

โลหะบัดกรี

ประพิศ ประคุณหงส์สิต

วาสนา กงสุข

ลโลหะบัดกรี หมายถึง โลหะผสมที่มีจุดหลอมละลายต่ำ ใช้เป็นตัวเชื่อมประสานชิ้นงานโลหะเข้าด้วยกัน โดยทั่วไปอุณหภูมิหลอมละลายของตัวเชื่อมประสานนี้มักจะต่ำกว่าอุณหภูมิหลอมละลายของชิ้นงานที่เราต้องการจะเชื่อมต่อกันเสมอ และโลหะบัดกรีนี้น่าหน้าที่เป็นตัวเชื่อมประสานเท่านั้น แต่ไม่ทำปฏิกิริยากับโลหะที่ถูกเชื่อมโลหะบัดกรีที่ใช้กันแพร่หลายโดยทั่วไปคือโลหะผสมของตะกั่วและดีบุก ดังนั้นผู้ใช้และผู้ขายจึงมักเรียกโลหะบัดกรีว่า “ตะกั่วบัดกรี” ทั้งๆที่โลหะบัดกรีบางชนิดไม่มีส่วนประกอบของตะกั่วและดีบุกผสมอยู่เลย

ตะกั่วบัดกรีบางชนิดผสมพลวง บิสมัทและเงินลงไป เพื่อเพิ่มคุณสมบัติของตะกั่วบัดกรีตามความต้องการของการใช้งาน เช่น ผสมพลวงลงไปเป็นปริมาณน้อยกว่าร้อยละ 2 จะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของรอยต่อในการบัดกรีมากขึ้น บิสมัทที่เจือลงไปช่วยให้อุณหภูมิหลอมเหลวสูงขึ้น ดังนั้นถ้าผสมบิสมัทและเงินลงในตะกั่วบัดกรีในอัตราที่เหมาะสมกับการใช้งานนั้นๆก็จะช่วยในการเคลื่อนผิวด้วยดีบุก และการไหลตัวของตะกั่วดีขึ้น

การบัดกรี คือ การประสานโลหะสองชิ้นเข้าด้วยกันซึ่งโลหะทั้งสองชิ้นนี้อาจเป็นชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันก็ได้ โดยใช้โลหะบัดกรีที่มีอุณหภูมิหลอมละลายต่ำ เป็นตัวประสานอุณหภูมิหลอมละลายของตัวประสานนี้ต้องต่ำกว่าโลหะที่เป็นชิ้นงาน ซึ่งต้องการเชื่อมประสาน โดยทั่วไปจะมีอุณหภูมิหลอมละลายไม่เกิน 450 องศาเซลเซียส หลักการประสานโดยการบัดกรี คือ การทำให้ผิวของชิ้นงานที่จะบัดกรีสะอาดทำให้เกิดประสานกันอย่างสมบูรณ์ และใช้ฟลักซ์ ช่วยขจัดผิวออกไซด์ที่จุดเชื่อมต่อทำให้ชิ้นงานสะอาดขึ้นในขณะบัดกรี ซึ่งฟลักซ์ที่ใช้ควรเป็นสารเคมีบริสุทธิ์ เช่น กรดบอริก เกลือโซเดียมไซยาไนด์ อัลคาไลน์ ไบฟลูออไรด์ เป็นต้น ทำให้โลหะบัดกรีซึ่งถูกหลอมเหลวด้วยความร้อนสามารถยึดเกาะผิวโลหะ การยึดเกาะระหว่างชิ้นงานกับโลหะบัดกรีเกิดการหดตัวของโมเลกุลของโลหะบัดกรีจะทำให้การยึดติดกับโมเลกุลของชิ้นงานเหนียวแน่นยิ่งขึ้น

งานบัดกรีที่ใช้โลหะผสมของตะกั่วและดีบุกเป็นหลักมีหลายชนิด เช่น งานบัดกรีอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ งานท่อ งานซ่อมตัวถังรถยนต์ แผ่นเหล็กชนิดต่างๆ อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในบ้าน เช่น รางน้ำ ถังน้ำ ข้อต่อต่างๆ และ สังกะสี เป็นต้น รอยต่อของชิ้นงานที่เกิดจากการบัดกรีจะมีคุณสมบัติเป็นสื่อนำความร้อนที่ดี แต่อย่างไรก็ตามรอยประสานของโลหะบัดกรีนี้นี้จะมีความแข็งแรงน้อยกว่าความแข็งแรงของชิ้นงาน และถ้า

ต้องการให้รอยบัดกรีมีคุณสมบัติดีขึ้น ควรบัดกรีด้วยอุณหภูมิที่ต่ำที่สุดเท่าที่สามารถทำได้

ในการทำงานที่เกี่ยวข้องกับโลหะบัดกรีนั้น ต้องระมัดระวังและคำนึงถึงความปลอดภัยให้มาก เนื่องจากไอตะกั่วจะระเหยออกมาขณะบัดกรีหรือเชื่อมประสานตลอดเวลา ดังนั้นผู้ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับทุกคนจึงควรมีอุปกรณ์ป้องกันการสูดดมและสัมผัส เพราะไอตะกั่วที่เกิดขึ้นขณะบัดกรีเป็นอันตรายต่อระบบประสาท ระบบทางเดินอาหาร ระบบหายใจ และสามารถทำลายระบบสมอง ซึ่งควบคุมอวัยวะต่างๆ ภายนอกในร่างกายได้ นอกจากไอตะกั่วแล้วยังมีธาตุบางตัวที่เป็นส่วนประกอบในโลหะบัดกรี ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณน้อย แต่ก็อันตรายเช่นเดียวกัน ถ้าสูดเข้าสู่ระบบหายใจเป็นเวลานานๆ เช่น ไอของพลวง สารหนู และแคดเมียม เป็นต้น

โลหะบัดกรีที่มีดีบุกเป็นส่วนประกอบมีหลายชนิด แต่ละชนิดจะมีปริมาณร้อยละของดีบุก แตกต่างกัน โดยมีปริมาณตะกั่วเป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนี้จะมีธาตุอื่นๆ ผสมอยู่เล็กน้อย เพื่อเพิ่มคุณสมบัติในการใช้งานให้เหมาะสม เช่น พลวง เงิน ทองแดง อินเดียม แคดเมียม อะลูมิเนียม บิสมัท สารหนู เหล็ก สังกะสี และนิกเกิล เป็นต้น โลหะบัดกรีชนิดต่างๆ แบ่งตามปริมาณร้อยละของดีบุกเป็นส่วนใหญ่ ดังนี้

1. ดีบุก 96 โลหะบัดกรีชนิดนี้ใช้สำหรับงานบัดกรีที่มีจุดมุ่งหมายพิเศษ รอยต่อของการบัดกรีจะแข็งแรงกว่าการบัดกรีด้วยโลหะบัดกรีที่มีปริมาณตะกั่วสูง ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากคุณสมบัติที่ไม่เป็นพิษและเมื่อใช้บัดกรีเหล็กกล้าไร้สนิม จะทำให้ รอยต่อของการบัดกรีเรียบและมีสีเหมือนกับชิ้นงานนั้น

2. ดีบุก 95 ดีบุก 94 และดีบุกประเภท E โลหะบัดกรีเหล่านี้ใช้บัดกรีอุปกรณ์ทางการแพทย์ เครื่องประดับมีค่าต่างๆ เชื่อมท่อทองแดง และท่ออื่นๆ ที่ใช้สำหรับต้มน้ำ และใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร และรอยต่อที่เกิดจากการบัดกรีของโลหะบัดกรีชนิดนี้มีความต้านทานต่อความร้อนสูงได้

3. ดีบุก 70 โลหะบัดกรีชนิดนี้ใช้กับงานที่ต้องการปริมาณดีบุกสูงเป็นพิเศษ และใช้ในการบัดกรีสังกะสี และเคลือบผิวของโลหะ

4. ดีบุก 63 โลหะบัดกรีชนิดนี้ เป็นโลหะเจือของตะกั่วและดีบุกที่มีอุณหภูมิหลอมเหลวต่ำที่สุดเรียกว่า ยูเทคติก อัลลอย (eutectic alloy) ใช้ในการเชื่อมแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งต้องควบคุมอุณหภูมิในการเชื่อมให้ช่วงอุณหภูมิที่หลอมเหลวต่ำที่สุด

5. ดีบุก 62 โลหะบัดกรีชนิดนี้ใช้งานเพื่อจุดมุ่งหมายพิเศษสำหรับบัดกรีชิ้นงานที่เคลือบด้วยเงิน
6. ดีบุก 60 โลหะบัดกรีชนิดนี้ใช้งานเช่นเดียวกับโลหะบัดกรีชนิด ดีบุก 63 และใช้ในการบัดกรีอุปกรณ์ไฟฟ้า เชื่อมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และใช้ในการเคลือบผิวโลหะ
7. ดีบุก 50 โลหะบัดกรีชนิดนี้ ใช้สำหรับบัดกรีอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วๆ ไป ที่ไม่ต้องการคุณสมบัติพิเศษมากนัก ใช้ในการบัดกรีเหล็กไร้สนิมแต่สีของการบัดกรีจะไม่เหมือนกับเหล็กไร้สนิมทำให้รอยบัดกรีไม่สวย ใช้เชื่อมรอยต่อแผ่นโลหะ ท่อและชิ้นงานที่มีรูปทรงต่าง ๆ
8. ดีบุก 45 โลหะบัดกรีชนิดนี้ใช้งานทั่วๆ ไป เช่นเดียวกับโลหะบัดกรีชนิด ดีบุก 50 ซึ่งใช้ในการบัดกรีอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วๆ ไป
9. ดีบุก 40A โลหะบัดกรีชนิดนี้ใช้เช่นเดียวกับโลหะบัดกรีชนิด ดีบุก 50 แต่ไม่ใช้กับงานเชื่อมแบบสวิตติง (sweating) หรือแบบบิต (bit) ส่วนมากจะใช้กับงานเชื่อมแบบจุ่มร้อน (dip soldering) หรือถูร้อน (wip soldering) สำหรับเชื่อมรอยต่อของท่อตะกั่ว และที่หุ้มสายโทรเลข
10. ดีบุก 40B โลหะบัดกรีชนิดนี้ใช้งานเช่นเดียวกับโลหะบัดกรีชนิด ดีบุก 40A แต่ไม่แนะนำให้ใช้กับการบัดกรีเหล็กชุบสังกะสี และสังกะสี เนื่องจากรอยต่อจะไม่แข็งแรงมากนัก
11. ดีบุก 35A โลหะบัดกรีชนิดนี้ใช้มากในงานเชื่อมท่อประปา
12. ดีบุก 35B โลหะบัดกรีชนิดนี้ใช้ทั่วไปในการเชื่อมท่อประปาและการที่มีปริมาณพลวงสูงนั่นเองทำให้การเชื่อมแบบถูร้อน (wiping solder) ให้ความแข็งแรงมากกว่า และรอยต่อของการเชื่อมจะเรียบมากกว่า
13. ดีบุก 30A โลหะบัดกรีชนิดนี้ใช้สำหรับเชื่อมตัวถังรถยนต์ และกำจัดขบวนการความร้อนที่เกิดขึ้นที่อุณหภูมิ 370-480 องศาเซลเซียส ในขณะที่บัดกรี
14. ดีบุก 30B โลหะบัดกรีชนิดนี้ใช้สำหรับอุดรูอุปกรณ์และตะเข็บรอยต่อของตัวถังรถยนต์
15. ดีบุก 25A และดีบุก 25B โลหะบัดกรีทั้งสองชนิดนี้ใช้งานเช่นเดียวกับโลหะบัดกรีชนิด ดีบุก 30
16. ดีบุก 20A โลหะบัดกรีชนิดนี้ใช้มากในงานบัดกรีตัวถังรถยนต์
17. ดีบุก 20B โลหะบัดกรีชนิดนี้ใช้สำหรับอุดรูและเชื่อมรอยต่อตะเข็บของตัวถังรถยนต์ และใช้งานทั่วไป สำหรับเคลือบป้องกันแผ่นเหล็กที่ไม่ต้องการปริมาณดีบุกสูงนัก
18. ดีบุก 15 โลหะบัดกรีชนิดนี้ใช้สำหรับเคลือบและเชื่อมโลหะต่าง ๆ
19. ดีบุก 10A โลหะบัดกรีชนิดนี้ใช้ในการเชื่อมและเคลือบโลหะซึ่งจุดที่เชื่อมนี้สามารถทนต่ออุณหภูมิสูงกว่า 204 องศาเซลเซียส
20. ดีบุก 10B โลหะบัดกรีชนิดนี้ใช้งานเช่นเดียวกับโลหะบัดกรีชนิด ดีบุก 10A เมื่อบัดกรีชิ้นงานที่ผิวเคลือบด้วยเงินจะทำให้ปริมาณเงินบนผิวเคลือบนั้นลดลง และใช้ในการบัดกรีรอยต่อซึ่งต้องใช้งานที่อุณหภูมิสูงของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ชิ้นเล็ก ๆ ที่เชื่อมกับเครื่องจักรกลที่เคลื่อนที่ได้ (Automotive Electronics)

21. ดีบุก 5 โลหะบัดกรีชนิดนี้ใช้สำหรับเคลือบและเชื่อมโลหะซึ่งจุดที่เชื่อมนี้สามารถทนต่ออุณหภูมิสูงกว่า 246 องศาเซลเซียส แต่ความสามารถในการไหลไม่ดีเท่ากับโลหะบัดกรีชนิด ดีบุก 10A

22. ดีบุก 2 โลหะบัดกรีชนิดนี้ใช้งานเกี่ยวกับการบัดกรีรังผึ้งหม้อน้ำรถยนต์

23. พลวง 5 โลหะบัดกรีชนิดนี้ใช้สำหรับเชื่อมอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องการความแข็งแรง และใช้งานที่อุณหภูมิสูงถึง 240 องศาเซลเซียส เช่น การบัดกรีขดความเย็นที่เป็นรอยต่อระหว่างทองแดงกับเหล็กหล่อ ท่อทองแดงในแผงพลังงานแสงอาทิตย์ งานประปา และเชื่อมชิ้นส่วนของตู้เย็น

24. เงิน 1.5 โลหะบัดกรีชนิดนี้ใช้บัดกรีทองแดง ทองเหลือง และรอยต่อของการเชื่อมจะมีอายุการใช้งานที่นานกว่าถึงแม้จะใช้งานในที่ ๆ มีความชื้น ผิวที่บัดกรีจะไม่หมองคล้ำ

25. เงิน 2.5 โลหะบัดกรีชนิดนี้ใช้งานเช่นเดียวกับโลหะบัดกรีชนิด เงิน 1.5 โดยใช้วิธีให้ความร้อนแบบหัวเผาไฟ (Torch Heating) และต้องใช้ฟลักซ์ที่มีสังกะสีคลอไรด์ เป็นส่วนประกอบซึ่งจะทำให้รอยต่อเรียบบนผิวที่ไม่มีดีบุก ถ้าใช้โรซินฟลักซ์จะทำให้รอยต่อในการเชื่อมไม่เรียบ โลหะบัดกรีชนิดนี้ทำปฏิกิริยาได้ง่ายในบรรยากาศที่ชื้น

26. เงิน 5.5 โลหะบัดกรีชนิดนี้ใช้บัดกรีทองเหลืองหรือทองแดงที่ผ่านการดึงแข็งมาแล้ว อุณหภูมิในการบัดกรีไม่ควรสูงกว่า 454 องศาเซลเซียส และสามารถประยุกต์ใช้งานกับเทอร์โมคอบเปิล ในเครื่องยนต์ของเครื่องบินที่อุณหภูมิสูงโดยไม่มีผลต่อความแข็งแรงของบัดกรีนี้ แต่มีข้อควรระวังเช่นเดียวกับโลหะบัดกรีชนิด เงิน 2.5

27. HA - A โลหะบัดกรีชนิดนี้เป็นชนิดที่ไม่มีตะกั่ว ใช้สำหรับเชื่อมท่อทองแดงที่ใช้ในงานประปา มีจุดหลอมตัวต่ำกว่าโลหะบัดกรีชนิดพลวง 5 แต่สามารถใช้งานได้ในการเชื่อมอุดรอยต่อขนาดใหญ่

28. HB - A โลหะบัดกรีชนิดนี้เป็นชนิดที่ไม่มีตะกั่ว ใช้สำหรับเชื่อมท่อทองแดงที่ใช้ในงานประปาเหมือน HA - A แต่มีช่วงอุณหภูมิหลอมเหลวและไหลกว้างซึ่งมีประโยชน์ในการเชื่อมอุดรอยต่อที่มีขนาดใหญ่ และสามารถใช้งานกับโลหะบัดกรีที่มีจุดหลอมเหลวสูงกว่า

นอกจากโลหะบัดกรีที่มีดีบุกเป็นองค์ประกอบหลักดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ยังมีโลหะบัดกรีที่เจือโลหะอื่น ๆ ลงไปเพื่อเพิ่มคุณสมบัติพิเศษต่างๆ เช่น

โลหะบัดกรีที่มีแคดเมียมร้อยละ 95 และเงินร้อยละ 5 ใช้ในรอยเชื่อมที่ต้องใช้งานกับอุณหภูมิสูงๆ โลหะบัดกรีชนิดนี้มีจุดหลอมเหลวที่ 338 องศาเซลเซียสและจะหลอมละลายหมดที่อุณหภูมิ 393 องศาเซลเซียส

โลหะบัดกรีที่มีแคดเมียมร้อยละ 82.5 และสังกะสีร้อยละ 17.5 เป็นโลหะบัดกรีที่ใช้ในการบัดกรีสังกะสีเจือ โลหะบัดกรีชนิดนี้หลอมละลายหมดที่อุณหภูมิ 264 องศาเซลเซียสโลหะบัดกรีชนิดที่มีอินเดียมร้อยละ 25 ดีบุกร้อยละ 37.5 และตะกั่วร้อยละ 37.5 อุณหภูมิหลอมเหลวที่ 134 องศาเซลเซียสและหลอมละลายหมดที่อุณหภูมิ 181 องศาเซลเซียส ใช้สำหรับบัดกรีงานที่ป้องกันการกัดกร่อนทางธรรมชาติได้

ชิ้นงานโลหะที่บัดกรียากที่สุด คือ อะลูมิเนียม อะลูมิเนียมที่สามารถบัดกรีให้ได้ผลดี คือ อะลูมิเนียมบริสุทธิ์หรืออะลูมิเนียมที่เจือแมกนีเซียมหรือแมงกานีส ซึ่งผสมอยู่ได้ไม่เกิน ร้อยละ 1 โลหะบัดกรีที่ใช้บัดกรีอะลูมิเนียมได้ คือ โลหะบัดกรีซึ่งเป็นโลหะเจือของธาตุต่างๆ ดังนี้

- (1) ดีบุกร้อยละ 60 สังกะสีร้อยละ 37 ทองแดงร้อยละ 3
- (2) ดีบุกร้อยละ 30 สังกะสีร้อยละ 70
- (3) แคดเมียมร้อยละ 40 สังกะสีร้อยละ 60

โลหะบัดกรีเหล่านี้หลอมเหลวและละลายหมดที่อุณหภูมิ 204 - 232 องศาเซลเซียส เพื่อให้การบัดกรีได้ผลดีควรยึดชิ้นงานที่จะบัดกรีให้แน่นจนกว่าชิ้นงานนั้นจะเย็นลงถึงอุณหภูมิห้อง เปลวไฟที่บัดกรีอะลูมิเนียมควรใช้ชนิดคาร์บูไรซิง (Carburizing) ให้ความร้อนชิ้นงานโดยให้โลหะบัดกรีหลอมเหลวจาก ความร้อนของชิ้นงานนั้น ห้ามใช้เปลวไฟหลอมโลหะบัดกรีโดยตรง

สำหรับอุตสาหกรรมที่ต้องการอัตราการผลิตสูงและรวดเร็ว เพื่อประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจ เช่น การบัดกรีแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งต้องบัดกรีไดโอด อาร์ซี และความต้านทานจำนวนมากลงบนแผงวงจรนั้น เพื่อให้สะดวกและรวดเร็ว เมื่อประกอบวงจรเสร็จแล้ว นำแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์นี้จุ่มลงในอ่างโลหะบัดกรีที่หลอมละลาย ซึ่งควบคุมอุณหภูมิอ่างบัดกรีให้อยู่ในช่วง

220-260 องศาเซลเซียส ใช้โลหะบัดกรีที่มีดีบุกเจือปริมาณร้อยละ 60-65 โดยให้โลหะบัดกรีน้สัมผัสเฉพาะด้านล่างของแผงวงจรเท่านั้น

เมื่อตะกั่วบัดกรีถูกความร้อนจะเริ่มอ่อนตัวและหลอมเหลวที่อุณหภูมิหลอมเหลวของตะกั่วบัดกรีชนิดนั้นๆ และจะเริ่มไหลตัวง่ายที่อุณหภูมิไหลตัว (Liquidus) โดยปกติอุณหภูมิไหลตัวจะต่ำกว่าอุณหภูมิหลอมเหลวเล็กน้อย

จะเห็นได้ว่าโลหะบัดกรีซึ่งใช้เป็นตัวเชื่อมประสานชิ้นงานนั้นมีหลายประเภทและมีคุณสมบัติเฉพาะของแต่ละประเภท ซึ่งจะเหมาะในการใช้งานต่างๆ กัน ดังนั้นผู้ที่จะนำโลหะบัดกรีไปใช้งานควรพิจารณาตามความเหมาะสมของงาน จึงจะทำให้ผลการทำงานมีประสิทธิภาพสูงสุด

กองเคมี กรมวิทยาศาสตร์บริการ มีหน่วยงานให้บริการวิเคราะห์ทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของโลหะบัดกรีทุกประเภทซึ่งวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐานต่างประเทศ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ผู้สนใจโปรดติดต่อกองเคมี กรมวิทยาศาสตร์บริการ ได้ในวันและเวลาราชการ

เอกสารอ้างอิง

- American Society for Testing and Materials. Annual Book of ASTM Standards , v.02.04 , B 32-1996. Standard Specification for Solder Metal. West conshohocken : ASTM ,1997.
- The Solder Manufacturers Committee of the Lead Industries Association, Safety in soldering. New York : Lead Industries Association, Inc., 1982, p 1-7.
- The Solder Manufacturers Committee of the Lead Industries Association, Soldering of electronic Prod ucts. New york : The Association , .1979. 16p.
- ประโยชน์ของทองแดง. บรรณสาร กทธ, ตุลาคม - มีนาคม ,2528 - 2529, ฉบับรวมปีที่ 3-4, ฉบับที่ 11-12. หน้า 78-80.
- ประสงค์ ท่วมยิ้ม. หลักการเชื่อมประสาน . กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, 2522. หน้า 180-201.
- ไพบุลย์ ภักทกิจวานิช. วิชาเคมี. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยมหิดล; 2530. หน้า 102 - 111.
- เรื่องการบัดกรี. อิเล็กทรอนิกส์ 79. 2525, ปีที่ 7, เล่มที่ 75, ฉบับที่ 4, หน้า 135-138.
- เรื่องทองแดง. แมคคาณิก, กุมภาพันธ์, 2519, ปีที่ 1, ฉบับที่ 4, หน้า 13-17.
- อีโตชิ คูเมะ. วิธีทางสถิติเพื่อการพัฒนาคุณภาพ แปลโดย วีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์. กรุงเทพฯ: บริษัทแซทไฟร์ พรินติ้ง จำกัด, 2539, หน้า 163-184