

บทที่ 3

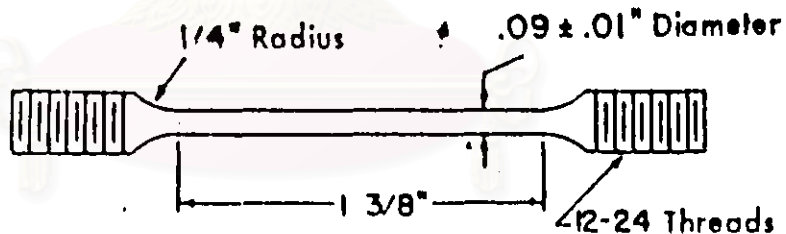
ระเบียบและวิธีการวิจัย

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. การเตรียมตัวอย่าง

ลักษณะของตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบมีขนาดและรูปร่างตามข้อกำหนดที่ 14 สำหรับการทดสอบสมบัติของโลหะผสมโคบอลต์โครเมียม ของสมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา (American Dental Association specification no. 14 for dental chromium-cobalt casting alloy) (Taylor and Sweeney, 1957; ADA, 1974-1975) (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบสมบัติ

การทำเข้าอัดขึ้นตัวอย่าง

กึ่งโลหะให้มีขนาดและรูปร่างตามที่กำหนด นำไปทำเข้าสำหรับอัดอะคริลิกเรซิน โดยเทปลาสเตอร์หินชนิดเวลมิคซ์ (velmix stone, Kerr manufacturing company) ที่ผสมตามอัตราส่วนตามที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด (ผง 100 กรัม: น้ำ 23 มิลลิลิตร) ด้วยเครื่องผสมชนิดสูญญากาศ ชนิดวิปมิกซ์ (Whip Mix combination unit) นาน 60 วินาทีลงในชั้นล่างของภาชนะหล่อแบบพื้นชนิดฮาเนา (Hanau flask) วางโลหะต้นแบบโดยให้ปลาสเตอร์หินชนิดเวลมิคซ์คลุมโลหะต้นแบบที่

ระดับครึ่งหนึ่งของความสูงในแนวอนโดยตลอด รोजนพลาสติกหีนชนิดเวลมิทซ์แข็งตัวเต็มที่ นาน 9 นาที ผสมวัสดุพิมพ์ปากซิลิโคนชนิดปั้นได้ (putty type silicone impression material, Provil™) ให้ส่วนผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน พิมพ์ลงบนโลหะต้นแบบส่วนที่อยู่เหนือพลาสติกหีน ชนิดเวลมิทซ์ รोजนวัสดุพิมพ์ปากแข็งตัวเต็มที่นาน 10 นาที ทาสารช่วยยึด (adhesive) ที่วัสดุพิมพ์ ปากและทาวาสลินเฉพาะที่พลาสติกหีนชนิดเวลมิทซ์ให้ทั่ว จากนั้นเทพลาสติกหีนชนิด เวลมิทซ์ลงในภาชนะหล่อแบบพื้นชั้นบนให้คลุมวัสดุพิมพ์ปากและพลาสติกหีนชนิดเวลมิทซ์ที่ อยู่ในภาชนะหล่อแบบพื้นชั้นล่าง แล้วเทปูนปลาสเตอร์ขาว (Plaster of Paris) ลงในที่ว่างส่วนที่ เหลือจนเต็มภาชนะหล่อแบบพื้นชั้นบน นำไปอัดความดันด้วยเครื่องอัดความดันไฮดรอลิก (flask press model EWL 5414, Kavo™) จนภาชนะหล่อแบบพื้นแนบสนิทด้วยแรง 2,000 กิโลกรัม รोजน พลาสติกหีนชนิดเวลมิทซ์และปูนปลาสเตอร์ขาวในชั้นบนแข็งตัวเต็มที่ แยกภาชนะหล่อแบบพื้น ชั้นบนออกจากชั้นล่าง นำโลหะต้นแบบออกจากเบ้า จะได้เบ้าอัดขึ้นตัวอย่างฝาล้างเป็น พลาสติกหีนชนิดเวลมิทซ์และฝาบनเป็นวัสดุพิมพ์ปากชนิดซิลิโคน (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 เบ้าอัดตัวอย่างและตัวอย่างโลหะต้นแบบ

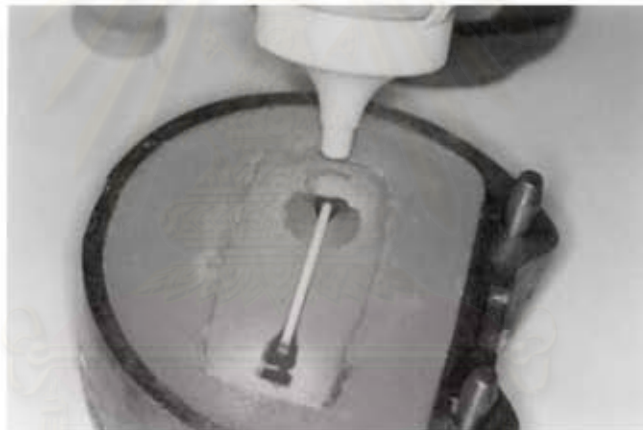
การทำขึ้นตัวอย่างสำหรับเหียงโลหะ

ทาวาสลินให้ทั่วเบ้าอัดขึ้นตัวอย่างทั้ง 2 ฝา วางแท่งพลาสติกสำเร็จรูปทรงกระบอกที่มี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.9 มิลลิเมตรลงบนเบ้าอัดขึ้นตัวอย่างฝาบนที่บริเวณส่วนแกนกลางของ ขึ้นตัวอย่าง ผสมอะคริลิกเรซินสำหรับสร้างแบบชนิดปมด้วยตัวเอง (self cured inlay pattern resin, GC) (รูปที่ 3) โดยการโรยส่วนผสมส่วนเหลือตามวิธีการใช้ที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดลงในบริเวณ ส่วนปลายของขึ้นตัวอย่างทั้งในฝาบนและฝาล้าง ประคบเบ้าอัดขึ้นตัวอย่างเข้าด้วยกัน นำเข้าเครื่อง

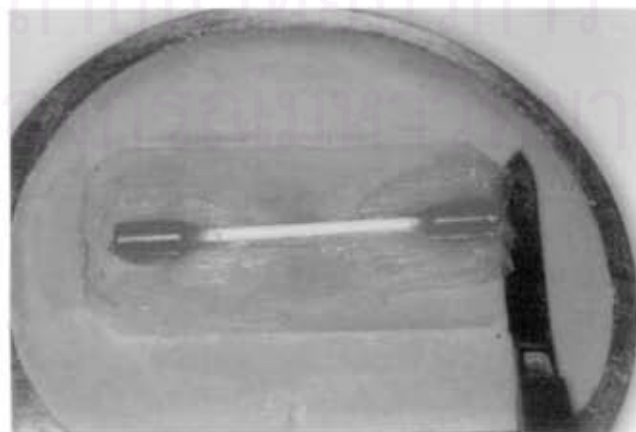
อัดความดันไฮดรอลิก อัดความดันจนเข้าอัดขึ้นตัวอย่างแนบสนิทด้วยแรง 2,000 กก. รอจนอะคริลิกเรซินแข็งตัวเต็มที่นาน 4 นาทีแล้วจึงแยกชิ้นตัวอย่างอะคริลิกออกจากแม่ (รูปที่ 4,5)



รูปที่ 3 อะคริลิกเรซินสำหรับสร้างแบบชนิดปั๊มด้วยตัวเอง

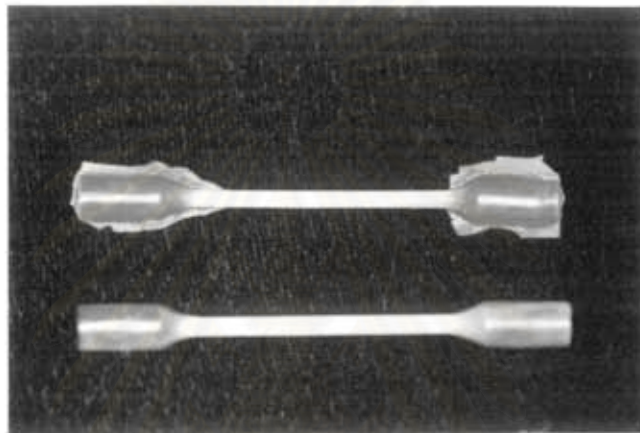


รูปที่ 4 การโรยอะคริลิกเรซินในการทำตัวอย่างอะคริลิก



รูปที่ 5 การแยกตัวอย่างอะคริลิกออกจากแม่

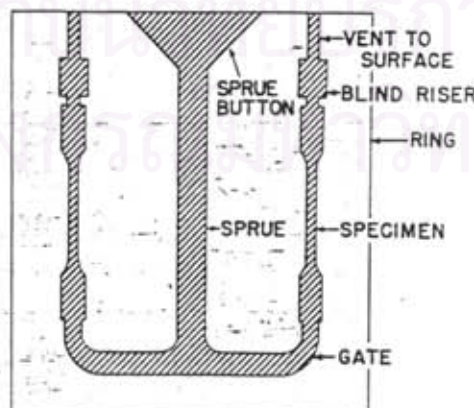
ตัดส่วนเกินของอะคริลิกเรซินที่เป็นครีบบางเฉพาะบริเวณส่วนปลายของชิ้นตัวอย่าง ด้วยหัวกรรหินรูปทรงกระบอกชนิดหยาบ (coarse) และ ชนิดละเอียด (fine mounted cylinder stone) ตามลำดับ โดยพยายามแต่งชิ้นตัวอย่างอะคริลิกให้น้อยที่สุดเท่าที่จำเป็น คัดเลือกชิ้นตัวอย่างเฉพาะที่อัดได้เต็ม ไม่มีรูพรุน ไม่มีฟองอากาศที่สังเกตเห็นได้ภายนอก และได้ขนาดตามต้องการเมื่อวัดด้วยก้านวัดอย่างละเอียด (micrometer caliper, Mitutoyo) ทำตัวอย่างอะคริลิกทั้งหมด 240 ชิ้น (รูปที่ 6)



รูปที่ 6 ตัวอย่างอะคริลิกก่อนและหลังขัดแต่ง

ขั้นตอนก่อนเหวี่ยงโลหะชิ้นตัวอย่าง

นำชิ้นตัวอย่างอะคริลิกจำนวน 3 ชิ้น ยึดเข้ากับซี่ผึ้งแกนค้ำรูเท (sprue wax pattern) ขนาด 6, และ 12 และ แบบสร้างแอ่งเท (crucible former) ตามรูปแบบในข้อกำหนดที่ 14 ของสมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา (รูปที่ 7) มีลักษณะดังรูปที่ 8



รูปที่ 7 รูปแบบการยึดตัวอย่างอะคริลิกเข้ากับซี่ผึ้งแกนค้ำรูเท



รูปที่ 8 ตัวอย่างอะคริลิกยึดเข้ากับซีมี้งแกนค้ำรูเทและแบบสร้างแอ่งเท

บุด้านในวงแหวนสำหรับหล่อ (casting ring) โดยรอบด้วยแผ่นบุ (non-asbestos ring liner, Shofu) ที่เปียกน้ำ โดยให้ด้านที่ติดกับแบบสร้างแอ่งเทสั้นกว่าขอบวงแหวน 5 มิลลิเมตร สวมวงแหวนสำหรับหล่อลงบนแบบสร้างแอ่งเท วางกระสวนซีมี้งให้ตำแหน่งบนสุดอยู่ต่ำกว่าขอบวงแหวน 5 มิลลิเมตรโดยตลอด

พ่นสารเพิ่มความเปียก (wetting agent) บางๆ ให้ทั่วกระสวนซีมี้งและเป่าลมให้แห้ง ผสมวัสดุทำเบ้าชนิดฟอสเฟตบอนด์ (phosphate bond investment; Biosint-supra) ตามอัตราส่วน และเวลาที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดด้วยเครื่องผสมสุญญากาศ เทลงในชั้นตัวอย่างอะคริลิกให้ท่วม โดยวางบนเครื่องสั่น (vibrator) จนเต็มขอบบนของแผ่นบุรอบวงแหวนหล่อเบ้า ทิ้งไว้จนแข็งตัวเต็มที่ 1 ชั่วโมง

เผาไล่อะคริลิกเรซินโดยวางเบ้าหล่อโลหะในเตาเผา (preheating furnace EWL 5636, Kavo) (รูปที่ 9) ตั้งอุณหภูมิให้สูงขึ้นในอัตรา 5 องศาเซลเซียส/นาที โดยเริ่มต้นจากอุณหภูมิห้อง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึง 300 องศาเซลเซียส คงอุณหภูมินี้ไว้ 60 นาที จากนั้นปล่อยให้อุณหภูมิสูงขึ้นจนกระทั่งถึงอุณหภูมิ 1050 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมินี้ไว้ 60 นาที ก่อนเหวี่ยงโลหะ



รูปที่ 9 เตามาเผา (preheating furnace)

การเหวี่ยงโลหะ

จำนวนตัวอย่างเป็นไปตามข้อกำหนดที่ 14 สำหรับการสอบกลสมบัติของโลหะผสมโคบอลต์โครเมียม ของสมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา (American Dental Association specification no. 14 for dental chromium-cobalt casting alloy) (Taylor and Sweeney, 1957; ADA, 1974-1975) ซึ่งต้องการจำนวนตัวอย่างโลหะทั้งหมดมากที่สุด 240 ชิ้น แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มกลุ่มละ 10 รุ่น รุ่นละ 6 ตัวอย่าง ดังนี้

การเหวี่ยงโลหะรุ่นที่ 1

กลุ่มที่ 1 ใช้โลหะเก่าจากกลุ่มควบคุมปริมาณร้อยละ 100 (จำนวน 40 กรัม) สำหรับเหวี่ยงตัวอย่าง 1 เบ้าจำนวน 3 ชิ้น เหวี่ยงโลหะทั้งหมด 6 ชิ้น

กลุ่มที่ 2 ใช้โลหะเก่าจากกลุ่มควบคุมปริมาณร้อยละ 75 (จำนวน 30 กรัม) ผสมกับโลหะใหม่ปริมาณร้อยละ 25 (จำนวน 10 กรัม) สำหรับเหวี่ยงตัวอย่าง 1 เบ้าจำนวน 3 ชิ้น เหวี่ยงโลหะทั้งหมด 6 ชิ้น .

กลุ่มที่ 3 ใช้โลหะเก่าจากกลุ่มควบคุมปริมาณร้อยละ 50 (จำนวน 20 กรัม) ผสมกับโลหะใหม่ปริมาณร้อยละ 50 (จำนวน 20 กรัม) สำหรับเหวี่ยงตัวอย่าง 1 เบ้าจำนวน 3 ชิ้น เหวี่ยงโลหะทั้งหมด 6 ชิ้น

กลุ่มที่ 4 ใช้โลหะเก่าจากกลุ่มเดียวกันในรุ่นที่ 2 ปริมาณร้อยละ 25 (จำนวน 10 กรัม) ผสมกับโลหะใหม่ปริมาณร้อยละ 75 (จำนวน 30 กรัม) สำหรับเหรียญตัวอย่าง 1 เบ้าจำนวน 3 ชิ้น เหรียญโลหะทั้งหมด 6 ชิ้น

การเหรียญโลหะรุ่นที่ 4

กลุ่มที่ 1 ใช้โลหะเก่าจากกลุ่มเดียวกันในรุ่นที่ 3 ปริมาณร้อยละ 100 (จำนวน 40 กรัม) สำหรับเหรียญตัวอย่าง 1 เบ้าจำนวน 3 ชิ้น เหรียญโลหะทั้งหมด 6 ชิ้น

กลุ่มที่ 2 ใช้โลหะเก่าจากกลุ่มเดียวกันในรุ่นที่ 3 ปริมาณร้อยละ 75 (จำนวน 30 กรัม) ผสมกับโลหะใหม่ปริมาณร้อยละ 25 (จำนวน 10 กรัม) สำหรับเหรียญตัวอย่าง 1 เบ้าจำนวน 3 ชิ้น เหรียญโลหะทั้งหมด 6 ชิ้น

กลุ่มที่ 3 ใช้โลหะเก่าจากกลุ่มเดียวกันในรุ่นที่ 3 ปริมาณร้อยละ 50 (จำนวน 20 กรัม) ผสมกับโลหะใหม่ปริมาณร้อยละ 50 (จำนวน 20 กรัม) สำหรับเหรียญตัวอย่าง 1 เบ้าจำนวน 3 ชิ้น เหรียญโลหะทั้งหมด 6 ชิ้น

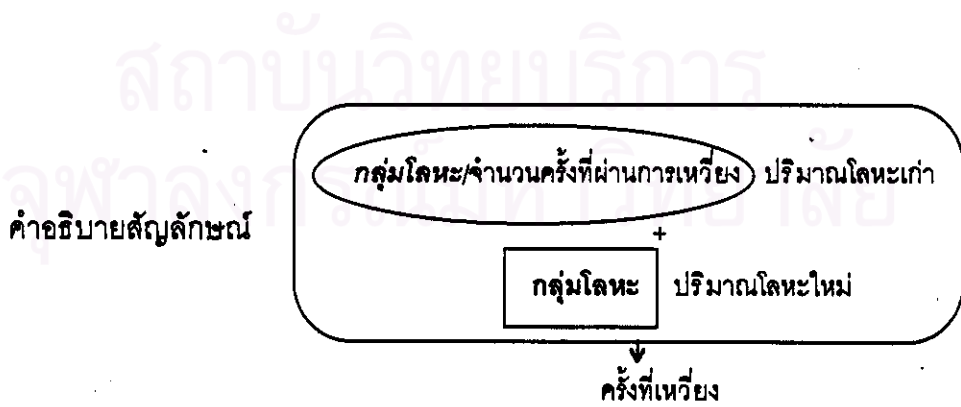
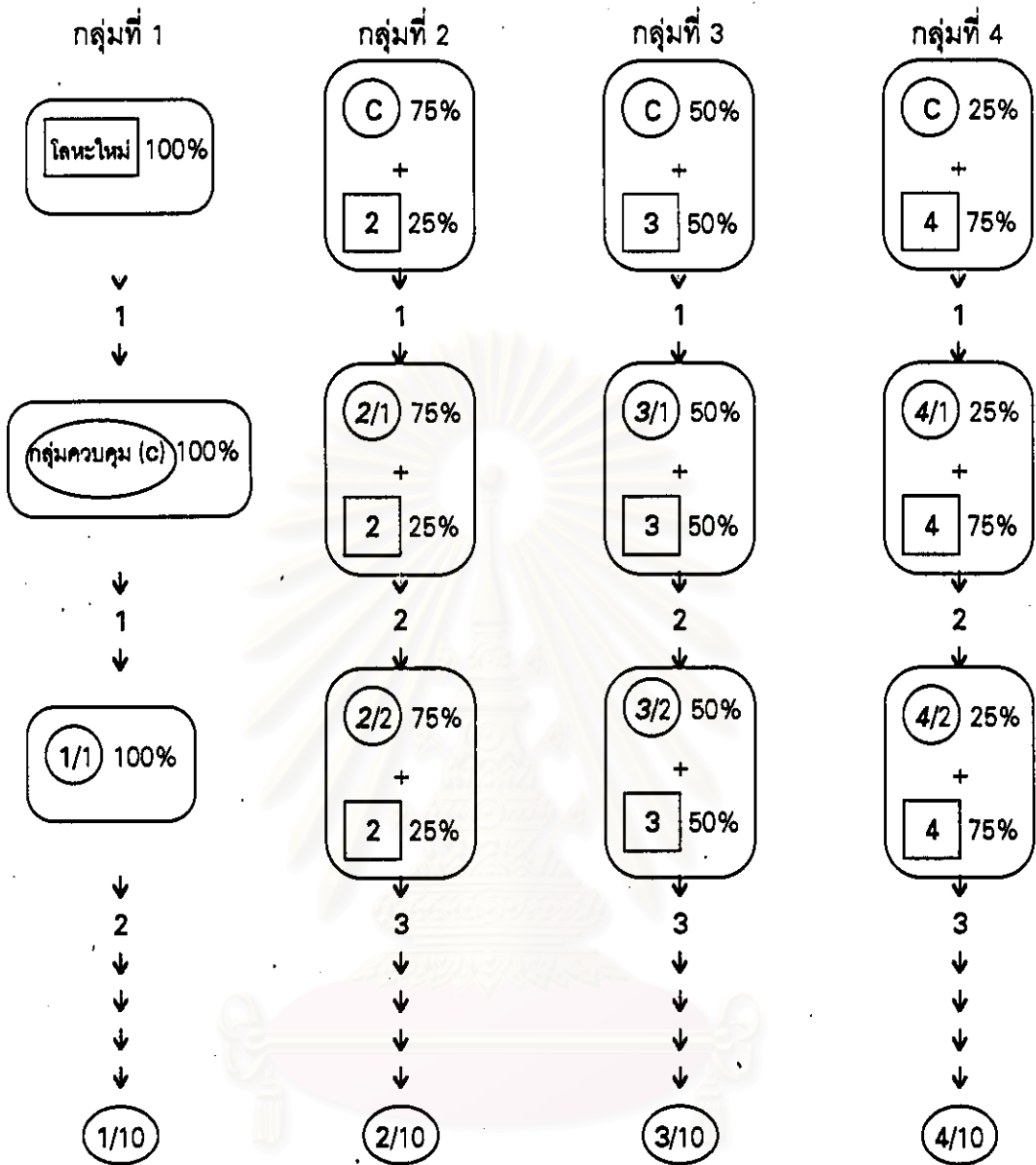
กลุ่มที่ 4 ใช้โลหะเก่าจากกลุ่มเดียวกันในรุ่นที่ 3 ปริมาณร้อยละ 25 (จำนวน 10 กรัม) ผสมกับโลหะใหม่ปริมาณร้อยละ 75 (จำนวน 30 กรัม) สำหรับเหรียญตัวอย่าง 1 เบ้าจำนวน 3 ชิ้น เหรียญโลหะทั้งหมด 6 ชิ้น

การเหรียญโลหะรุ่นที่ 5-10

ทำในลักษณะเช่นเดียวกับการเหรียญในรุ่นที่ 2, 3 และ 4 โดยในกลุ่มที่ 2,3 และ 4 ใช้โลหะเก่าจากกลุ่มเดียวกันในรุ่นก่อนหน้าเป็นส่วนผสม

วิธีการเหรียญโลหะโดยสรุป แสดงดังในรูปที่ 10

สงวนลิขสิทธิ์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 10 ลำดับขั้นตอนการเหวี่ยงโหนดในกลุ่มและรุ่นต่างๆ

เลือกใช้โลหะผสมโคบอลต์โครเมียมไบโอซิล-เฮซ (Biosil-H; Degussa) ตามปริมาณและอัตราส่วนผสมในแต่ละกลุ่มและแต่ละรุ่นของกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการ หลอมในเบ้าหลอมชนิดเซรามิก (ceramic casting crucible) โดยตั้งค่าอุณหภูมิที่ใช้หลอมโลหะตามที่บริษัทกำหนด (1500 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 15 วินาที สังเกตก่อนโลหะผสมหลอมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันโดยมีชั้นออกไซด์คลุมด้านบนในลักษณะที่ไม่แยกตัวออกจากกัน หลอมต่ออีก 3 วินาที แล้วจึงกดปุ่มเดินเครื่องเหวี่ยงชนิดที่อาศัยแรงหนีศูนย์กลางขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า (Degutron HF casting unit, Degussa) เหวี่ยงโลหะนาน 30 วินาที (รูปที่ 11)



รูปที่ 11 เครื่องเหวี่ยงโลหะชนิดที่อาศัยแรงหนีศูนย์กลางขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า

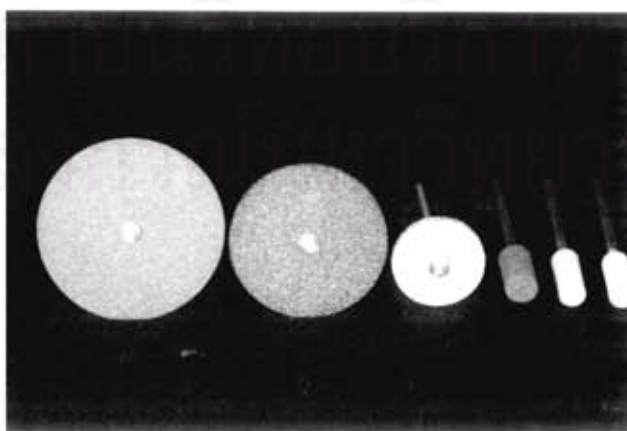
หลังจากนั้นปล่อยให้เย็นตัวลงตามอุณหภูมิห้อง 20 นาที นำไปแช่น้ำให้วัสดุหล่อเย็นอ่อนตัวแล้วแยกโลหะออกด้วยคีมตัดปูน ทำความสะอาดโลหะเหวี่ยงด้วยแปรงสีฟันและล้างน้ำเปล่า (รูปที่ 12) นำไปเข้าเครื่องเป่าทราย (sandblaster, EWL 5417, Kavo) (รูปที่ 13) เพื่อทำความสะอาดอีกครั้งด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาดอนุภาค 110 ไมครอน (micron) ตัดแกนค้ำรูปเหวี่ยงออกจากชิ้นตัวอย่างโลหะด้วยแผ่นคาร์บอนรันดัม (carborundum separating disk No. 17) นำโลหะส่วนแกนค้ำรูปเหวี่ยงไปใช้ไปร่วมกับชิ้นตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบกลสมบัติแล้วสำหรับเหวี่ยงโลหะรุ่นถัดไป ชัดแต่งส่วนเกินของชิ้นตัวอย่างโลหะด้วยหัวกรอหินรูปทรงกระบอกชนิดหยาบและละเอียดตามลำดับ (รูปที่ 14) โดยพยายามขัดแต่งให้น้อยที่สุด



รูปที่ 12 ตัวอย่างโลหะหลังแยกวัสดุหล่อเบ้าออก



รูปที่ 13 เครื่องเป่าทราย



รูปที่ 14 อุปกรณ์ตัดและกรอแต่งตัวอย่างโลหะ

เลือกชิ้นตัวอย่างที่เหวี่ยงได้สมบูรณ์ (รูปที่ 15) ไม่มีจุดบกพร่องที่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า นำมาตรวจสอบหารอยตำหนิ (defect) ภายในด้วยการถ่ายภาพด้วยรังสี โดยตั้งค่าความเข้มรังสีที่ 90 kVP, 15 mA, เวลา 3/5 วินาที (36 impulses) ระยะห่างระหว่างปากกระบอกกับฟิล์ม 4 นิ้ว (Wise and Kaiser, 1979; Elarbi et.al., 1985) ใช้ฟิล์มโกดัก (Kodak) ultra-speed (speed D), ขนาด 4 (occlusal film) ล้างฟิล์มด้วยน้ำยาทำให้เกิดภาพ (developer) และ น้ำยาตรึงฟิล์ม (fixer) นาน 3 และ 5 นาทีตามลำดับ (Dharmar, Rathnasamy and Swaminathan, 1993) เป่าฟิล์มให้แห้งแล้วตรวจดูด้วยที่ดูฟิล์มและแว่นขยาย (Pascoe and Wimmer, 1978) เลือกเฉพาะตัวอย่างที่ไม่มีฟองอากาศภายในมาทดสอบกลสมบัติ



รูปที่ 15 ตัวอย่างที่เหวี่ยงได้สมบูรณ์

2. การทดสอบกลสมบัติ (Taylor, 1957)

ทดสอบและวัดกลสมบัติของตัวอย่างด้วยเครื่องทดสอบอินสตรอน (Instron universal testing machine) (Instron Corp., Canton, Mass. model 5583) และ เครื่องวัดความแข็งผิว ร็อกเวลล์ (Wilson[®] Rockwell[®] hardness testers, series 500) (รูปที่ 16, 17, 18) ดังนี้

การทดสอบความทนแรงดึง

ยึดชิ้นตัวอย่างเข้ากับเครื่อง Instron universal testing machine และติดมาตรวัดอัตรายืด (extensometer) ที่ระยะวัด (gauge length) 1 นิ้ว เข้ากับตัวอย่าง ให้แรงดึง 500 กิโลกรัมด้วยอัตราเคลื่อนของคาน (cross head) 1 มม./นาที ดึงชิ้นตัวอย่างจนกระทั่งขาดออกจากกัน บันทึกค่าของแรงต่อหน่วยพื้นที่หน้าตัดของตัวอย่าง

การทดสอบค่าความแรงคราก

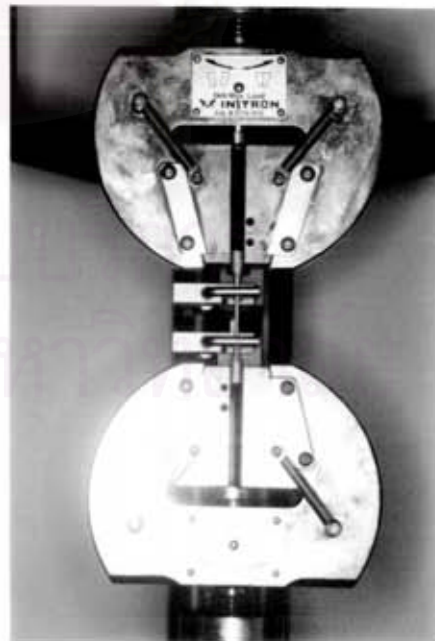
ค่าความแรงครากวัดจากการยืดตัวของตัวอย่างเมื่อได้รับแรง (extension under load) โดยอ่านค่าความเครียดที่มากที่สุดในช่วงที่แรงดึงทำให้เกิดความเค้นในตัวอย่างระหว่าง 5,000 ปอนด์/นิ้ว² ถึง 60,000 ปอนด์/นิ้ว² จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นความเครียดของชิ้นตัวอย่าง (stress-strain curve) บันทึกค่าถึงทศนิยมตำแหน่งที่สี่

การทดสอบระยะของการยืดตัว

ระยะของการยืดตัวอ่านค่าได้จากการวัดโดยมาตรวัดอัตรายืดที่ติดเข้ากับตัวอย่าง บันทึกค่าเป็นร้อยละของระยะการยืดตัวที่เพิ่มขึ้นจากก่อนดึงตัวอย่าง

การทดสอบความแข็งผิว

ทดสอบหาค่าความแข็งผิวหรือคเวลล์ด้วยเครื่อง Wilson® Rockwell® hardness testers, series 500 หลังจากทดสอบแรงดึง โดยขีดผิวด้านหนึ่งของตัวอย่างให้เรียบ ในตำแหน่งที่ห่างจากตำแหน่งที่ขาดไม่น้อยกว่า 1/8 นิ้ว วัดค่าความแข็งผิวหรือคเวลล์ 5 ตำแหน่งบนผิวที่ขีดด้วยแรงกด 30 กิโลกรัม หาค่าเฉลี่ยใน 3 ตำแหน่งโดยคัดค่าที่มากที่สุดและน้อยที่สุดออก



รูปที่ 16, 17 เครื่องทดสอบอินสตรอน



รูปที่ 14 เครื่องวัดความแข็งผิวร็อกเวลล์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย