทำให้องจรไฟฟ้าไม่เชื่อมต่อกัน ดังรูป




Reflow profile

อีกครั้ง ต่อไป

EE CAL COMP ELECTRONICS (THAILAND)

เลือกหัวข้อที่ต้องการ

- ① ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile
- ② แบบทดสอบ (1)
- ③ การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต
- ④ แบบทดสอบ (2)

ความหมายของ Reflow profile

เนื่องจาก PCB ได้รับความร้อนในช่วง Preheat zone และ Soak zone มากเกินไป ทำให้เกิด oxide ขึ้นที่ Terminal หรือ ขาของตัวอุปกรณ์ และที่ pad PCB เมื่อถึงช่วง Reflow zone การหลอมขึ้นรูปจุดบัดกรีจึงทำได้ไม่ดี

การปรับ Reflow Profile เพื่อแก้ไข

ลดระยะเวลาช่วง Preheat และ Soak ab

Reflow profile

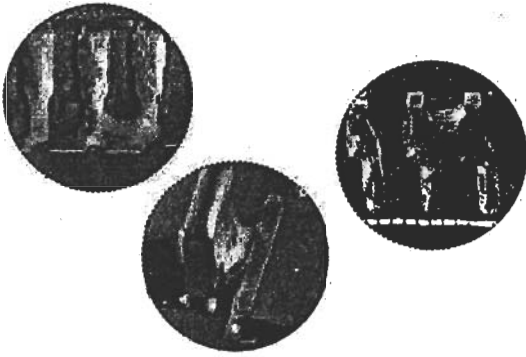
กลับ อีกครั้ง

EE CAL COMP ELECTRONICS (THAILAND)

เลือกหัวข้อที่ต้องการ

- ① ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile
- ② แบบทดสอบ (1)
- ③ การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต
- ④ แบบทดสอบ (2)

Solder bridging คือ ปัญหาที่เกิดขึ้นที่ IC หรือที่ Terminal ของตัวอุปกรณ์ เชื่อมติดกันเอง ซึ่งจะก่อให้เกิดวงจรไฟฟ้าเกิดการลัดวงจรขึ้น ดังรูป



Reflow profile

กลับ อีกครั้ง ต่อไป

EE CAL COMP ELECTRONICS (THAILAND)

↓ ↓ ↓

เลือกหัวข้อที่ต้องการ

- 1 ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile
- 2 แบบทดสอบ (1)
- 3 การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต
- 4 แบบทดสอบ (2)

Reflow Profile

การเพิ่มอุณหภูมิในช่วง Preheat zone เร็วเกินไป หรือ Ramp up rate สูงเกินไป จะทำให้ความหนืดของตะกั่วลดลง เมื่อความหนืดของตะกั่วลดลง ตะกั่วจะสามารถไหลเข้าหากันได้ จึงทำให้เกิดปัญหา Solder bridging

การปรับ Solder Bridging ให้ปกติ

ลดความชันของ Ramp up rate ลง

กลับ อีกครั้ง

EE CAL COMP ELECTRONICS (THAILAND)

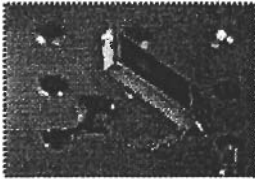
↓ ↓ ↓

เลือกหัวข้อที่ต้องการ

- 1 ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile
- 2 แบบทดสอบ (1)
- 3 การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต
- 4 แบบทดสอบ (2)

Reflow Profile

Tomb Stone คือ ปัญหาตะกั่วในรูปจุดปิดวงจร Terminal ของ Chip Component เมียงข้างเดียวและตั้งให้ตัวอุปกรณ์ Chip Component ตั้งขึ้น ตั้งรูป



กลับ อีกครั้ง ต่อไป

CAE COMP ELECTRONICS (THAILAND)

เลือกหัวข้อที่ต้องการ

1 ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile

2 แบบทดสอบ (1)

3 การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

4 แบบทดสอบ (2)

เลือกหัวข้อที่ต้องการ

เลือกหัวข้อที่ต้องการ

เนื่องจากอุณหภูมิที่ Terminal ทั้งสองข้างของ Chip component ไม่เท่ากัน ทำให้การหลอมขึ้นรูปจุดบัดกรีที่ Terminal ทั้งสองข้างไม่พร้อมกัน Terminal ที่หลอมขึ้นรูปจุดบัดกรีก่อนจะดึงให้ Chip component ตั้งขึ้น

การปรับ Reflow Profile เพื่อแก้ไข

ลดความชันของกราฟ profile ในช่วงก่อนถึงจุดหลอมเหลวของตะกั่วลง เพื่อให้อุณหภูมิที่ Terminal ทั้งสองข้างของ Chip component ใกล้เคียงกัน

กลับ อีกครั้ง ออก

CAE COMP ELECTRONICS (THAILAND)

เลือกหัวข้อที่ต้องการ

1 ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile

2 แบบทดสอบ (1)

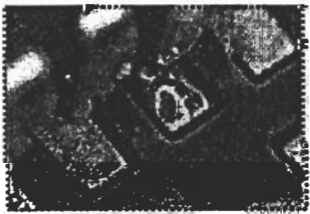
3 การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

4 แบบทดสอบ (2)

เลือกหัวข้อที่ต้องการ

เลือกหัวข้อที่ต้องการ

Cold Solder คือ ปัญหาตะกั่วหลอมขึ้นรูปจุดบัดกรีไม่สมบูรณ์ ทำให้จุดบัดกรีด้าน หรือผิวไม่เรียบ ดังรูป



กลับ อีกครั้ง ต่อไป

CCP COMP ELECTRONICS (THAILAND)

เลือกหัวข้อที่ต้องการ

- ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile
- แบบทดสอบ (1)
- การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต
- แบบทดสอบ (2)

ปัญหาที่พบบ่อย Reflow Profile

เนื่องจากอุณหภูมิที่ Terminal ทั้งสองข้างของ Chip component ไม่เท่ากัน ทำให้การหลอมขึ้นรูปจุดบัดกรีที่ Terminal ทั้งสองข้างไม่พร้อมกัน Terminal ที่หลอมขึ้นรูปจุดบัดกรีก่อนจะดึงให้ Chip component ตั้งขึ้น

วิธีการปรับ Reflow Profile เพื่อแก้ไข

ลดความชันของกราฟ profile ในช่วงก่อนถึงจุดหลอมเหลวของตะกั่วลง เพื่อให้อุณหภูมิที่ Terminal ทั้งสองข้างของ Chip component ใกล้เคียงกัน

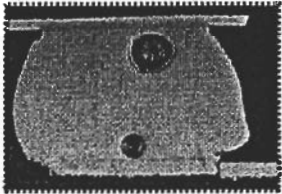
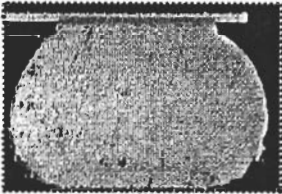
กลับ อีกครั้ง สิ้นสุด

CCP COMP ELECTRONICS (THAILAND)

เลือกหัวข้อที่ต้องการ

- ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile
- แบบทดสอบ (1)
- การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต
- แบบทดสอบ (2)

Void คือ ปัญหาจุดบัดกรีมีฟองอากาศอยู่ข้างใน ซึ่งจะทำให้จุดบัดกรีเปราะและไม่แข็งแรง ตัวอย่างในรูป แสดงจุดบัดกรีของ BGA ที่ทำ cross section แล้ว เปรียบเทียบระหว่างจุดบัดกรีที่มี Void กับ จุดบัดกรีที่ไม่มี Void

จุดบัดกรีที่มี Void จุดบัดกรีที่ไม่มี Void

กลับ อีกครั้ง ต่อไป สิ้นสุด

EE CAL COMP ELECTRONICS (THAILAND)

เลือกหัวข้อที่ต้องการ

- ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile
- แบบทดสอบ (1)
- การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต
- แบบทดสอบ (2)

Reflow Profile

สาเหตุเกิดจาก Reflow Profile

เนื่องจาก Flux ในตะกั่วเหลวระเหยในอัตราที่เร็วเกินไป ทำให้เกิดโพรงอากาศขึ้นในเนื้อตะกั่วเหลว ซึ่งหลังจากขั้นตอนการ Reflow soldering แล้ว จะทำให้เกิดเป็นโพรงอากาศในจุดบัดกรี

วิธีการปรับ Reflow Profile เพื่อแก้ไข

ลดความชันของ Ramp up rate ลง และเพิ่มระยะเวลาช่วง Preheat zone ให้นานขึ้น

กลับ อีกครั้ง ออก

EE CAL COMP ELECTRONICS (THAILAND)

เลือกหัวข้อที่ต้องการ

- ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile
- แบบทดสอบ (1)
- การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต
- แบบทดสอบ (2)

Reflow Profile

Part Crack คือ ปัญหาที่อุปกรณ์มีรอยแตก รอยร้าว ดังรูป



อีกครั้ง ต่อไป

CE CAL COMP ELECTRONICS (THAILAND)

เลือกหัวข้อที่ต้องการ

- 1 ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile
- 2 แบบทดสอบ (1)
- 3 การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต
- 4 แบบทดสอบ (2)

เลือกหัวข้อที่ต้องการ

เนื่องจากอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของ Reflow profile เร็วเกินไป

จึงปรับ Reflow Profile ใหม่ดังนี้

ลดความชันกราฟช่วง Ramp up rate และ ช่วง Cool down ลง

กลับ **อีกครั้ง** **ออก**

CE CAL COMP ELECTRONICS (THAILAND)

เลือกหัวข้อที่ต้องการ

- 1 ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile
- 2 แบบทดสอบ (1)
- 3 การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต
- 4 แบบทดสอบ (2)

เลือกหัวข้อที่ต้องการ

Solder ball คือ ปัญหาที่กระจัดกระจายออกเป็นเม็ดเล็ก ๆ อยู่บริเวณใต้หัวอุปกรณ์ หรือบนแผ่น PCB ดังรูป ซึ่งเกิดหั่วเหล่านี้นำเข้าไปติดอยู่กับ IC หรือใต้หัวอุปกรณ์ อาจทำให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจรได้

225

กลับ **อีกครั้ง** **ต่อไป**

CCAL COMP ELECTRONICS (THAILAND)

↓
↓
↓
เลือกหัวข้อที่ต้องการ

① ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile

② แบบทดสอบ (1)

③ การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้น ในกระบวนการผลิต

④ แบบทดสอบ (2)

Reflow Profile

การปรับ Reflow Profile

เนื่องจาก Flux ในตะกั่วเหลวระเหยออกมาในอัตราที่เร็วเกินไป ไอระเหยของ Flux จะพุ่งออกมาจากตะกั่วเหลวในปริมาณมากและรวดเร็ว จนทำให้เมื่อตะกั่วเหลวเปิดกระจายออกมาเป็นเม็ดตะกั่วเล็ก ๆ คืออยู่ตามหัวอุปกรณ์และบนแผ่น PCB

การปรับ Reflow Profile เพื่อแก้ไข

ลดความชันของ Ramp up rate ลง

กลับ อีกครั้ง

CCAL COMP ELECTRONICS (THAILAND)

↓
↓
↓
เลือกหัวข้อที่ต้องการ

① ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile

② แบบทดสอบ (1)

③ การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้น ในกระบวนการผลิต

④ แบบทดสอบ (2)

Reflow Profile

แบบทดสอบ

การปรับ Reflow profile เพื่อแก้ปัญหา Poor solder ควรปรับอย่างไร ?

- เพิ่มเวลาช่วง soak zone
- ลดความชันกราฟช่วง cool down
- ลดความชันกราฟช่วง ramp up
- ลดเวลาช่วง Preheat zone

✓

กลับ อีกครั้ง

FE C&E ELECTRONICS (THAILAND)

แบบทดสอบ

เลือกข้อที่ต้องการ

1 ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile

2 แบบทดสอบ (1)

3 การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้น ในกระบวนการผลิต

4 แบบทดสอบ (2)

Reflow Profile

การปรับ Reflow profile เพื่อแก้ปัญหา Void ควรปรับอย่างไร ?

- เพิ่มเวลาช่วง Preheat zone
- ลดความชันกราฟช่วง cool down
- ลดความชันกราฟช่วง ramp up
- ลดเวลาช่วง Preheat zone

✓

X



FE C&E ELECTRONICS (THAILAND)

แบบทดสอบ

เลือกข้อที่ต้องการ

1 ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile

2 แบบทดสอบ (1)

3 การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้น ในกระบวนการผลิต

4 แบบทดสอบ (2)

Reflow Profile

การปรับ Reflow profile เพื่อแก้ปัญหา Solder ball ควรปรับอย่างไร ?

- เพิ่มเวลาช่วง Preheat zone
- ลดความชันกราฟช่วง cool down
- ลดความชันกราฟช่วง ramp up
- ลดเวลาช่วง Preheat zone

✓

X



EE CAL COMP ELECTRONICS (THAILAND)

แบบทดสอบ

เลือกหัวข้อที่ต้องการ

▼ ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile

▼ แบบทดสอบ (1)

▼ การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

▼ แบบทดสอบ (2)

Reflow profile

การปรับ Reflow profile เพื่อแก้ปัญหา Solder bridging ควรปรับอย่างไร ?

- เพิ่มเวลาช่วง Preheat zone
- เพิ่มอุณหภูมิ max. temperature
- ลดความชันกราฟช่วง ramp up
- ลดเวลาช่วง Preheat zone

✓

X

EE CAL COMP ELECTRONICS (THAILAND)

แบบทดสอบ

เลือกหัวข้อที่ต้องการ

▼ ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile

▼ แบบทดสอบ (1)

▼ การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

▼ แบบทดสอบ (2)

Reflow profile

การปรับ Reflow profile เพื่อแก้ปัญหา Part crack ควรปรับอย่างไร

- เพิ่มเวลาช่วง Preheat zone
- เพิ่มอุณหภูมิ max. temperature
- ลดความชันกราฟช่วง ramp up
- ลดเวลาช่วง Preheat zone

✓

X

CFE COMP ELECTRONICS (THAILAND)

แบบทดสอบ

เลือกข้อที่ต้องการ

ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile

แบบทดสอบ (1)

การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

แบบทดสอบ (2)

การปรับ Reflow profile เพื่อแก้ปัญหา Misalignment ควรปรับอย่างไร ?

- เพิ่มเวลาช่วง Preheat zone
- ลดความชันกราฟช่วงก่อนถึงจุดหลอมเหลวของตะกั่ว
- ลดความชันกราฟช่วง ramp up
- ลดเวลาช่วง Preheat zone

✓

X

CFE COMP ELECTRONICS (THAILAND)

แบบทดสอบ

เลือกข้อที่ต้องการ

ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile

แบบทดสอบ (1)

การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

แบบทดสอบ (2)

ถ้าอุณหภูมิ Max. temperature ต่ำ จะทำให้เกิดปัญหาอะไร?

- Cold solder
- Solder ball
- Tomb stone
- Misalignment

✓

X

CHL COMP ELECTRONICS (THAILAND)

แบบทดสอบ

จุดบัดกรีที่มี Void อาจทำให้เกิดปัญหาอะไร ?

- ☐ ไฟฟ้าลัดวงจร
- ☐ จุดบัดกรีถัน พิวไม่เรียบ
- ☐ ตัวอุปกรณ์แตกร้าว
- ☐ จุดบัดกรีเปราะ แตกร้าว

✓

✗

Reflow profile

เลือกหัวข้อที่ต้องการ

1 ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile

2 แบบทดสอบ (1)

3 การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้น ในกระบวนการผลิต

4 แบบทดสอบ (2)

CHL COMP ELECTRONICS (THAILAND)

แบบทดสอบ

การปรับ Reflow profile เพื่อแก้ปัญหา Cold solder ควรปรับอย่างไร ?

- ☐ เพิ่มเวลาช่วง Preheat zone
- ☐ เพิ่มอุณหภูมิ max. temperature
- ☐ ลดความชันกราฟช่วง ramp up
- ☐ ลดเวลาช่วง Preheat zone

✓

✗

Reflow profile

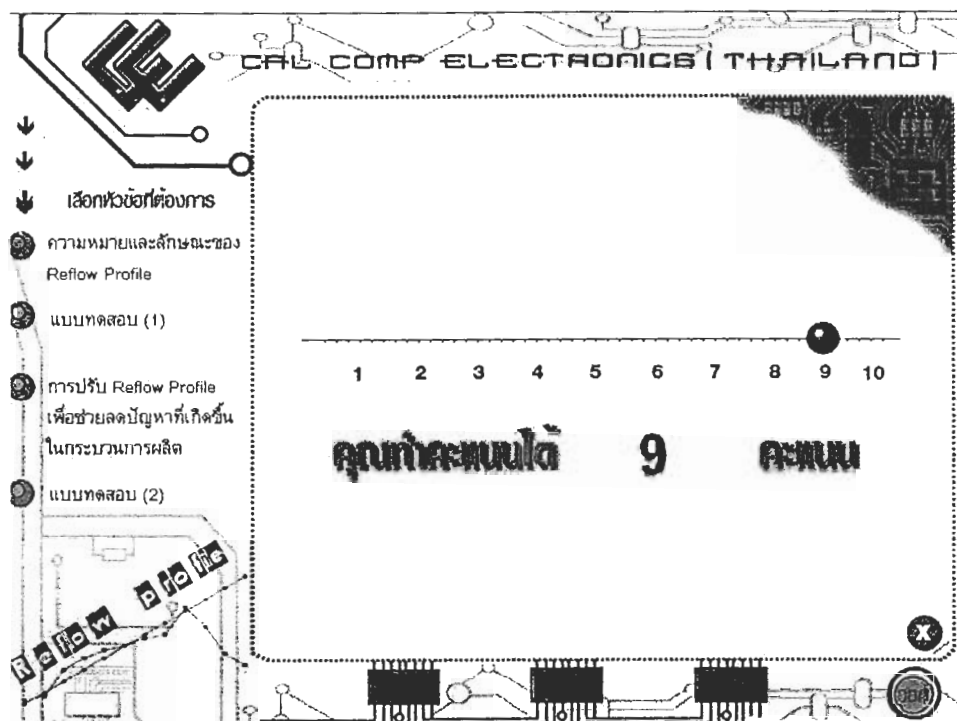
เลือกหัวข้อที่ต้องการ

1 ความหมายและลักษณะของ Reflow Profile

2 แบบทดสอบ (1)

3 การปรับ Reflow Profile เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้น ในกระบวนการผลิต

4 แบบทดสอบ (2)



ผนวก จ

แบบประเมินคุณภาพมัลติมีเดียของผู้เชี่ยวชาญ

แบบประเมินคุณภาพมัลติมีเดียของผู้เชี่ยวชาญ

คำชี้แจง โปรดพิจารณาประเมินคุณภาพมัลติมีเดีย (Multimedia) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง Reflow Soldering Technology ตามที่ท่านเห็นว่าบทเรียนมีคุณภาพด้านมัลติมีเดีย อยู่ใน ระดับใด โดยทำเครื่องหมาย ลงในช่องระดับความคิดเห็นของแต่ละข้อ ระดับความคิดเห็น มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ดีมาก	ได้คะแนน	5
ดี	ได้คะแนน	4
ปานกลาง	ได้คะแนน	3
พอใช้	ได้คะแนน	2
ควรปรับปรุง	ได้คะแนน	1

ด้านการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					รวม
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับปรุง	
	5	4	3	2	1	
1. ด้านตัวอักษร (Text)						
1.1 ขนาดของตัวอักษรที่ใช้อ่านง่าย และชัดเจน		3	1			3.75
1.2 รูปแบบตัวอักษรที่ใช้สวยงาม อ่านง่าย และชัดเจน		3	1			3.75
1.3 ความเหมาะสมของสีตัวอักษร และสีของพื้นที่ใช้		4				4
1.4 ความเหมาะสมของการจัดวาง ตัวอักษรหรือข้อความในแต่ละกรอบ	1	3				4.25
1.5 ความถูกต้องของข้อความตาม หลักภาษา	1	3				4.25
2. ด้านภาพนิ่ง						
2.1 ขนาดของภาพนิ่งเหมาะสม	2	2				4.5
2.2 สีและความชัดของภาพที่ใช้		4				4
2.3 ความเหมาะสมของภาพที่ใช้	1	1	2			3.75
2.4 สมดุลในการจัดวางภาพ	2	1	1			4.25
2.5 ความเหมาะสมของจำนวนภาพ ที่ใช้ประกอบเนื้อหา	1	3				4.25

ด้านการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					รวม
	ดีมาก 5	ดี 4	ปานกลาง 3	พอใช้ 2	ควรปรับปรุง 1	
3. ด้านภาพเคลื่อนไหว						
3.1 ขนาดของภาพที่ใช้เหมาะสม		3	1			3.75
3.2 สีและความชัดเจนของภาพที่ใช้	1	3				4.25
3.3 ความเหมาะสมของภาพที่ใช้ในการสื่อความหมาย	1	3				4.25
3.4 สมดุลในการจัดวางภาพในแต่ละกรอบ	2	2				4.5
3.5 ความเหมาะสมของจำนวนภาพที่ใช้ประกอบเนื้อหา		4				4
4. ด้านเสียง						
4.1 ระดับความดังของเสียงที่ใช้อธิบายเนื้อหาเหมาะสม	2	2				4.5
4.2 ความชัดเจนของเสียงที่อธิบาย	1	3				4.25
4.3 ความถูกต้องของเสียงที่อธิบายตามหลักภาษา	1	3				4.25
5. ด้านปฏิสัมพันธ์ (Interactive)						
5.1 เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ตอบกับบทเรียน		3	1			3.75
5.2 การควบคุมบทเรียนทำได้ง่ายและสะดวก		3	1			3.75
5.3 ความเหมาะสมของการเชื่อมโยงเนื้อหา	2		2			4
5.4 รูปแบบการโต้ตอบกับบทเรียนเป็นมาตรฐานเดียวกัน		4				4
6. ด้านอื่นๆ						
6.1 การออกแบบจอภาพแต่ละกรอบเป็นมาตรฐานเดียวกัน	2	2				4.5

ด้านการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					รวม
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับปรุง	
	5	4	3	2	1	
6.2 การออกแบบจอภาพน่าสนใจและดึงดูดความสนใจ		3	1			3.75
6.3 ความเหมาะสมของการผสมผสานสื่อประเภทข้อความ ภาพนิ่ง และเสียงในบทเรียน		4				4

ผนวก ช

แบบประเมินความพึงพอใจ

**แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม
ที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง RST**

กรุณาดอบแบบประเมินนี้เพื่อเป็นข้อมูลในการประเมินผลและปรับปรุงการฝึกอบรมในครั้งต่อไป
โปรดทำเครื่องหมาย / หรือเขียนข้อความลงในช่องที่กำหนดให้ตามความคิดเห็นของท่าน

1. ท่านมีความรู้หรือประสบการณ์เกี่ยวกับ Reflow Soldering Technology อย่างไรบ้าง
 - () เคยศึกษาเกี่ยวกับ Reflow Soldering Technology
 - () ไม่เคยมีความรู้หรือประสบการณ์ด้านนี้มาก่อน
 - () อื่นๆ (โปรดระบุ).....

2. ก่อนเข้ารับการฝึกอบรมในครั้งนี้ ท่านคาดหวังว่าจะได้รับประโยชน์จากการอบรมอย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

3. หลังจากการอบรมครั้งนี้ท่านได้รับความรู้ความเข้าใจและประสบการณ์ในเรื่องต่อไปนี้เพียงใด

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. ความหมายของ Reflow Profile					
2. ลักษณะของ Reflow Profile					
3. Spec ของ Reflow Profile ที่ใช้ในโรงงาน Calcomp Electronic เพชรบุรี					
4. สาเหตุของปัญหาต่างๆ ในกระบวนการผลิต ที่เกิดจาก Reflow profile					
5. การปรับ Reflow profile เพื่อแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต					

4. การอบรมครั้งนี้มีความเหมาะสมในเรื่องต่างๆ อย่างไรบ้าง

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ใช้ในการฝึกอบรมมีความเหมาะสม					
2. ระยะเวลาและเนื้อหาในคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ใช้ในการฝึกอบรมมีความเหมาะสม					
3. การฝึกอบรมโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนช่วยเพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจของท่าน					
4. ท่านสามารถนำความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับไปใช้ได้					
5. ความพึงพอใจในการฝึกอบรมโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน					

ผนวก ช

คะแนนกำลังสองของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คะแนนกำลังสองของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ลำดับที่	คะแนนรวม			คะแนนความแตกต่าง ของแบบทดสอบ ก่อนและหลังเรียน	คะแนน กำลังสอง
	แบบทดสอบ ก่อนเรียน	แบบฝึกหัด ระหว่างเรียน	แบบทดสอบ หลังเรียน		
1	12	20	31	19	361
2	16	16	31	15	225
3	14	17	27	13	169
4	16	17	29	13	169
5	12	18	35	23	529
6	12	20	29	17	289
7	10	20	29	19	361
8	10	16	33	23	529
9	10	15	26	16	256
10	9	18	28	19	361
11	12	19	29	17	289
12	10	19	29	19	361
13	20	16	31	11	121
14	19	17	30	11	121
15	19	17	28	9	81
16	18	18	31	13	169
17	12	20	26	14	196
18	17	15	30	13	169
19	17	18	31	14	196
20	15	19	35	20	400
21	16	15	32	16	256
22	13	20	28	15	225
23	13	19	30	17	289
24	14	18	29	15	225
25	9	17	30	21	441
26	17	18	30	13	169
27	13	20	27	14	196

ลำดับที่	คะแนนรวม			คะแนนความแตกต่าง ของแบบทดสอบ ก่อนและหลังเรียน	คะแนน กำลังสอง
	แบบทดสอบ ก่อนเรียน	แบบฝึกหัด ระหว่างเรียน	แบบทดสอบ หลังเรียน		
28	15	15	29	14	196
29	10	18	26	16	256
30	18	15	30	12	144
รวม	418	530	889	471	7749

ผนวก ฅ

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบทดสอบ

1.1 หาความยาก (Difficulty) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination Power) ของแบบทดสอบ (เยาวดี วิบูลย์ศรี, 2545 : 152-154)

$$P = \frac{Rh + RI}{Nh + NI}$$

$$r = \frac{Rh - RI}{Nh + NI}$$

โดยที่ P = ค่าความยาก

r = ค่าอำนาจจำแนก

Rh = จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

RI = จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

Nh = จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มสูง

NI = จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มต่ำ

1.2 หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบโดยใช้สูตร คูเดอร์ริชาร์ดสัน สูตร KR20 (Kuderson Richardson Formula 20) (ล้วน และ อังคณา สายยศ, 2538 : 197-198)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left\{ 1 - \frac{\bar{X}^2 - (n - \bar{X}^2)}{S_t^2} \right\}$$

โดยที่ r_{tt} = ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

n = จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบ

$\bar{X}$ = คะแนนเฉลี่ย

S_t^2 = ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

1.3 หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับข้อสอบโดยใช้สูตร (ล้วน และ อังคณา สายยศ, 2538 : 247-249)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

โดยที่ IOC = ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับข้อสอบ

$\sum R$ = ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N = จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2. สถิติที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ผู้วิจัยกำหนดขั้นตอนในการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยมีลำดับขั้นตอน ดังนี้

2.1 หาค่าประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต, 2528 : 294-295)

$$\text{สูตร } E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} \times 100$$

$$\text{สูตร } E_2 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} \times 100$$

โดยที่ E_1 = ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบฝึกหัดหรือการทำใบงาน

E_2 = ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบภาคทฤษฎีหรือการทำแบบทดสอบภาคปฏิบัติ

$\sum X$ = คะแนนรวมของนักเรียนจากการทำแบบฝึกหัด หรือใบงาน

$\sum F$ = คะแนนรวมของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบภาคทฤษฎีหรือจากการทำแบบทดสอบภาคปฏิบัติ

B = คะแนนเต็มของแบบทดสอบภาคทฤษฎีหรือแบบทดสอบภาคปฏิบัติ

N = จำนวนนักเรียนที่เข้าเรียนทั้งหมด

A = คะแนนเต็มของแบบฝึกหัด หรือใบงาน

2.2 หาค่าคะแนนเฉลี่ยของข้อมูล (ล้วน และ อังคณา สายยศ, 2538 : 206)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

โดยที่ $\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

N = จำนวนข้อมูล

X = คะแนนแต่ละจำนวน

2.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$SD = \sqrt{\frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}}$$

โดยที่ SD = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

n = จำนวนนักศึกษาในกลุ่มตัวอย่าง

$\sum X$ = ผลรวมของคะแนนในกลุ่มทั้งหมด

$\sum X^2$ = ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวกำลังสอง

2.4 ค่าความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยระหว่างการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

โดยใช้ t-test แบบ dependent (ล้วน สายยศ, 2536 : 87)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N \sum D^2 - (\sum D)^2}{N - 1}}}$$

โดยที่ D = ผลความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของแต่ละคน

N = จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง