บทที่ 3

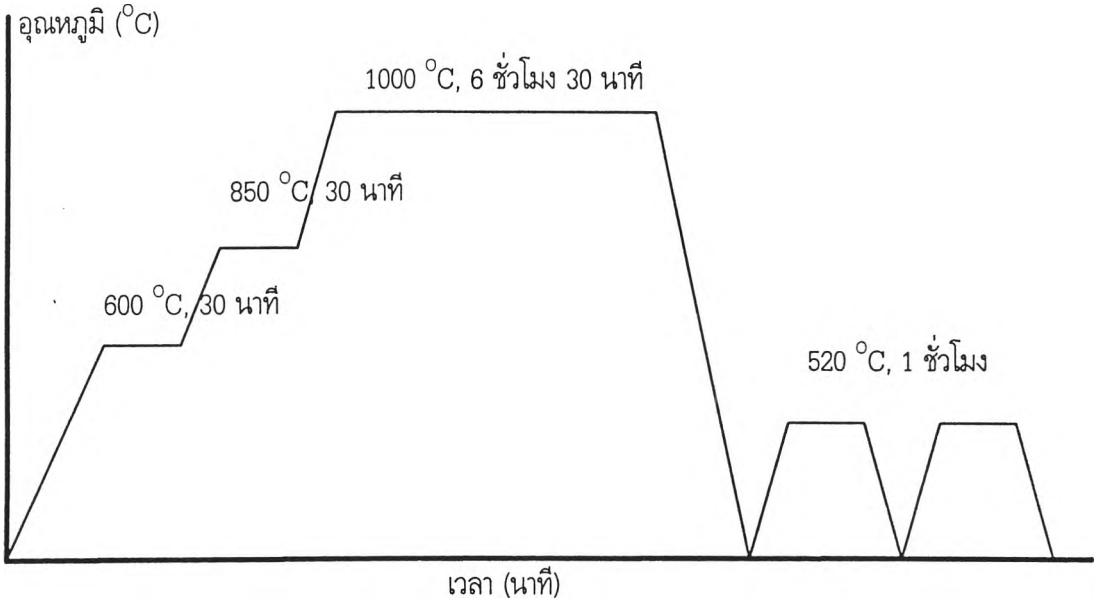
ขั้นตอนและวิธีดำเนินการทดลอง

3.1 การเตรียมชิ้นงานสำหรับการทดลอง

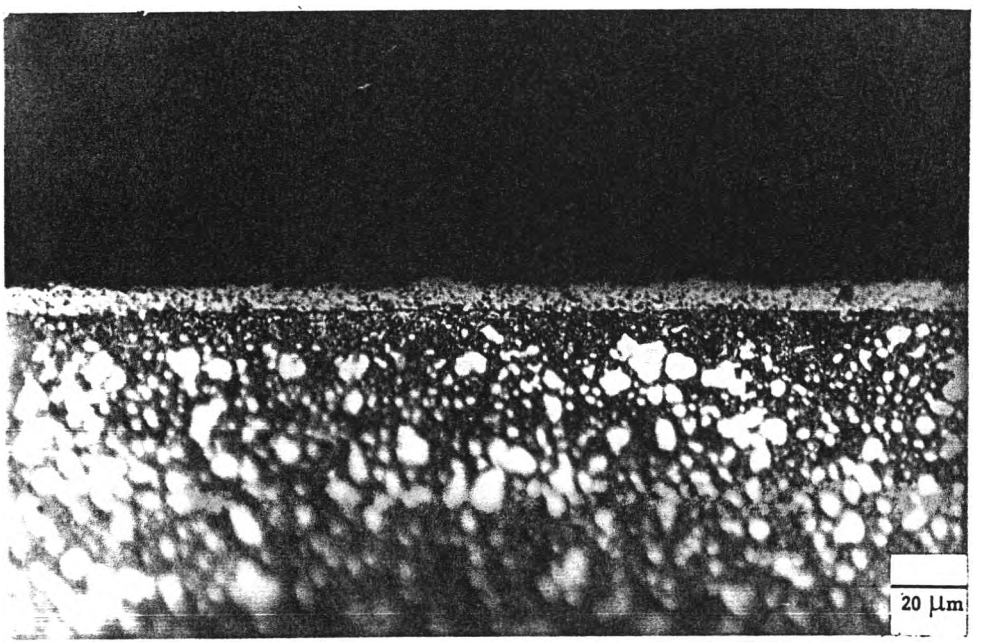
3.1.1 ชิ้นงานทดสอบเหล็กกล้า D2 และจาน

ชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบเป็นเหล็กกล้าเครื่องมือทำงานเย็นเกรด D2 ถูกตัดให้มีรูปร่างสี่เหลี่ยมขนาด 25 x 25 x 10 มิลลิเมตร เจาะรูที่มุมขอบชิ้นงานขนาด 3 มิลลิเมตร สำหรับใช้ในการร้อยด้วยเส้นลวดทนความร้อนเพื่อใช้ห้อยชิ้นงานในการเคลือบผิวให้เป็นวาเนเดียมคาร์ไบด์และเพื่อการชุบแข็งชิ้นงาน หลังจากนั้นนำชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบมาเตรียมผิวโดยการขัดชิ้นงานด้วยกระดาษทรายจนถึงเบอร์ 600 เพื่อขัดผิวที่เป็นสนิมออกให้ผิวสะอาด ชิ้นงานที่ผ่านการเตรียมผิวมาแล้ว จะถูกนำมาเคลือบผิวให้เป็นวาเนเดียมคาร์ไบด์ด้วยกระบวนการ TD โดยให้น้ำหนักเฟอร์โรวาเนเดียมต่อบอแรกซ์เป็น 1 ต่อ 4 และใช้อะลูมิเนียม 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเป็นตัวรีดิวเซอร์เพื่อรีดิววาเนเดียมออกไซด์ทำให้มีวาเนเดียมรอบๆชิ้นงานซึ่งรวมตัวกับคาร์บอนที่แพร่ซึมออกมาจากภายในเนื้อเหล็กเพื่อฟอร์มเป็นชั้นวาเนเดียมคาร์ไบด์ แล้วทำการอบชุบความร้อนตามขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 3.1 โดยที่ทำการอุ่นชิ้นงาน (preheat) ที่อุณหภูมิ 600 °C เป็นเวลา 30 นาที ด้วยเตาอบชุบ (muffle furnace) โดยใช้แก๊สไนโตรเจนไหลผ่านในเตาอบชุบ เพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นที่ผิวชิ้นงาน จากนั้นจะอุ่นที่อุณหภูมิ 850 °C เป็นเวลา 30 นาที ในเตาเกลือแล้วทำการเคลือบผิวที่อุณหภูมิ 1000 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง 30 นาที จากนั้นปล่อยให้เย็นตัวในอากาศแล้วอบคืนตัว 2 ครั้งที่อุณหภูมิ 520 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากการเคลือบผิวนำชิ้นงานที่ผ่านการเคลือบผิวเป็นวาเนเดียมคาร์ไบด์นำไปตรวจสอบหาความหนาชั้นเคลือบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง (Optical Microscope, OM) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบกวาด (Scanning Electron Microscope, SEM) พบว่าได้ความหนาชั้นเคลือบหนา 7 ไมครอน ดังแสดงในรูปที่ 3.2

ในการเตรียมชิ้นงานที่ชุบแข็งแต่ไม่ได้เคลือบผิว ได้ทำการชุบแข็งชิ้นงานในเตาอบชุบโดยที่ทำการอุ่นชิ้นงาน ที่อุณหภูมิ 600 °C เป็นเวลา 30 นาที โดยใช้แก๊สไนโตรเจนไหลผ่านในเตาอบชุบเพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นที่ผิวชิ้นงาน จากนั้นจะอุ่นที่อุณหภูมิ 850 °C เป็นเวลา 30 นาที แล้วทำการอบให้ร้อนขึ้นให้ถึงอุณหภูมิ 1000 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นปล่อยให้เย็นตัวในอากาศแล้วอบคืนตัวที่อุณหภูมิ 520 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 2 ครั้ง เพื่อคลายความเครียดภายในเนื้อเหล็กให้เหลือน้อยที่สุดทำให้เหล็กมีคุณสมบัติด้านความเหนียวดีขึ้น ดังรูปที่ 3.1 ชิ้นงานที่ผ่านการชุบแข็งมา นำไปขัดด้วยกระดาษทรายจนถึงเบอร์ 600 เพื่อขัดสเกลเหล็กที่เกิดขึ้นภายหลังการชุบแข็งและเพื่อให้มีความหยาบผิวชิ้นงานมีค่าใกล้เคียงกัน ก่อนนำไปใช้ในการทดสอบการเสียดสีต่อไป



รูปที่ 3.1 การอบชุบความร้อน



รูปที่ 3.2 ความหนาชั้นเคลือบที่ใช้ในการทดสอบการเสียดสี (X 500)

เหล็กกล้าที่ใช้เป็นคู่ทดสอบการเสียดสีเป็นเหล็กกล้าเกรด AISI 1020 รูปร่างมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร หนา 20 มิลลิเมตร เรียกว่าจาน ใช้ทดสอบการเสียดสีกับเหล็กกล้าที่ผ่านการเคลือบผิวเป็นวาเนเดียมคาร์ไบด์และเหล็กกล้าที่ผ่านการชุบแข็งแต่ไม่เคลือบผิว จากการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้า D2 และ AISI 1020 ด้วยเครื่อง Emission Spectrometer พบว่าส่วนผสมทางเคมี คิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แสดงในตารางที่ 3.1 ก่อนการทดสอบการเสียดสีนำชิ้นงานทดสอบที่ผ่านการชุบแข็งแต่ไม่เคลือบผิวและจาน ทำการวัดความแข็งโดยใช้เครื่องวัดความแข็งแบบไมโครวิกเกอร์ ใช้น้ำหนักกด 500 กรัม 15 วินาที ชิ้นงานที่ผ่านการชุบแข็งมาแต่ไม่เคลือบผิว มีความแข็ง 560 วิกเกอร์ ส่วนจานที่ใช้ทดสอบมีความแข็ง 260 วิกเกอร์ และชิ้นงานที่ผ่านการเคลือบผิวเป็นวาเนเดียมคาร์ไบด์มีความแข็ง 2630 วิกเกอร์ โดยใช้น้ำหนักกด 25 กรัม 15 วินาที

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้า D2 กับ AISI 1020 (% โดยน้ำหนัก)

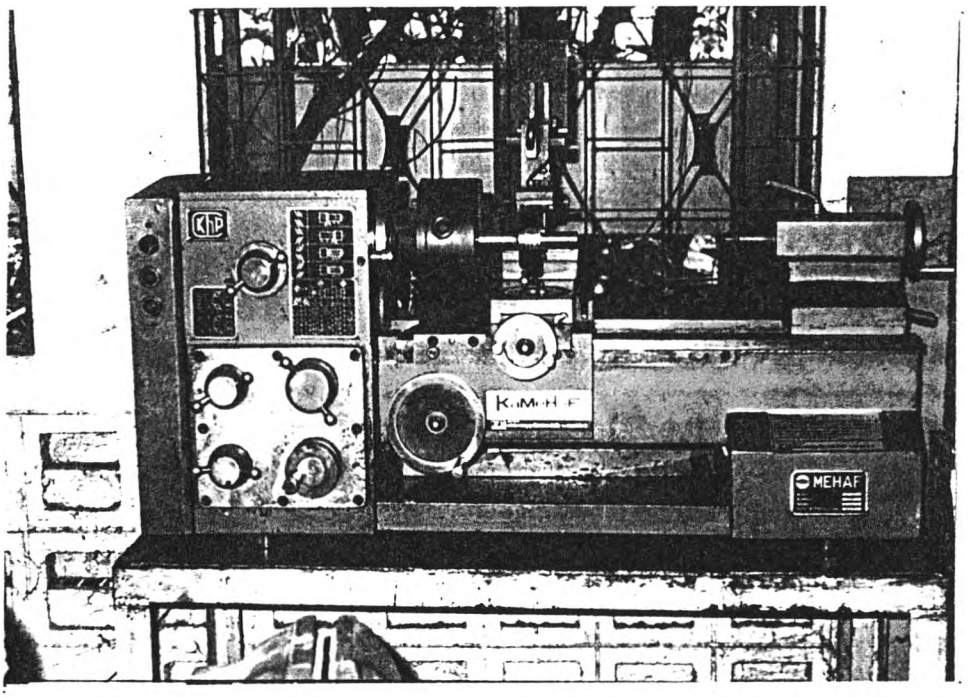
เหล็กกล้า	ส่วนผสมทางเคมี (% โดยน้ำหนัก)							
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V
D2	1.13	0.323	0.317	0.031	0.04	11.8	0.759	1.07
AISI 1020	0.181	0.086	0.444	0.024	0.029	0.013	0.007	<0.001

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

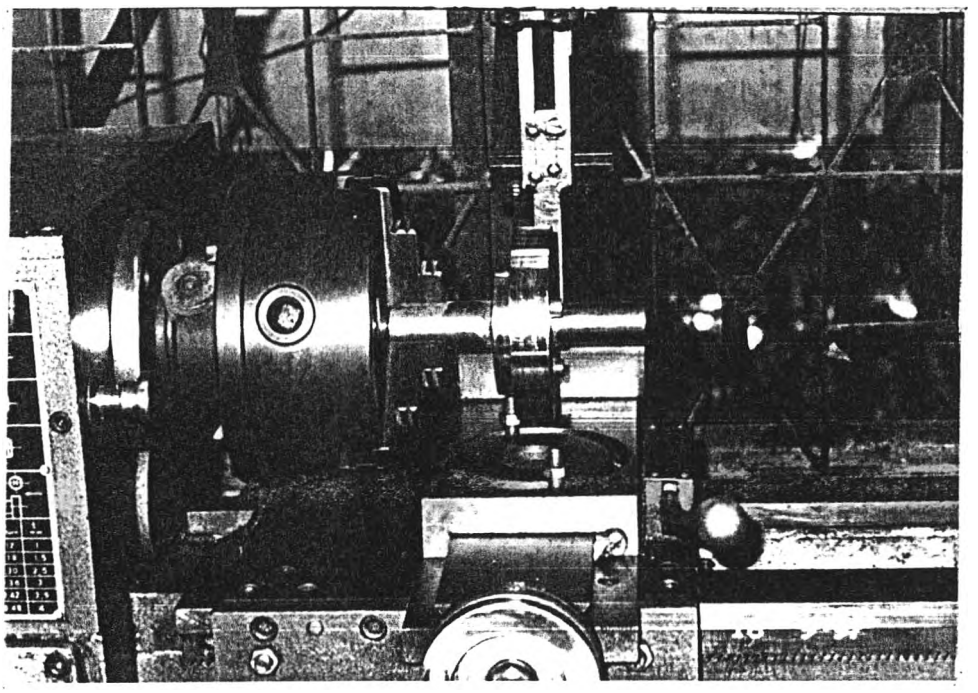
3.2 เครื่องทดสอบการเสียดสี

ความเสียหายที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ ส่วนหนึ่งเป็นความเสียหายที่เกิดจากการเสียดสีแบบไถล (sliding wear) เพื่อให้เข้าใจพฤติกรรมการเสียดสีที่เกิดขึ้น การจำลองสภาวะการเสียดสีที่เกิดขึ้นในการใช้งานของแม่พิมพ์จึงเป็นสิ่งจำเป็น จากการการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นในบทที่ 2 พบว่ารูปแบบเครื่องมือทดสอบการเสียดสีแบบไถลมีด้วยกัน 6 ชนิดดังรูปที่ 2.1 ซึ่งรูปแบบของคู่สัมผัสการเสียดสี มีด้วยกัน 2 รูปแบบคือ แบบสมมาตรดังรูป 2.1 ก, ข เป็นรูปแบบการเสียดสีของจานที่มีขนาดเท่ากันพื้นผิวการเสียดสีสัมผัสในแนวเส้นรอบวง กับพื้นผิวการเสียดสีของจานสัมผัสแบบเต็มหน้าสัมผัส โดยมีแรงกดกระทำในแนวนอน โดยจานคู่สัมผัสทั้งสองมีลักษณะเท่ากันและหมุนสวนทิศทางกัน แต่โดยมากแล้วการเสียดสีที่เกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรมจริงเป็นแบบไม่สมมาตร รูปแบบการเสียดสีแบบไม่สมมาตรดังแสดงในรูปที่ 2.1 ค, ง, จ, ฉ ซึ่งเป็นลักษณะของหมุดหรือ block กดสัมผัสเสียดสีกับจานที่หมุนอยู่ทั้งในแนวหน้าสัมผัสและในแนวเส้นรอบวง โดยมีแรงกดกระทำในแนวตั้ง หมุดหรือ block มักใช้เป็นชิ้นงานทดสอบ (specimen) ส่วนจานที่หมุนเสียดสีเป็นคู่เสียดสีทดสอบของชิ้นงาน เนื่องจากชิ้นงานที่ผ่านการชุบแข็งและเคลือบผิวเป็นวาเนเดียมคาร์ไบด์มีรูปร่างลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 25 x 25 x 10 มิลลิเมตร เครื่องทดสอบการเสียดสีที่เหมาะสมที่เลือกใช้ในการทดลองนี้จึงเป็นแบบ block-on-ring ซึ่งชิ้นงานทดสอบมีลักษณะเป็นรูปร่างสี่เหลี่ยมไถลเสียดสีกับจานในแนวเส้นรอบวงโดยมีน้ำหนักกดในแนวตั้งดังแสดงในรูปที่ 2.1 จ

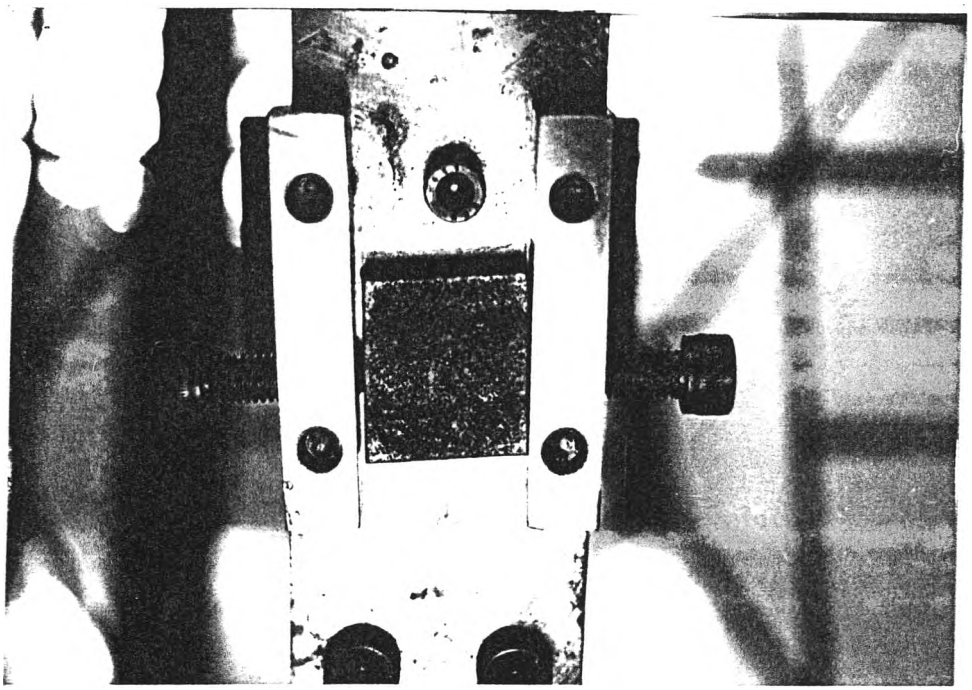
เครื่องมือทดสอบการเสียดสีได้มาจากการปรับปรุงเครื่องกลึงขนาดเล็กที่มีกำลังมอเตอร์ขับเคลื่อนขนาด 750 วัตต์ 3 เฟส กระแสไฟฟ้า 2.1 แอมแปร์ดังแสดงในรูปที่ 3.3 เป็นการทดสอบการเสียดสีแบบ block-on-ring โดยใช้จานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร หนา 20 มิลลิเมตร ซึ่งทำจากเหล็กกล้าคาร์บอนเกรด AISI 1020 มีแกนกลางดังแสดงในรูปที่ 3.4 ลักษณะการจับยึดชิ้นงานกับตัวจับชิ้นงานมีลักษณะเป็นร่อง โดยมีสกรูใช้ขันอัดยึดชิ้นงานดังแสดงในรูปที่ 3.5 ชิ้นงานทดสอบทำการจับยึดให้แน่นโดยใช้น็อตขันอัดติดกับที่จับยึดชิ้นงานทดสอบ เพื่อป้องกันการลื่นไถลระหว่างการทดสอบการเสียดสี ลักษณะการสัมผัสระหว่างจานกับชิ้นงานทดสอบเป็นแบบผิวโค้งจานสัมผัสกับผิวราบของชิ้นงานทดสอบ ซึ่งรูปแบบการสัมผัสเป็นแบบ Counterformal Contact ดังรูปที่ 2.2 ข กล่าวคือลักษณะของชิ้นงานทดสอบสัมผัสกับจานแบบไม่เต็มผิวหน้าสัมผัสก่อนการทดสอบการเสียดสี และการปรับตัวจับชิ้นงานขึ้นลงให้ตั้งฉากกับจาน โดยมีตะขอสำหรับแขวนน้ำหนักบริเวณปลายคานเพื่อใช้กดชิ้นงานให้สัมผัสกับจานที่ใช้ทดสอบเพื่อให้เกิดการเสียดสีกับชิ้นงานทดสอบ และตุ้มน้ำหนักถ่วงที่ใช้เพื่อให้คานสมดุล ถ่วงบริเวณปลายคาน สามารถเลื่อนตำแหน่งตุ้มน้ำหนักเพื่อหาจุดสมดุลย์ก่อนการแขวนน้ำหนักที่ใช้ทดสอบเพื่อกดชิ้นงานทดสอบให้แนบสนิทกับจานทดสอบกับชิ้นงานดังรูปที่ 3.6 จากนั้นปรับหาตำแหน่งให้ชิ้นงานทดสอบอยู่ในตำแหน่งศูนย์กลางกับจานในแนวเส้นรอบวงโดยการหมุนแท่นเลื่อนแนวขวางเพื่อเลื่อนหาตำแหน่งในแนวหน้าหลังและหมุนแท่นเลื่อนตามแกนเพื่อเลื่อนหาตำแหน่งในแนวซ้ายขวา เมื่อตั้งค่าหาตำแหน่งสมดุลได้แล้วทำการวัดระยะความยาวของแขนที่แขวนน้ำ



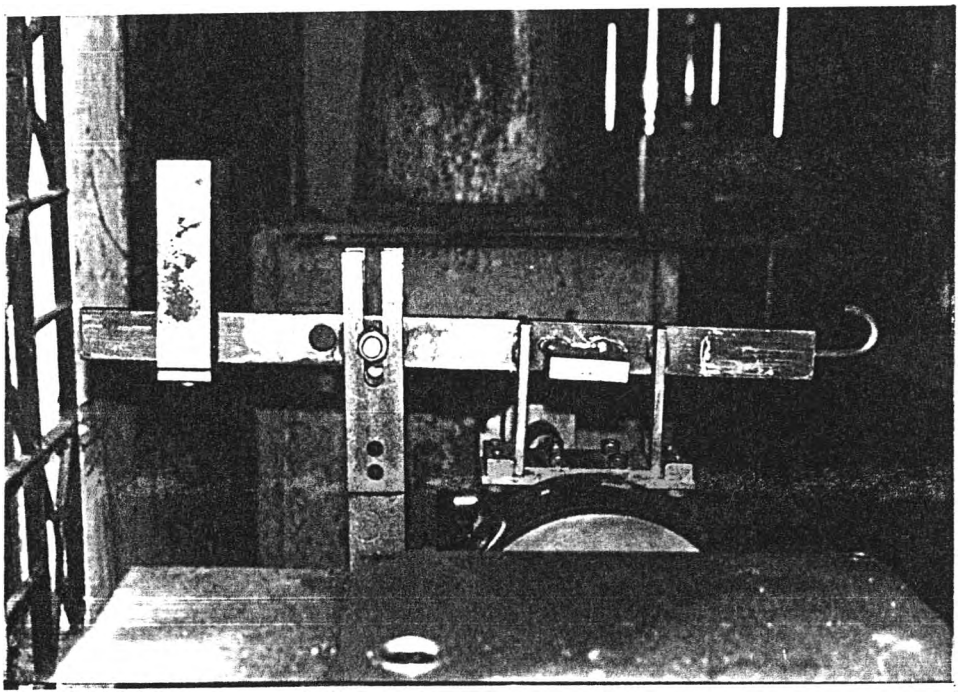
รูปที่ 3.3 เครื่องทดสอบการเสียดสี



รูปที่ 3.4 จานที่เป็นเหล็กกล้า AISI 1020



รูปที่ 3.5 การจับตัวชิ้นงานที่ใช้ทดสอบการเสียดสี



รูปที่ 3.6 ลักษณะตะขอ คานและตุ้มถ่วงน้ำหนัก

หนักได้ระยะความยาว 292 มิลลิเมตร และตำแหน่งที่ชิ้นงานทดสอบสัมผัสกับจานระยะความยาวห่างจากจุด-หมุน 145.5 มิลลิเมตร ทำให้น้ำหนักที่แขวน (applied load) มีค่าครึ่งหนึ่งของน้ำหนักที่กดต่อชิ้นงาน (normal load) สามารถปรับความเร็วรอบเครื่องกลึงในการหมุนได้ 4 ค่าความเร็วรอบ คือ 230, 460, 600 และ 1200 รอบต่อนาที

สภาวะที่ใช้ทดสอบการเสียดสีนั้นได้ทำการทดสอบภายใต้สภาวะบรรยากาศที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้น้ำหนักกด 4 กิโลกรัม, 8 กิโลกรัม และ 12 กิโลกรัม ในกรณีการทดสอบการเสียดสีแบบเป็นช่วง โดยระยะทางการทดสอบการเสียดสีอยู่ในช่วง 79.5 เมตร ถึง 3180 เมตร กล่าวคือมีการหยุดการทดสอบเพื่อวัดค่าการสึกหรอเป็นระยะๆระหว่างระยะทางการทดสอบจาก 79.5 เมตร ถึง 3180 เมตร ส่วนในกรณีการทดสอบเสียดสีแบบต่อเนื่องกล่าวคือทดสอบการเสียดสีจนสิ้นสุดระยะทางการทดสอบจึงหยุดการทดสอบเพื่อวัดค่าการสึกหรอและระยะทางที่ใช้ทดสอบคือ 795 เมตร, 1590 เมตร, 3180 เมตร และ 8250 เมตร ความเร็วเชิงเส้นจานที่ใช้ทดสอบคือ 1.3, 2.6, 3.4 และ 6.8 เมตรต่อวินาที โดยคำนวณจากเส้นผ่านศูนย์กลางจาน ความเร็วรอบของเครื่องกลึงและระยะทางการทดสอบ ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบขึ้นกับเส้นผ่านศูนย์กลางของจานที่เปลี่ยนไป โดยคำนวณจากสมการที่ (1)

$$V = S / (\pi D) N t \quad \text{.....(1)}$$

V = ความเร็วเชิงเส้น (เมตรต่อวินาที)

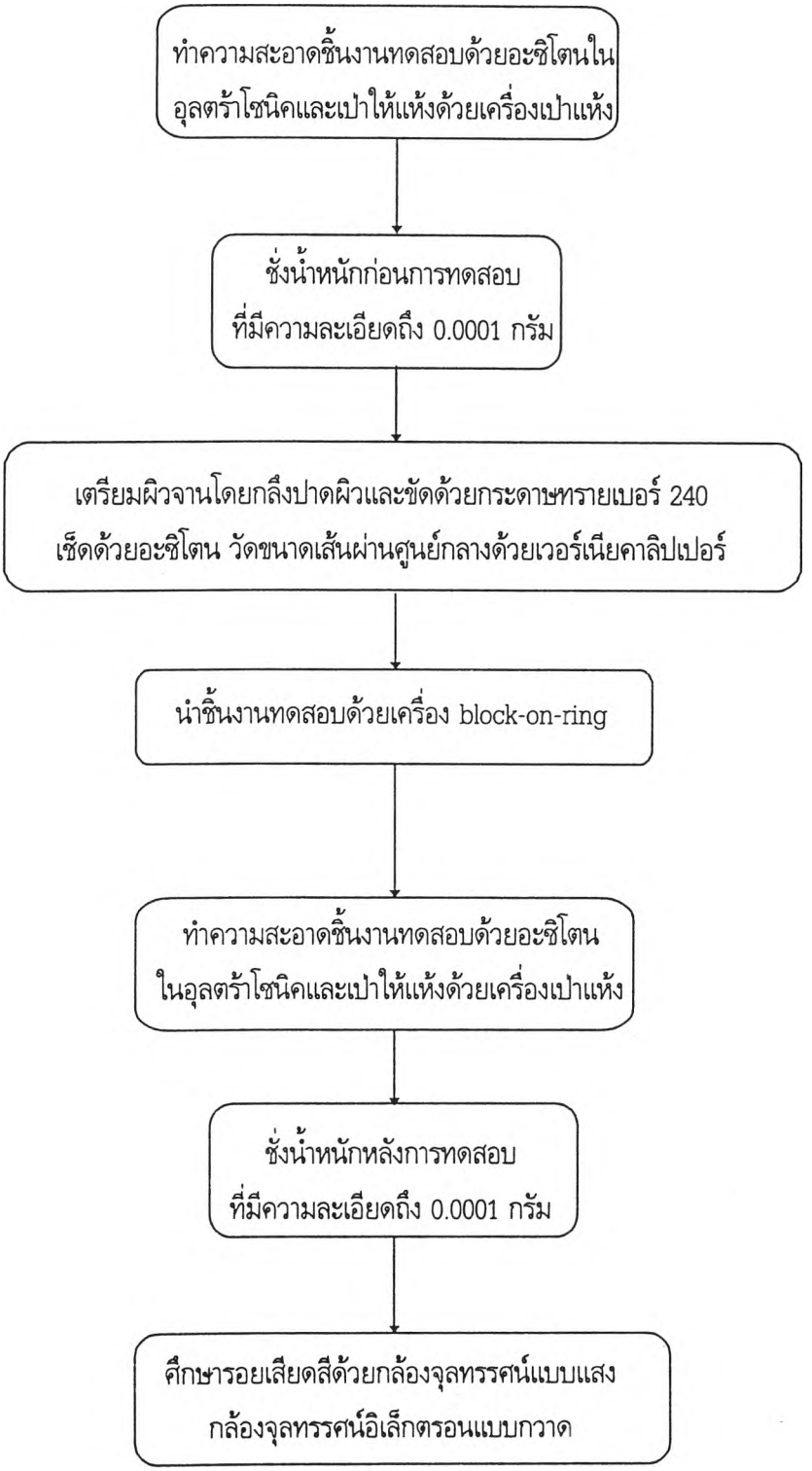
S = ระยะทางการทดสอบ (เมตร)

D = เส้นผ่านศูนย์กลางจาน (เมตร)

N = ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)

t = เวลาการทดสอบ (นาที)

3.3 ขั้นตอนการทดสอบ



รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการทดสอบการเสียดสี