รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

จารุณี เหลืองเพชรงาม , การศึกษาระบบควบคุมคุณภาพสำหรับอุตสาหกรรมคอนกรีตผสมเสร็จแบบหลายโรงผสม ,วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ,ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2536

ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย ,ผศ. การควบคุมคุณภาพสำหรับนักบริหารและกรณีศึกษา กรุงเทพฯ : บริษัท เอ็มแอนอี จำกัด ,2533

บุญโรจน์ สิมะบวรสุทธิ์ ,การวางระบบควบคุมคุณภาพในอุสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนโลหะรถยนต์ , วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ,ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , บัณฑิตวิทยาลัย,2538

บันฑิต ใจชื่น , เหล็กเครื่องมือ 1 , บริษัท บี.เค.เจ.เอนจิเนียริ่ง จำกัด,2532

ศุภโชค วิริยโกศล ,กระบวนการขัดและแต่งผิวโลหะ ,2524

เสรี ยูนิพันธ์ , จรูญ มหิทธาฟองกุล ,ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย ,เทคนิคการควบคุมคุณภาพ ,สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ,2536

สมชาย วิศวีรศักดิ์ , การพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพของอุตสาหกรรมเครื่องใช้ประจำโต๊ะอาหาร , วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บันฑิต ,ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ,จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ,2534

อนันต์ชัย สกลรักษ์ ,การปรับปรุงระบบควบคุมคุณภาพสำหรับกระบวนการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ ,วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บันฑิต ,ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ,จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ,2538

อรรถกร เหล่าศิริหงษ์ทอง , การจัดระบบควบคุมคุณภาพสำหรับกระบวนการประกอบของเล่น ,วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บันฑิต ,ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ,จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ,2538

ภาษาอังกฤษ

Description Of Manufacture Cartridge ,Ball ,Nato ,7.60 mm.,M 80,Engineering Division Industrial Group ,Frankford Arsenal,1960.

Harry J.Snyder ,Vender Quality Control , 22-Annual Technical Conference ,1968

Perry L.Johnson ,Meeting to International Standard : ISO 9000 ,McGraw - Hill ,1993

Phillips B Crosby , Quality without tear , New York ,McGraw-Hill,1984

Procedure and Forms ,Prentice Hall ,1992

Robert D.Carsan ,Jo Ann Gerberr and Jame F.Mchugh ,Manual of Quality Assurance

Leonade A.Doty ,Statistics Process Control ,An ASQC Quality Press Book ,1990.

Wilbur A.Gould ,Food Quality Assurance ,AVI Text Book Seriers ,1977

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

- ผลข้อมูลข้อบกพร่องแม่พิมพ์เจาะหลังการปรับปรุง
- ผลข้อมูลการตรวจสอบวัตถุดิบนำเข้า
- แบบพิมพ์เขียวเฉพาะแต่ละหมู่งาน
- แบบฟอร์มแผนภูมิควบคุม $\bar{X}$ และ R ในขั้นตอนต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 ผลสรุปข้อมูลข้อบกพร่องแม่พิมพ์เจาะแต่ละชนิด สำหรับพังพาเรโต (Data Sheet For Pareto Diagram)
ก่อนการปรับปรุง (ช่วงเดือน ก.ค. 88 - ก.ย.88)

ชื่อแม่พิมพ์เจาะ pcom - 2601

ชนิดความบกพร่อง		จำนวนจุดบกพร่อง	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์
ความแข็ง	=	13	72.22%
การไม่ได้ศูนย์	=	3	16.67%
อื่นๆ	=	2	11.11%
ขนาด	=	0	0.00%
ความเรียบ	=	0	0.00%

ชื่อแม่พิมพ์เจาะ ptp - 2589

ชนิดความบกพร่อง		จำนวนจุดบกพร่อง	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์
ความแข็ง	=	14	60.87%
ขนาด	=	5	21.74%
อื่นๆ	=	4	17.39%
การไม่ได้ศูนย์	=	0	0.00%
ความเรียบ	=	0	0.00%

ชื่อแม่พิมพ์เจาะ pt - 259 - e

ชนิดความบกพร่อง		จำนวนจุดบกพร่อง	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์
ความแข็ง	=	60	72.29%
การไม่ได้ศูนย์	=	15	18.07%
อื่นๆ	=	8	9.64%
ขนาด	=	0	0.00%
ความเรียบ	=	0	0.00%

ชื่อแม่พิมพ์เจาะ tm - 10083 - 1

ชนิดความบกพร่อง		จำนวนจุดบกพร่อง	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์
ขนาด	=	102	53.68%
ความแข็ง	=	84	44.21%
การไม่ได้ศูนย์	=	4	2.11%
อื่นๆ	=	0	0.00%
ความเรียบ	=	0	0.00%

ชื่อแม่พิมพ์เจาะ tm -10222-3

ชนิดความบกพร่อง		จำนวนจุดบกพร่อง	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์
ความแข็ง	=	16	64.00%
การไม่ได้ศูนย์	=	6	24.00%
ขนาด	=	3	12.00%
อื่นๆ	=	0	0.00%
ความเรียบ	=	0	0.00%

ชื่อแม่พิมพ์เจาะ t -111 25 - b

ชนิดความบกพร่อง		จำนวนจุดบกพร่อง	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์
ขนาด	=	25	71.43%
ความแข็ง	=	7	20.00%
ความเรียบ	=	2	5.71%
การไม่ได้ศูนย์	=	1	2.86%
อื่นๆ	=	0	0.00%

ชื่อแม่พิมพ์เจาะ tm - 10217

ชนิดความบกพร่อง		จำนวนจุดบกพร่อง	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์
ความแข็ง	=	14	58.33%
การไม่ได้ศูนย์	=	8	33.33%
อื่นๆ	=	2	8.33%
ขนาด	=	0	0.00%
ความเรียบ	=	0	0.00%

ชื่อแม่พิมพ์เจาะ tm - 10219

ชนิดความบกพร่อง		จำนวนจุดบกพร่อง	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์
ความแข็ง	=	20	66.67%
การไม่ได้ศูนย์	=	4	13.33%
ขนาด	=	3	10.00%
อื่นๆ	=	2	6.67%
ความเรียบ	=	1	3.33%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1· (ต่อ) ผลสรุปข้อมูลข้อบกพร่องแม่พิมพ์เจาะแต่ละชนิด สำหรับพังพาเรโต (Data Sheet For Pareto Diagram)
ก่อนการปรับปรุง (ช่วงเดือน ก.ค. 38 - ก.ย.38)

ชื่อแม่พิมพ์เจาะ pto - 2597

ชนิดความบกพร่อง		จำนวนจุดบกพร่อง	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์
ขนาด	=	7	53.85%
ความเรียบ	=	3	23.08%
ความแข็ง	=	2	15.38%
อื่นๆ	=	1	7.69%
การไม่ได้ศูนย์	=	0	0.00%

ชื่อแม่พิมพ์เจาะ ptp - 1291- b

ชนิดความบกพร่อง		จำนวนจุดบกพร่อง	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์
ความแข็ง	=	24	75.00%
การไม่ได้ศูนย์	=	5	15.63%
ขนาด	=	3	9.38%
อื่นๆ	=	0	0.00%
ความเรียบ	=	0	0.00%

ชื่อแม่พิมพ์เจาะ pto -2596

ชนิดความบกพร่อง		จำนวนจุดบกพร่อง	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์
ขนาด	=	8	61.54%
การไม่ได้ศูนย์	=	2	15.38%
ความเรียบ	=	2	15.38%
ความแข็ง	=	1	7.69%
อื่นๆ	=	0	0.00%

ชื่อแม่พิมพ์เจาะ ptm -1039-3

ชนิดความบกพร่อง		จำนวนจุดบกพร่อง	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์
ขนาด	=	17	53.13%
ความแข็ง	=	11	34.38%
การไม่ได้ศูนย์	=	3	9.38%
อื่นๆ	=	1	3.13%
ความเรียบ	=	0	0.00%

ชื่อแม่พิมพ์เจาะ ptp - 2591-5

ชนิดความบกพร่อง		จำนวนจุดบกพร่อง	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์
ความแข็ง	=	13	76.47%
การไม่ได้ศูนย์	=	2	11.76%
ขนาด	=	1	5.88%
อื่นๆ	=	1	5.88%
ความเรียบ	=	0	0.00%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เรื่องที่ทำการตรวจ : ลักษณะภายนอก แผนกที่รับผิดชอบ : แผนกตรวจคุณภาพ	**แบบฟอร์มการตรวจสอบคุณภาพเหล็ก**
ชื่อวัตถุดิบ : (สำหรับคณะกรรมการ) เหล็กทำแม่พิมพ์เจาะ (High Chromium)	หน้าที่ 1 ในจำนวนหน้า 2 หน้า เลขที่เอกสาร : Fr - ir - 001

หัวข้อที่ทำการตรวจ เรื่อง : ลักษณะภายนอก	หน่วยวัด	วิธีการตรวจ/ เครื่องมือที่ใช้ตรวจ	ผลการตรวจ (ชิ้นงานที่)				
			1	2	3	4	5
☑ ลักษณะเหล็ก	กลม/เหลี่ยม	สายตา	←		กลม		→
☑ ขนาด/เส้นผ่าศูนย์กลาง	นิ้ว/ฟุต	เวอร์เนีย	15.89	15.91	15.99	15.98	15.96
☑ ปริมาณ(น.น./ความยาว)	กิโลกรัม/เมตร	เครื่องชั่ง/ตลับเมตร	← ครบตามจำนวน →				
☐ ความแข็ง (ก่อนชุบ)	ร็อคเวล สเกล C,A	เครื่องมือวัดความแข็ง					
☑ ใบรับรองผลิตภัณฑ์	-รับรองโดยบริษัทผู้ผลิต	☑ ล็อตงานนี้ผลิตโดยบริษัทจริง ☐ ล็อตงานนี้ผลิตโดยบริษัทไม่จริง					

หมายเหตุ : 1.หัวข้อที่ทำการตรวจ ให้ทำการตรวจเฉพาะข้อที่กาเครื่องหมายในช่องที่เหลี่ยมเท่านั้น
(สำหรับในช่องผลการตรวจ ให้ลงค่าเป็นตัวเลข)
2. หัวข้อใบรับรองผลิตภัณฑ์ ให้กาเครื่องหมายถูก

ตรวจสอบโดย : นาย ช่างตรวจสอบ	ตำแหน่ง : (ผู้ทำการทดสอบ)	วันที่ 22/05/39
รับรองผลโดย : นาย คิวซี	ตำแหน่ง : หัวหน้าหมู่	วันที่ 22/05/39
อนุมัติผลโดย : พ.ท. เจรจา	ตำแหน่ง : หัวหน้าแผนก	วันที่ 22/05/39

สำหรับคณะกรรมการ

เลขที่ใบสั่งซื้อ (123/39)	คุณลักษณะเฉพาะที่ใช้อ้างอิง (5678)	จำนวนขนาดตัวอย่าง (5)ชิ้น

ความคิดเห็นอื่นๆ

.....

.....

.....

เรื่องที่ทำการตรวจ : ลักษณะภายนอก แผนกที่รับผิดชอบ : แผนกตรวจคุณภาพ	**แบบฟอร์มการตรวจสอบคุณภาพเหล็ก**
ชื่อวัตถุดิบ : (สำหรับคณะกรรมการ) เหล็กทำแม่พิมพ์เจาะ (High Chromium)	หน้าที่ 2 ในจำนวนหน้า 2 หน้า เลขที่เอกสาร : Fr - ir - 001

หัวข้อที่ทำการตรวจ เรื่อง : ลักษณะภายนอก	หน่วยวัด	วิธีการตรวจ/ เครื่องมือที่ใช้ตรวจ	ผลการตรวจ (ชิ้นงานที่)				
			6	7	8	9	10
☑ ลักษณะเหล็ก	กลม/เหลี่ยม	สายตา	←		กลม		→
☑ ขนาด/เส้นผ่าศูนย์กลาง	นิ้ว/ฟุต	เวอร์เนีย	15.90	15.92	15.98	15.97	15.96
☑ ปริมาณ(น.น./ความยาว)	กิโลกรัม/เมตร	เครื่องชั่ง/ตลับเมตร	← ครบตามจำนวน →				
☐ ความแข็ง (ก่อนชุบ)	ร็อคเวล สเกล C,A	เครื่องมือวัดความแข็ง					
☑ ใบรับรองผลิตภัณฑ์	-รับรองโดยบริษัทผู้ผลิต	☑ ล็อตงานนี้ผลิตโดยบริษัทจริง ☐ ล็อตงานนี้ผลิตโดยบริษัทไม่จริง					

หมายเหตุ : 1.หัวข้อที่ทำการตรวจ ให้ทำการตรวจเฉพาะข้อที่กาเครื่องหมายในช่องที่เหลี่ยมเท่านั้น
(สำหรับในช่องผลการตรวจ ให้ลงค่าเป็นตัวเลข)
2. หัวข้อใบรับรองผลิตภัณฑ์ ให้กาเครื่องหมายถูก

ตรวจสอบโดย : นาย ช่างตรวจสอบ	ตำแหน่ง : (ผู้ทำการทดสอบ)	วันที่ 22/05/39
รับรองผลโดย : นาย คิวซี	ตำแหน่ง : หัวหน้าหมู่	วันที่ 22/05/39
อนุมัติผลโดย : พ.ท. เจรจา	ตำแหน่ง : หัวหน้าแผนก	วันที่ 22/05/39

สำหรับคณะกรรมการ

เลขที่ใบสั่งซื้อ (123/39)	คุณลักษณะเฉพาะที่ใช้อ้างอิง (5678)	จำนวนขนาดตัวอย่าง (5)ชิ้น

ความคิดเห็นอื่นๆ

.....

.....

.....

เรื่องที่ทำการตรวจ : ตรวจทางฟิสิกส์ แผนกที่รับผิดชอบ : ฝ่ายโรงงาน	**แบบฟอร์มการตรวจคุณภาพเหล็ก**
ชื่อวัตถุดิบ : (สำหรับคณะกรรมการ)	หน้าที่ 1 ในจำนวนหน้า 2 หน้า
	เลขที่เอกสาร : Fr - ir - 002

หัวข้อที่ทำการตรวจ เรื่อง : คุณสมบัติทางฟิสิกส์	หน่วยวัด	วิธีการตรวจ/ เครื่องมือที่ใช้ตรวจ	ผลการตรวจ (ชิ้นงานที่)				
			1	2	3	4	5
การชุบแข็ง							
☐ เหล็ก เผาขั้นแรก 1150 - 1250 F° เผาอุณหภูมิสูง 1450 - 1500 F°	ร็อคเวล วัสดุที่ใช้ในการ	-ใช้เครื่องมือวัดความแข็ง					
☐ เหล็ก เผาขั้นแรก 1150 - 1250 F° เผาอุณหภูมิสูง 1450 - 1475 F°	ชุบแข็ง : น้ำมัน						
☐ เหล็ก ชุบด้วยน้ำอุณหภูมิระหว่าง 1400 - 1450 ฟาเรนไฮท์	ร็อคเวล วัสดุที่ใช้ในการ ชุบแข็ง : น้ำ						
☑ ผลิตแม่พิมพ์เจาะสำเร็จรูป (Ptm-10393)	ร็อคเวล		56	56	57	57	56

หมายเหตุ : 1.หัวข้อที่ทำการตรวจ ทำการตรวจค่าความแข็งของเหล็ก เฉพาะค่าที่กาเครื่องหมายในช่องที่เหลี่ยมเท่านั้น
2.ค่าที่ตรวจได้ ให้ลงเป็นตัวเลขในช่องผลการตรวจ

ตรวจสอบโดย : นายละเอียด	ตำแหน่ง : (ผู้ทำการตรวจสอบ)	วันที่ 22/05/39
รับรองผลโดย : นาย เพียร	ตำแหน่ง : หัวหน้าหมู่	วันที่ 22/05/39
อนุมัติผลโดย :พ.ท.ชุบ	ตำแหน่ง : หัวหน้าโรงงาน	วันที่ 22/05/39

สำหรับคณะกรรมการ

เลขที่ใบสั่งซื้อ 123/2539	คุณลักษณะเฉพาะที่ใช้อ้างอิง (5678)	จำนวนขนาดตัวอย่าง (10) ชิ้น

ความคิดเห็นอื่นๆ

.....

.....

เรื่องที่ทำการตรวจ : ตรวจทางฟิสิกส์ แผนกที่รับผิดชอบ : ฝ่ายโรงงาน	**แบบฟอร์มการตรวจคุณภาพเหล็ก**
ชื่อวัตถุดิบ : (สำหรับคณะกรรมการ)	หน้าที่ 2 ในจำนวนหน้า 2 หน้า
	เลขที่เอกสาร : Fr - ir - 002

หัวข้อที่ทำการตรวจ เรื่อง : คุณสมบัติทางฟิสิกส์	หน่วยวัด	วิธีการตรวจ/ เครื่องมือที่ใช้ตรวจ	ผลการตรวจ (ชิ้นงานที่)				
			6	7	8	9	10
การชุบแข็ง							
☐ เหล็ก	ร็อคเวล	-ใช้เครื่องมือวัดความแข็ง					
เผาขั้นแรก 1150 - 1250 F°							
เผาอุณหภูมิสูง 1450 - 1500 F°	วัสดุที่ใช้ในการ						
☐ เหล็ก	ชุบแข็ง : น้ำมัน						
เผาขั้นแรก 1150 - 1250 F°							
เผาอุณหภูมิสูง 1450 - 1475 F°							
☐ เหล็ก	ร็อคเวล						
ชุบด้วยน้ำอุณหภูมิระหว่าง	วัสดุที่ใช้ในการ						
1400 - 1450 ฟาเรนไฮท์	ชุบแข็ง : น้ำ						
☑ ผลิตแม่พิมพ์เจาะสำเร็จรูป	ร็อคเวล		57	56	56	57	56
(Ptm-10393)							

หมายเหตุ : 1.หัวข้อที่ทำการตรวจ ทำการตรวจค่าความแข็งของเหล็ก เฉพาะค่าที่กาเครื่องหมายในช่องที่เหลี่ยมเท่านั้น

2.ค่าที่ตรวจได้ ให้ลงเป็นตัวเลขในช่องผลการตรวจ

ตรวจสอบโดย : นายละเอียด	ตำแหน่ง : (ผู้ทำการตรวจสอบ)	วันที่ 22/05/39
รับรองผลโดย : นาย เพียร	ตำแหน่ง : หัวหน้าหมู่	วันที่ 22/05/39
อนุมัติผลโดย :พ.ท.ชุบ	ตำแหน่ง : หัวหน้าโรงงาน	วันที่ 22/05/39

สำหรับคณะกรรมการ

เลขที่ใบสั่งซื้อ 123/2539	คุณลักษณะเฉพาะที่ใช้อ้างอิง (5678)	จำนวนขนาดตัวอย่าง (10) ชิ้น

ความคิดเห็นอื่นๆ

.....

.....

เรื่องที่ทำการตรวจ : ตรวจสอบทางเคมี แผนกที่รับผิดชอบ : แผนกพัฒนาและทดสอบ	**แบบฟอร์มการตรวจสอบคุณภาพเหล็ก**
ชื่อวัตถุดิบ : (สำหรับคณะกรรมการ) **เหล็กทำแม่พิมพ์เจาะ (High Chromium)**	หน้าที่ 1 ในจำนวนหน้า 2 หน้า เลขที่เอกสาร : Fr - ir - 003

หัวข้อที่ทำการตรวจ เรื่อง : คุณสมบัติทางเคมี	หน่วยวัด	วิธีการตรวจ/ เครื่องมือที่ใช้ตรวจ	ผลการตรวจ (ชิ้นงานที่)				
			1	2	3	4	5
ส่วนประกอบทางเคมี	เป็นช่วงเปอร์เซ็นต์	เครื่องตรวจส่วน					
☑ C		ผสมทางเคมีของโลหะ	0.96	0.99	0.98	0.96	0.97
☑ Mn		(Spark Vacuum	0.36	0.36	0.35	0.35	0.37
☑ Si		Spectrometer)	.008	.008	.006	.008	.007
☑ Cr			1.36	1.30	1.35	1.34	1.34
☐ V							
☐ W							
☑ P			.012	.012	.018	.013	.012
☑ S			.007	.007	.007	.007	.007
☐ Mo							
☐ Cu							
☐ Ni							

หมายเหตุ : 1.**หัวข้อที่ทำการตรวจ** ทำการตรวจหาค่าส่วนประกอบทางเคมี เฉพาะที่กาเครื่องหมายในช่องที่เหลี่ยมเท่านั้น (ค่าที่ตรวจได้เป็นเปอร์เซ็นต์ตัวเลข ให้ลงค่าในช่องผลการตรวจ)

ตรวจสอบโดย : ส.อ. ตรวจสอบ	**ตำแหน่ง : (ผู้ทำการทดสอบ)**	**วันที่ 22/05/39**
รับรองผลโดย : ร.อ. กำกับดูแล	**ตำแหน่ง : ประจำแผนก**	**วันที่ 22/05/39**
อนุมัติผลโดย : พ.ท.หญิง ดิวซี	**ตำแหน่ง : หัวหน้าแผนก**	**วันที่ 22/05/39**

คณะกรรมการ

เลขที่ใบสั่งซื้อ (123/39)	คุณลักษณะเฉพาะที่ใช้อ้างอิง (5678)	จำนวนขนาดตัวอย่าง (10) ชิ้น

ความคิดเห็นอื่นๆ

.....

.....

เรื่องที่ทำการตรวจ : ตรวจสอบทางเคมี แผนกที่รับผิดชอบ : แผนกพัฒนาและทดสอบ	**แบบฟอร์มการตรวจสอบคุณภาพเหล็ก**
ชื่อวัตถุดิบ : (สำหรับคณะกรรมการ) เหล็กทำแม่พิมพ์เจาะ (High Chromium)	หน้าที่ 2 ในจำนวนหน้า 2 หน้า เลขที่เอกสาร : Fr - ir - 003

หัวข้อที่ทำการตรวจ เรื่อง : คุณสมบัติทางเคมี	หน่วยวัด	วิธีการตรวจ/ เครื่องมือที่ใช้ตรวจ	ผลการตรวจ (ชิ้นงานที่)				
			6	7	8	9	10
ส่วนประกอบทางเคมี	เป็นช่วงเปอร์เซ็นต์	เครื่องตรวจส่วน					
☑ C		ผสมทางเคมีของโลหะ	0.98	0.99	0.97	0.96	0.97
☑ Mn		(Spark Vacuum	0.36	0.36	0.35	0.36	0.37
☑ Si		Spectrometer)	.008	.006	.006	.008	.007
☑ Cr			1.36	1.31	1.34	1.34	1.30
☐ V							
☐ W							
☑ P			.013	.012	.018	.013	.012
☑ S			.007	.007	.007	.007	.007
☐ Mo							
☐ Cu							
☐ Ni							

หมายเหตุ : 1.หัวข้อที่ทำการตรวจ ทำการตรวจหาค่าส่วนประกอบทางเคมี เฉพาะที่กาเครื่องหมายในช่องที่เหลี่ยมเท่านั้น (ค่าที่ตรวจได้เป็นเปอร์เซ็นต์ตัวเลข ให้ลงค่าในช่องผลการตรวจ)

ตรวจสอบโดย : ส.อ. ตรวจสอบ	ตำแหน่ง : (ผู้ทำการทดสอบ)	วันที่ 22/05/39
รับรองผลโดย : ร.อ. กำกับดูแล	ตำแหน่ง : ประจำแผนก	วันที่ 22/05/39
อนุมัติผลโดย : พ.ท.หญิง คิวซี	ตำแหน่ง : หัวหน้าแผนก	วันที่ 22/05/39

คณะกรรมการ

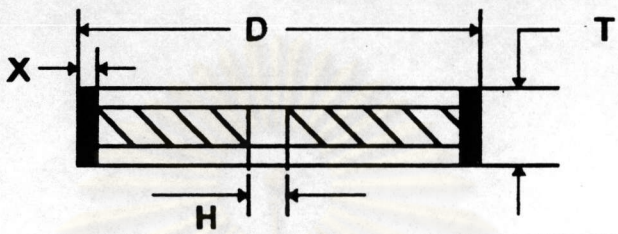
เลขที่ใบสั่งซื้อ (123/39)	คุณลักษณะเฉพาะที่ใช้อ้างอิง (5678)	จำนวนขนาดตัวอย่าง (10) ชิ้น

ความคิดเห็นอื่นๆ

.....

.....

หัวข้อที่ทำการตรวจสอบ : ลักษณะภายนอก,ขนาดและใบรับรองผลิตภัณฑ์ แผนกที่ทำการตรวจสอบ : ฝ่ายคุณภาพ	**แบบฟอร์มการตรวจสอบคุณภาพ หินเจียรทรงแบน(เนื้อหินกากเพชร)**
ชื่อวัตถุดิบ : หินเจียรทรงแบนเนื้อหินทำด้วยกากเพชร	หน้าที่ ..... ในจำนวนหน้า ..... หน้า
ชื่อเอกสารอ้างอิง :มาตรฐานหินเจียรทรงแบน(เนื้อหินกากเพชร)	เลขที่เอกสาร Fr - abb - 001



เรื่องที่ทำการตรวจ	เครื่องมือวัด	วิธีตรวจ	มาตรฐาน	ผลการตรวจชิ้นงานที่				
				1	2	3	4	5
1.เรื่อง ขนาด	- Vernier	- ใช้การวัดตามรูปประกอบ	D	6.007	6.017	6.023	6.011	6.009
			T	0.512	0.513	0.508	0.513	0.510
			H	1.249	1.249	1.251	1.250	1.250
			X	0.124	0.125	0.125	0.126	0.124
2.เรื่องลักษณะภายนอก 2.1 เรื่องบรรจุภัณฑ์	- Visual	- ดูด้วยสายตา	☐ เรียบร้อย	/	/	/	/	/
			☐ ไม่เรียบร้อย					
2.2 เรื่อง รอยแตกร้าว	- กล้องขยาย/สายตา	- สายตา	☐ เรียบร้อย	/	/	/	/	/
			☐ ไม่เรียบร้อย					
2.3 เรื่องฉลากป้าย	-Visual	- ดูด้วยสายตา	☐ เรียบร้อย	/	/	/	/	/
			☐ ไม่เรียบร้อย					
3. เรื่องใบรับรองผลิตภัณฑ์ (Certificate)	- คำรับรองจากผู้แทนจำหน่าย	- ส่งบริษัทตัวแทนรับรอง	☐ จริง					
			☐ ไม่จริง					

ตรวจสอบโดย : นาย ช่างตรวจ	ตำแหน่ง : (ผู้ทำการทดสอบ)	วันที่ 22/05/39
รับรองผลโดย : นาย คิวซี	ตำแหน่ง : หัวหน้าหมู่	วันที่ 22/05/39
อนุมัติผลโดย : พ.ท. เจรจา	ตำแหน่ง : หัวหน้าแผนก	วันที่ 22/05/39

หมายเหตุ : 1. ให้กาเครื่องหมายถูก ลงในช่องผลการตรวจ (ยกเว้น เรื่องขนาด ให้ลงผลเป็นค่าตัวเลข)

สำหรับคณะกรรมการ

เลขที่ใบสั่งซื้อ (123/39)	คุณสมบัติเฉพาะที่ (7890)	จำนวนขนาดตัวอย่าง (5)ชิ้น

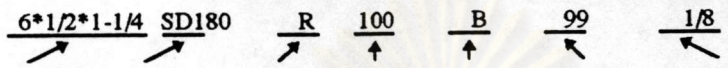
ความคิดเห็นอื่นๆ

.....

.....

หัวข้อที่ทำการตรวจสอบ : ขนาด,ปริมาณกากเพชร แผนกที่ทำการตรวจสอบ : ฝ่ายพัฒนาและทดสอบ	**แบบฟอร์มการตรวจสอบคุณภาพ หินเจียรทรงแบน(เนื้อหินกากเพชร)**
ชื่อวัตถุดิบ : หินเจียรทรงแบนเนื้อหินทำด้วยกากเพชร	หน้าที่ ..... ในจำนวนหน้า ..... หน้า
ชื่อเอกสารอ้างอิง :มาตรฐานหินเจียรทรงแบน(เนื้อหินกากเพชร)	เลขที่เอกสาร : Fr - abb - 002

สัญญลักษณ์



เรื่องที่ทำการตรวจ	เครื่องมือวัด	วิธีตรวจ	ผลการตรวจ	ผลการตรวจชิ้นงานที่				
				1	2	3	4	5
1. เรื่อง ขนาด (Grit Size)	- กล้อง illumination microscope zoom60x-100x	- ส่องดูด้วยสายตา - เปรียบเทียบ	☐ ตรงมาตรฐาน ☐ไม่ตรงมาตรฐาน	/	/	/	/	/
2. เรื่องปริมาณเพชร (Concentration)	- กล้อง illumination microscope zoom60x-100x	- ส่องดูด้วยสายตา - เปรียบเทียบ	☐ ตรงมาตรฐาน ☐ไม่ตรงมาตรฐาน	/	/	/	/	/

ตรวจสอบโดย : ส.อ. ตรวจสอบ	ตำแหน่ง : (ผู้ทำการตรวจสอบ)	วันที่ 22/05/39
รับรองผลโดย : ร.อ.กำกับดูแล	ตำแหน่ง : หัวหน้าหมู่	วันที่ 22/05/39
อนุมัติผลโดย : พ.ท.หญิง คิวซี	ตำแหน่ง : หัวหน้าแผนก	วันที่ 22/05/39

หมายเหตุ : 1. ให้กาเครื่องหมายถูก ลงในช่องผลการตรวจ

สำหรับคณะกรรมการ

เลขที่ใบสั่งซื้อ (123/39)	คุณสมบัติเฉพาะที่ (7890)	จำนวนขนาดตัวอย่าง(5) ชิ้น

ความคิดเห็นอื่นๆ

.....

.....

.....

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อที่ทำการตรวจสอบ : การทดลองใช้งาน แผนกที่ทำการตรวจสอบ : ฝ่ายโรงงาน	**แบบฟอร์มการตรวจสอบคุณภาพ หินเจียรทรงแบน(เนื้อหินกากเพชร)**
ชื่อวัตถุดิบ: หินเจียรทรงแบนเนื้อหินทำด้วยกากเพชร	หน้าที่ ..... ในจำนวนหน้า ..... หน้า
ชื่อเอกสารอ้างอิง : มาตรฐานหินเจียรทรงแบน(เนื้อหินกากเพชร)	เลขที่เอกสาร : Fr- abb -003

เรื่องที่ทำการตรวจ	วิธีการตรวจ	เครื่องมือวัด	ผลการตรวจ	ผลการตรวจชิ้นงานที่				
				1	2	3	4	5
1. เรื่องการทดลองใช้งาน	- ตามมาตรฐานหินเจียรทรงแบน (เนื้อหินกากเพชร) เลขที่เอกสารQC-STD-ABB-002	Vernier	☐ได้ตามข้อกำหนด	/	/	/	/	/
			☐ไม่ได้ตามข้อกำหนด					
	- สังเกตุการสึกของหินเจียร	Vernier	☐ การสึกน้อยมาก	/	/	/	/	/
			☐ การสึกมาก					

ตรวจสอบโดย : นาย ช่างตรวจ	ตำแหน่ง : (ผู้ทำการตรวจสอบ)	วันที่ 22/05/39
รับรองผลโดย : นาย คิวซี	ตำแหน่ง : หัวหน้าหมู่	วันที่ 22/05/39
อนุมัติผลการตรวจโดย : พ.ท.เจรจา	ตำแหน่ง : หัวหน้าโรงงาน	วันที่ 22/05/39

หมายเหตุ : 1. ให้กาเครื่องหมายถูกลงในช่องผลการตรวจ

สำหรับคณะกรรมการ

เลขที่ใบสั่งซื้อ (123/39)	คุณสมบัติเฉพาะที่ (7890)	จำนวนขนาดตัวอย่าง(5)ชิ้น

ความคิดเห็นอื่นๆ

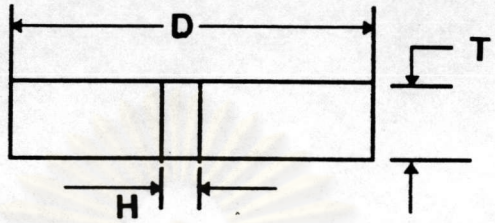
.....

.....

.....

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อที่ทำการตรวจสอบ : ลักษณะภายนอก,ขนาดและใบรับรองผลิตภัณฑ์ แผนกที่ทำการตรวจสอบ : ฝ่ายคุณภาพ	**แบบฟอร์มการตรวจสอบคุณภาพ หินเจียรทรงแบน(เนื้อหินธรรมดา)**
ชื่อวัตถุดิบ : หินเจียรทรงแบนเนื้อหินธรรมดา	หน้าที่ ..... ในจำนวนหน้า ..... หน้า
ชื่อเอกสารอ้างอิง :มาตรฐานหินเจียรทรงแบน(เนื้อหินธรรมดา)	เลขที่เอกสาร Fr - abb - 004



เรื่องที่ทำการตรวจ	เครื่องมือวัด	วิธีตรวจ	มาตรฐาน	ผลการตรวจชิ้นงานที่				
				1	2	3	4	5
1.เรื่อง ขนาด	- Vernier	- ใช้การวัดตามรูปประกอบ	D	5.911	5.887	5.909	5.904	5.890
			T	0.522	0.518	0.518	0.517	0.519
			H	1.256	1.250	1.250	1.253	1.253
2.เรื่องลักษณะภายนอก 2.1 เรื่องบรรจุภัณฑ์	- Visual	- ดูด้วยสายตา	☐ เรียบร้อย	/	/	/	/	/
			☐ ไม่เรียบร้อย					
2.2 เรื่อง รอยแตกร้าว	- ใช้โลหะ	- ใช้การเคาะฟัง	☐ เรียบร้อย	/	/	/	/	/
			☐ ไม่เรียบร้อย					
2.3 เรื่องฉลากป้าย	-Visual	- ดูด้วยสายตา	☐ เรียบร้อย	/	/	/	/	/
			☐ ไม่เรียบร้อย					
3. เรื่องใบรับรองผลิตภัณฑ์ (Certificate)	- คำรับรองจากผู้แทนจำหน่าย	- ส่งบริษัทตัวแทนรับรอง	☐ จริง					
			☐ ไม่จริง					

ตรวจสอบโดย : นาย ช่างตรวจ	ตำแหน่ง : (ผู้ทำการทดสอบ)	วันที่ 22/05/39
รับรองผลโดย : นาย คิวซี	ตำแหน่ง : หัวหน้าหมู่	วันที่ 22/05/39
อนุมัติผลโดย : พ.ท. เจรจา	ตำแหน่ง : หัวหน้าแผนก	วันที่ 22/05/39

หมายเหตุ : 1. ให้กาเครื่องหมายถูก ลงในช่องผลการตรวจ (ยกเว้น เรื่องขนาด ให้ลงผลเป็นค่าตัวเลข)

สำหรับคณะกรรมการ

เลขที่ใบสั่งซื้อ (123/39)	คุณสมบัติเฉพาะที่ (7891)	จำนวนขนาดตัวอย่าง (5)ชิ้น

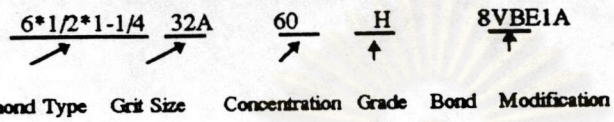
ความคิดเห็นอื่นๆ

.....

.....

หัวข้อที่ทำการตรวจสอบ : ขนาด,ปริมาณกากเพชรและสารยึดเหนี่ยว แผนกที่ทำการตรวจสอบ : ฝ่ายพัฒนาและทดสอบ	**แบบฟอร์มการตรวจสอบคุณภาพ หินเจียรทรงแบน(เนื้อหินธรรมดา)**
ชื่อวัตถุดิบ : หินเจียรทรงแบนเนื้อหินธรรมดา	หน้าที่ ..... ในจำนวนหน้า ..... หน้า
ชื่อเอกสารอ้างอิง :มาตรฐานหินเจียรทรงแบน(เนื้อหินธรรมดา)	เลขที่เอกสาร : Fr - abb - 005

สัญญลักษณ์



เรื่องที่ทำการตรวจ	เครื่องมือวัด	วิธีตรวจ	ผลการตรวจ	ผลการตรวจชิ้นงานที่				
				1	2	3	4	5
1. เรื่อง ขนาด (Grit Size)	- กล้อง illumination microscope zoom60x-100x	- ส่องดูด้วยสายตา - เปรียบเทียบ	☐ ตรงมาตรฐาน	/	/	/	/	/
			☐ไม่ตรงมาตรฐาน					
2. เรื่องปริมาณเพชร (Concentration)	- กล้อง illumination microscope zoom60x-100x	- ส่องดูด้วยสายตา - เปรียบเทียบ	ตรงมาตรฐาน	/	/	/	/	/
			☐ไม่ตรงมาตรฐาน					
3. เรื่องสารยึดเหนี่ยว (Bond)	- ใช้โลหะเคาะ	- ฟังเสียงเคาะ	☐ เสียงกังวาน	/	/	/	/	/
			☐ ไม่กังวาน					

ตรวจสอบโดย : ส.อ. ตรวจสอบ	ตำแหน่ง : (ผู้ทำการตรวจสอบ)	วันที่	22/05/39
รับรองผลโดย : ร.อ.กำกับดูแล	ตำแหน่ง : หัวหน้าหมู่	วันที่	22/05/39
อนุมัติผลโดย : พ.ท.หญิง ดิวซี	ตำแหน่ง : หัวหน้าแผนก	วันที่	22/05/39

หมายเหตุ : 1. ให้กาเครื่องหมายถูก ลงในช่องผลการตรวจ

สำหรับคณะกรรมการ

เลขที่ใบสั่งซื้อ (123/39)	คุณสมบัติเฉพาะที่ (7891)	จำนวนขนาดตัวอย่าง(5) ชิ้น

ความคิดเห็นอื่นๆ

.....

.....

.....

หัวข้อที่ทำการตรวจสอบ : การทดลองใช้งาน แผนกที่ทำการตรวจสอบ : ฝ่ายโรงงาน	**แบบฟอร์มการตรวจสอบคุณภาพ หินเจียรทรงแบน(เนื้อหินธรรมดา)**
ชื่อวัตถุดิบ: หินเจียรทรงแบนเนื้อหินธรรมดา	หน้าที่ ..... ในจำนวนหน้า ..... หน้า
ชื่อเอกสารอ้างอิง : มาตรฐานหินเจียรทรงแบน(เนื้อหินธรรมดา)	เลขที่เอกสาร : Fr- abb -006

เรื่องที่ทำการตรวจ	วิธีการตรวจ	เครื่องมือวัด	ผลการตรวจ	ผลการตรวจชิ้นงานที่				
				1	2	3	4	5
1. เรื่องการทดลองใช้งาน	- ตามมาตรฐานหินเจียรทรงแบน (เนื้อหินธรรมดา) เลขที่เอกสารQC-STD-ABB-002	Vernier	☐ได้ตามข้อกำหนด	/	/	/	/	/
			☐ไม่ได้ตามข้อกำหนด					
	- สังเกตุการสึกของหินเจียร	Vernier	☐ การสึกน้อยมาก	/	/	/	/	/
			☐ การสึกมาก					

ตรวจสอบโดย : นาย ช่างตรวจ	ตำแหน่ง : (ผู้ทำการตรวจสอบ)	วันที่ 22/05/39
รับรองผลโดย : นาย คิวซี	ตำแหน่ง : หัวหน้าหมู่	วันที่ 22/05/39
อนุมัติผลการตรวจโดย : พ.ท.เจรจา	ตำแหน่ง : หัวหน้าโรงงาน	วันที่ 22/05/39

หมายเหตุ : 1. ให้กาเครื่องหมายถูกลงในช่องผลการตรวจ

สำหรับคณะกรรมการ

เลขที่ใบสั่งซื้อ (123/39)	คุณสมบัติเฉพาะที่ (7891)	จำนวนขนาดตัวอย่าง(5)ชิ้น

ความคิดเห็นอื่นๆ

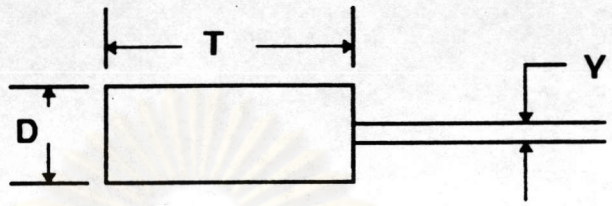
.....

.....

.....

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อที่ทำการตรวจสอบ : ลักษณะภายนอก,ขนาดและใบรับรองผลิตภัณฑ์ แผนกที่ทำการตรวจสอบ : ฝ่ายคุณภาพ	**แบบฟอร์มการตรวจสอบคุณภาพ หินเจียรชนิดมีก้านโลหะ**
ชื่อวัตถุดิบ : หินเจียรชนิดมีก้านโลหะ	หน้าที่ ..... ในจำนวนหน้า ..... หน้า
ชื่อเอกสารอ้างอิง :มาตรฐานหินเจียรชนิดมีก้านโลหะ	เลขที่เอกสาร Fr - abb - 007



เรื่องที่ทำการตรวจ	เครื่องมือวัด	วิธีตรวจ	มาตรฐาน	ผลการตรวจชิ้นงานที่				
				1	2	3	4	5
1.เรื่อง ขนาด	- Vernier	- ใช้การวัดตามรูปประกอบ	D	.519	.518	.521	.522	.515
			T	.510	.509	.514	.518	.515
			Y	.124	.125	.124	.124	.124
2.เรื่องลักษณะภายนอก 2.1 เรื่องบรรจุภัณฑ์	- Visual	- ดูด้วยสายตา	☐ เรียบร้อย	/	/	/	/	/
			☐ ไม่เรียบร้อย					
2.2 เรื่อง รอยแตกร้าว	- สายตา/กล้องขยาย	- สายตา	☐ เรียบร้อย	/	/	/	/	/
			☐ มีตำหนิ/รอยร้าว					
2.3 เรื่องฉลากป้าย	-Visual	- ดูด้วยสายตา	☐ เรียบร้อย	/	/	/	/	/
			☐ ไม่เรียบร้อย					
3. เรื่องใบรับรองผลิตภัณฑ์ (Certificate)	- คำรับรองจากผู้ผลิต	- รับรองเอกสาร	☐ จริง					
			☐ ไม่จริง					

ตรวจสอบโดย : นาย ช่างตรวจ	ตำแหน่ง : (ผู้ทำการตรวจสอบ)	วันที่ 22/05/39
รับรองผลโดย : นาย คิวซี	ตำแหน่ง : หัวหน้าหมู่	วันที่ 22/05/39
อนุมัติผลโดย : พ.ท.เจรจา	ตำแหน่ง : หัวหน้าแผนก	วันที่ 22/05/39

หมายเหตุ : 1. ให้กาเครื่องหมายถูก ลงในช่องผลการตรวจ (ยกเว้น เรื่องขนาด ให้ลงผลเป็นค่าตัวเลข)

สำหรับคณะกรรมการ

เลขที่ใบสั่งซื้อ (123/39)	คุณสมบัติเฉพาะที่ (7892)	จำนวนขนาดตัวอย่าง(5)ชิ้น

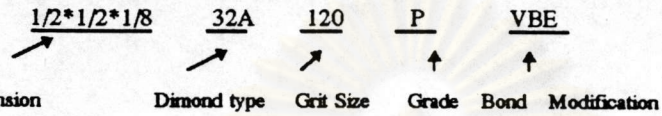
ความคิดเห็นอื่นๆ

.....

.....

หัวข้อที่ทำการตรวจสอบ : ขนาด,ปริมาณกากเพชร แผนกที่ทำการตรวจสอบ : ฝ่ายพัฒนาและทดสอบ	**แบบฟอร์มการตรวจสอบคุณภาพ หินเจียรชนิดมีก้านโลหะ**
ชื่อวัตถุดิบ : หินเจียรชนิดมีก้านโลหะ	หน้าที่ ..... ในจำนวนหน้า ..... หน้า
ชื่อเอกสารอ้างอิง :มาตรฐานหินเจียรชนิดมีก้านโลหะ	เลขที่เอกสาร : Fr - abb - 008

สัญญลักษณ์



เรื่องที่ทำการตรวจ	เครื่องมือวัด	วิธีตรวจ	ผลการตรวจ	ผลการตรวจชิ้นงานที่				
				1	2	3	4	5
1. เรื่อง ขนาด (Grit Size)	- กล้อง illumination microscope zoom60x-100x	- ส่องดูด้วยสายตา - เปรียบเทียบ	☐ ตรงมาตรฐาน ☐ไม่ตรงมาตรฐาน	/	/	/	/	/
2. เรื่องปริมาณเพชร (Concentration)	- กล้อง illumination microscope zoom60x-100x	- ส่องดูด้วยสายตา - เปรียบเทียบ	☐ ตรงมาตรฐาน ☐ไม่ตรงมาตรฐาน	/	/	/	/	/

ตรวจสอบโดย : ส.อ.ตรวจสอบ	ตำแหน่ง : (ผู้ทำการทดสอบ)	วันที่ 22/05/39
รับรองผลโดย : ร.อ.กำกับดูแล	ตำแหน่ง : หัวหน้าหมู่	วันที่ 22/05/39
อนุมัติผลโดย : พ.ท.หญิง คิวซี	ตำแหน่ง : หัวหน้าแผนก	วันที่ 22/05/39

หมายเหตุ : 1. ให้กาเครื่องหมายถูก ลงในช่องผลการตรวจ

สำหรับคณะกรรมการ

เลขที่ใบสั่งซื้อ (123/39)	คุณสมบัติเฉพาะที่ (7891)	จำนวนขนาดตัวอย่าง (5)ชิ้น

ความคิดเห็นอื่นๆ

.....

.....

.....

หัวข้อที่ทำการตรวจสอบ : การทดลองใช้งาน แผนกที่ทำการตรวจสอบ : ฝ่ายโรงงาน	**แบบฟอร์มการตรวจสอบคุณภาพ หินเจียรชนิดมีก้านโลหะ**
ชื่อวัตถุดิบ: หินเจียรชนิดมีก้านโลหะ	หน้าที่ ..... ในจำนวนหน้า ..... หน้า
ชื่อเอกสารอ้างอิง : มาตรฐานหินเจียรชนิดมีก้านโลหะ	เลขที่เอกสาร : Fr- abb -009

เรื่องที่ทำการตรวจ	วิธีการตรวจ	เครื่องมือวัด	ผลการตรวจ	ผลการตรวจชิ้นงานที่				
				1	2	3	4	5
1. เรื่องการทดลองใช้งาน	- ตามมาตรฐานหินเจียร (ชนิดมีก้านโลหะ) เลขที่เอกสารQC-STD-ABB-002	Vernier	☐ได้ตามข้อกำหนด	/	/	/	/	/
			☐ไม่ได้ตามข้อกำหนด					
	- สังเกตุการสึกของหินเจียร	Vernier	☐ การสึกน้อยมาก	/	/	/	/	/
			☐ การสึกมาก					

ตรวจสอบโดย : นายช่างตรวจ	ตำแหน่ง : (ผู้ทำการทดสอบ)	วันที่ 22/05/39
รับรองผลโดย : นาย คิวซี	ตำแหน่ง : หัวหน้าหมู่	วันที่ 22/05/39
อนุมัติผลการตรวจโดย : พ.ท.เจรจา	ตำแหน่ง : หัวหน้าโรงงาน	วันที่ 22/05/39

หมายเหตุ : 1. ให้กาเครื่องหมายถูกลงในช่องผลการตรวจ

สำหรับคณะกรรมการ

เลขที่ใบสั่งซื้อ (123/39)	คุณสมบัติเฉพาะที่ (7891)	จำนวนขนาดตัวอย่าง (5) ชิ้น

ความคิดเห็นอื่นๆ

.....

.....

.....

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อที่ทำการตรวจสอบ : ลักษณะภายนอกและใบรับรองผลิตภัณฑ์ แผนกที่ทำการตรวจสอบ : ฝ่ายคุณภาพ	**แบบฟอร์มการตรวจสอบคุณภาพ** **ยาขัด(เนื้อกากเพชร)**
ชื่อวัตถุดิบ : ยาขัด(เนื้อกากเพชร)	หน้าที่ ..... ในจำนวนหน้า ..... หน้า
ชื่อเอกสารอ้างอิง :มาตรฐานยาขัด(เนื้อกากเพชร)	เลขที่เอกสาร : Fr - pol - 001

เรื่องที่ทำการตรวจ	เครื่องมือวัด	วิธีตรวจ		ผลการตรวจชิ้นงานที่				
				1	2	3	4	5
1.เรื่อง ปริมาณ (จำนวนปริมาณที่ส่งมอบ)	- ใบสั่งซื้อ	-นับจำนวน	☑ ครบจำนวน					
			☐ ไม่ครบ					
2.เรื่องลักษณะภายนอก 2.1 เรื่องบรรจุภัณฑ์	- Visual	- ดูด้วยสายตา	☑ เรียบร้อย					
			☐ ไม่เรียบร้อย					
2.2 เรื่องฉลากป้าย	-Visual	- ดูด้วยสายตา	☑ เรียบร้อย					
			☐ ไม่เรียบร้อย					
2.3 สี/ เรื่อง นน.บรรจุ	- Visual - เครื่องชั่ง	- ดูด้วยตา - ดูที่สเกล - ดูที่ตัวผลิตภัณฑ์	☑ สีน้ำตาล	10.478	10.531	10.476	10.480	10.427
			☐ สีน้ำเงิน					
			☐ สีเขียว					
			☐ สีเหลือง					
			☐ สีครีม					
3. เรื่องใบรับรองผลิตภัณฑ์ (Certificate)	- ใบรับรองจากบริษัทผู้ผลิต	- ใบรับรองจากบริษัทผู้ผลิต	☑ จริง					
			☐ ไม่จริง					

ตรวจสอบโดย :	ตำแหน่ง :	วันที่ ...../...../.....
รับรองผลโดย :	ตำแหน่ง : หัวหน้าหมู่	วันที่ ...../...../.....
อนุมัติผลโดย :	ตำแหน่ง : หัวหน้าแผนก	วันที่ ...../...../.....

หมายเหตุ : 1. ให้กาเครื่องหมายถูก ลงในช่องผลการตรวจ

สำหรับคณะกรรมการ

เลขที่ใบสั่งซื้อ (123 / 39)	คุณลักษณะเฉพาะที่ (7892)	จำนวนตัวอย่าง (5) ชิ้น

ความคิดเห็นอื่นๆ

.....

.....

.....

หัวข้อที่ทำการตรวจสอบ : ขนาดและปริมาณเพชร แผนกที่ทำการตรวจสอบ : ฝ่ายพัฒนาและทดสอบ	**แบบฟอร์มการตรวจสอบคุณภาพ ยาขัด(เนื้อกากเพชร)**
ชื่อวัตถุดิบ : ยาขัด(เนื้อกากเพชร)	**หน้าที่** ..... **ในจำนวนหน้า** ..... **หน้า**
ชื่อเอกสารอ้างอิง :มาตรฐานยาขัด(เนื้อกากเพชร)	**เลขที่เอกสาร** : Fr - pol - 002

เรื่องที่ทำการตรวจ	เครื่องมือวัด	วิธีตรวจ	ผลการตรวจ	ผลการตรวจชิ้นงานที่				
				1	2	3	4	5
1. เรื่อง ขนาด (Grit Size)	- กล้องขยาย 100 เท่า	- ส่องดูด้วยสายตา - เปรียบเทียบ	☐ ตรงมาตรฐาน ☐ไม่ตรงมาตรฐาน	/	/	/	/	/
2. เรื่องปริมาณเพชร (Concentration)	- กล้องขยาย 100 เท่า	- ส่องดูด้วยสายตา - เปรียบเทียบ	☐ ตรงมาตรฐาน ☐ไม่ตรงมาตรฐาน	/	/	/	/	/

ตรวจสอบโดย : ส.อ. ตรวจสอบ	**ตำแหน่ง** : (ผู้ทำการตรวจสอบ)	**วันที่** 22/05/39
รับรองผลโดย : ร.อ.กำกับดูแล	**ตำแหน่ง** : หัวหน้าหมู่	**วันที่** 22/05/39
อนุมัติผลโดย : พ.ท.หญิง คิวซี	**ตำแหน่ง** : หัวหน้าแผนก	**วันที่** 22/05/39

หมายเหตุ : 1. ให้กาเครื่องหมายถูก ลงในช่องผลการตรวจ

สำหรับคณะกรรมการ

เลขที่ใบสั่งซื้อ ...../.....	**คุณลักษณะเฉพาะที่** ...../.....	**จำนวนตัวอย่าง** ..... **ชิ้น**

ความคิดเห็นอื่นๆ

.....

.....

.....

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อที่ทำการตรวจสอบ : การทดลองใช้งาน แผนกที่ทำการตรวจสอบ : ฝ่ายโรงงาน	**แบบฟอร์มการตรวจสอบคุณภาพ ยาขัด(เนื้อกากเพชร)**
ชื่อวัตถุดิบ : ยาขัด(เนื้อกากเพชร)	หน้าที่ ..... ในจำนวนหน้า ..... หน้า
ชื่อเอกสารอ้างอิง :มาตรฐานยาขัด(เนื้อกากเพชร)	เลขที่เอกสาร : Fr - pol - 003

เรื่องที่ทำการตรวจ	วิธีการตรวจ	เครื่องมือวัด		ผลการตรวจชิ้นงานที่				
				1	2	3	4	5
1. เรื่องการทดลองใช้งาน	- การสึกของชิ้นงานตามมาตรฐาน ยาขัด(เนื้อกากเพชร) เลขที่เอกสารQC-STD-POL-001	- Vernier - ชิ้นงาน มาตรฐาน	☐ ลดลง 4/10000					
			☐ ลดลง 3/10000	/	/	/	/	/
			☐ ลดลง 2/10000					
			☐ ลดลง 1/10000					

ตรวจสอบโดย : นายช่างตรวจ	ตำแหน่ง : (ผู้ทำการตรวจ)	วันที่ ...../...../.....
รับรองผลโดย : นายคิวซี	ตำแหน่ง : หัวหน้าหมู่	วันที่ ...../...../.....
อนุมัติผลโดย : พ.ท.เจรจา	ตำแหน่ง : หัวหน้าแผนก	วันที่ ...../...../.....

หมายเหตุ : 1. ให้กาเครื่องหมายถูก ลงในช่องผลการตรวจ

สำหรับคณะกรรมการ

เลขที่ใบสั่งซื้อ ...../.....	คุณลักษณะเฉพาะที่ ...../.....	จำนวนตัวอย่าง ..... ชิ้น

ความคิดเห็นอื่นๆ

.....

.....

.....

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

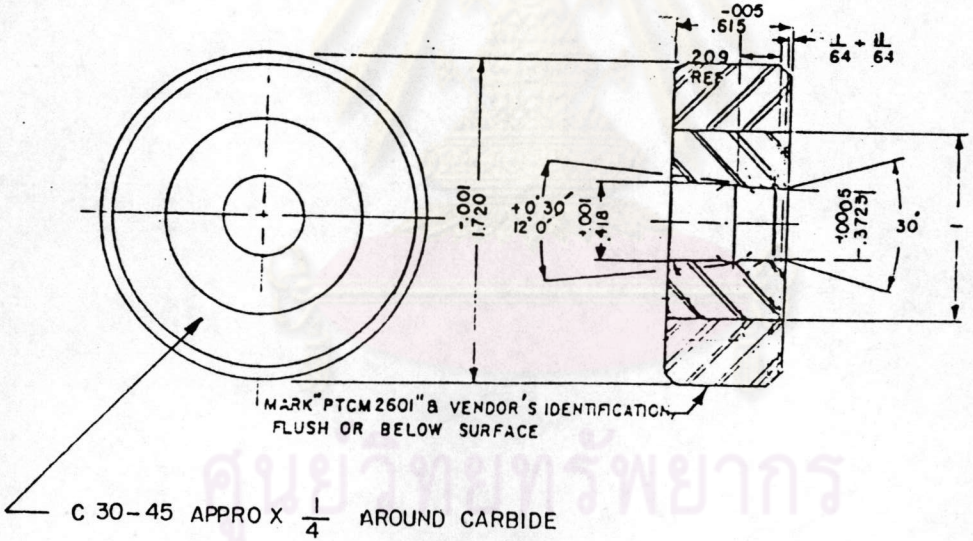
GENERAL NOTES

-DIMENSIONS UNLESS OTHERWISE INDICATED SHALL BE HELD TO DECIMALS ±.005
FRACTIONS ±1/64 FINISH SURFACES UP TO AND INCLUDING ↓ SHALL BE FREE
SCRATCHES, TOOL MARKS, CHECKS AND ROCKWELL MARKS.
BREAK ALL SHARP CORNERS UNLESS OTHERWISE NOTED .010 MAX.
-ANGLES UNLESS OTHERWISE INDICATED SHALL BE HELD TO ±5'
BOTH SIDES PARALLEL & SQUARE WITH AXIS WITHIN .001 T.I.R.
ALL DIAMETERS CONCENTRIC WITH WITHIN .005 T.I.R.

'ENTRANCE ANGLE CONCENTRIC WITH I.D WITHIN .0005 T.I.R.
.035 LENGTH OF LAND MUST FALL WITHIN .3720 +.0005 DIAMETER

MATERIAL: STEEL-125,000 PSI MIN. YIELD STRENGTH & CARBIDE C10

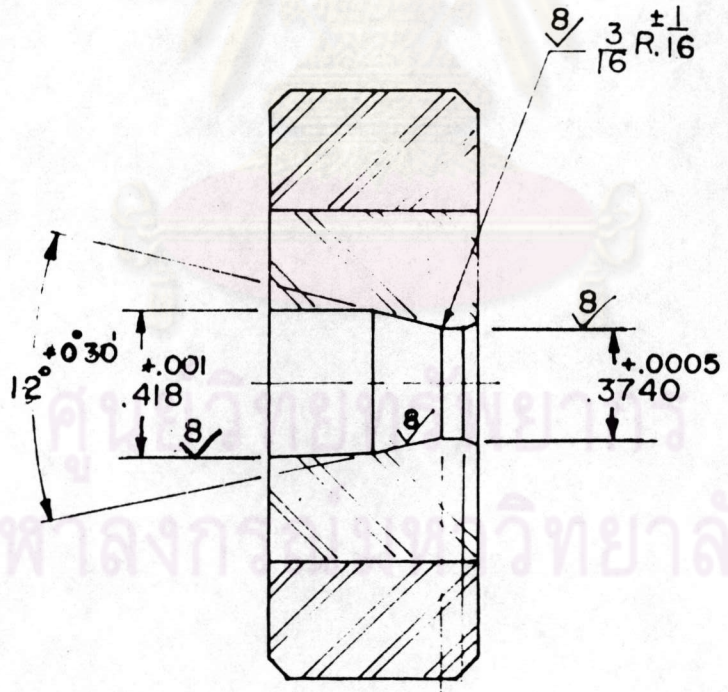
ROCKWELL HARDNESS
STEEL C30-45



รูปที่ 1 แสดงแบบพิมพ์เขียว หมู่งานชุบแข็ง แม่พิมพ์เจาะ Ptcm-2601

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

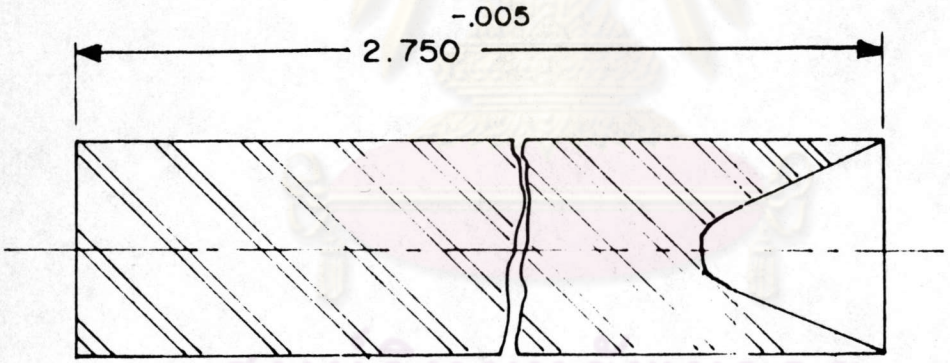
หมู่งาน หมู่ขัด	PTCM-2601	
อุปกรณ์ปฏิบัติงาน	ขั้นตอนการผลิต	เลขที่แบบ
	เขียนโดย	วันที่
	ผู้อนุมัติ	วันที่
	แก้ไขครั้งที่ เมื่อวันที่ เดือน	พ.ศ.



รูปที่ 2 แสดงแบบพิมพ์เขียว หมู่งานขัด สำหรับแม่พิมพ์เจาะ Ptcm-2601

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมู่งาน เจียรผิวหน้า	PT-259-e
อุปกรณ์ปฏิบัติงาน	ขั้นตอนการผลิต / เลขที่แบบ
	เขียนโดย วันที่
	ผู้อนุมัติ วันที่
	แก้ไขครั้งที่ เมื่อวันที่ เดือน พ.ศ.



รูปที่ 3 แสดงแบบพิมพ์เขียว หมู่งานเจียรผิวหน้า สำหรับแม่พิมพ์เจาะ Pt-259-e

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

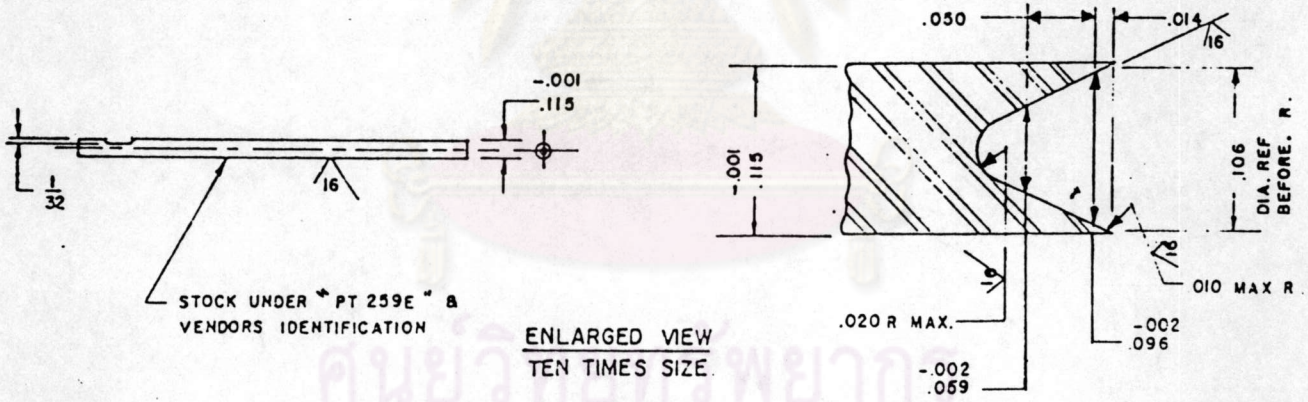
GENERAL NOTES

DIMENSIONS UNLESS OTHERWISE INDICATED SHALL BE HELD TO BECIMALS .005 FRACTIONS 1/64
FINISH SURFACES UP TO AND INCLUDING SHLL BE FREE FROM SCRATCHES, TOOL MARKS CHECKS AND ROCKWELL MARKS.
BREAK ALL SHARP CORNERS UNLESS OTHERWISE NOTED. 010 MAX.
PROFILE & O.D SHLL BE CONCENTRIC WITHIN .002 TOTAL INDICATO2. READING.

STEM SHALL BE STRAIGHT FOR ENTIRE LENGTH WITHIN .008 TOTAL INDICATOR READING.

MATERIAL:
6 OR 7

ROCKWELL HARDNESS.
C 42 – 45



ENLARGED VIEW
TEN TIMES SIZE.

รูปที่ 4 แสดงแบบพิมพ์เขียว หมู่งานขัดมัน สำหรับแม่พิมพ์เจาะ Pt-259-e

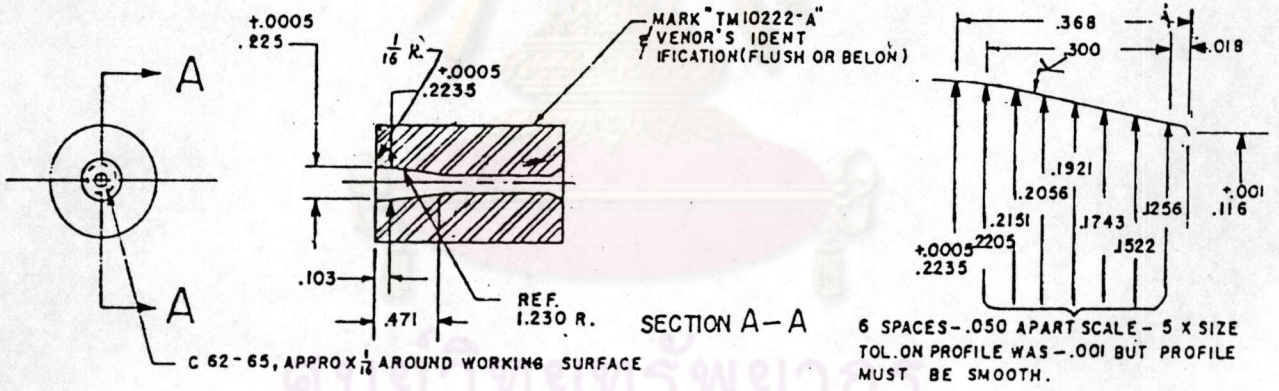
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

NOTES

TOLERANCES UNLESS NOTED: DECIMALS ±.005 FRACTIONS ± 1/64 ANGLES ± .0° 30'
FINISH SURFACES UP TO AND INCLUDING 63 SMALL BE FREE FROM SCRATCHES, TOOL MARKS, CHECKS AND ROCKWELL MARKS. BREAK ALL SHARP CORNERS UNLESS OTHERWISE NOTED. .010 R. MAX. FINISH 63 EXCEPT AS NOTED
DIA'S. AND PROFILE SHALL BE CONCENTRIC WITHIN .001 T.I.R.

BOTH FACES MUST BE PARALLEL AND SQUARE WITS AXIS OF WORKING DIA. WITHIN .001 T.I.R.

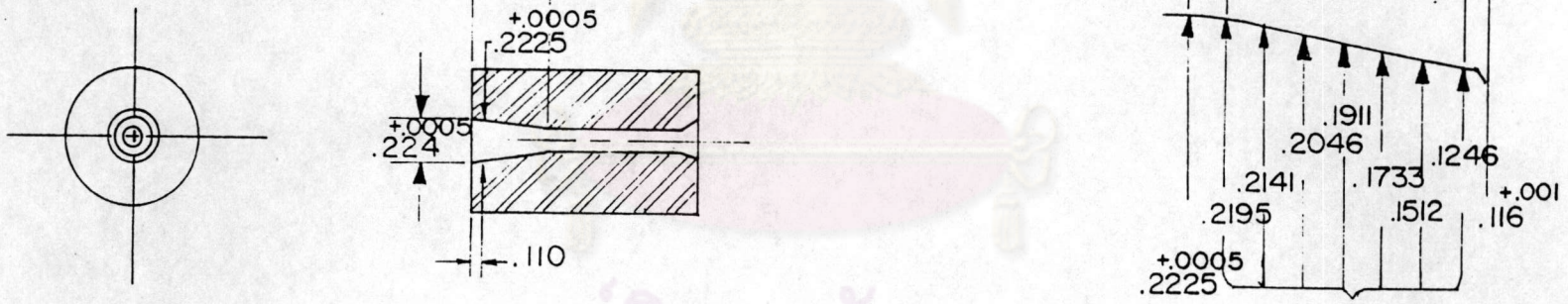
MAT'L:
CCA SPEC. #3 OR #5



รูปที่ 5 แสดงแบบพิมพ์เขียว หมู่งานชุบแข็ง สำหรับแม่พิมพ์เจาะ Tm-10222-a

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

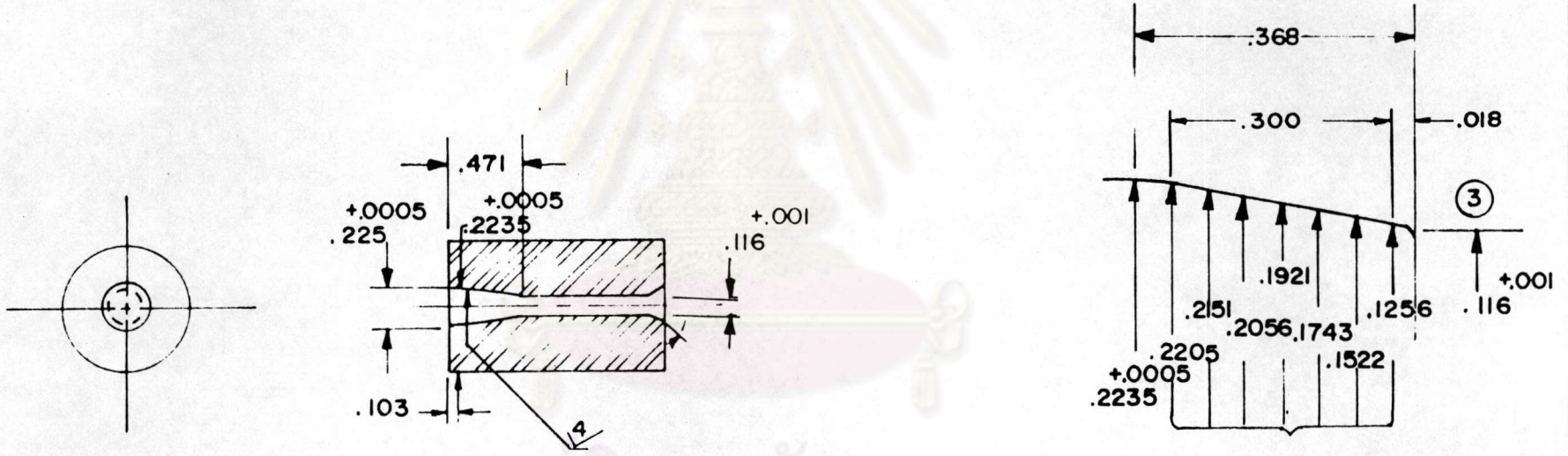
หมู่งาน เจียรภายใน	TM- 10222 – A
อุปกรณ์ปฏิบัติงาน	ขั้นตอนการผลิต / เลขที่แบบ
	เขียนโดย วันที่ / /
	ผู้อนุมัติ วันที่ / /
	แก้ไขครั้งที่ เมื่อวันที่ เดือน พ.ศ.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 6 แสดงแบบพิมพ์เขียว หมู่งานเจียรภายใน สำหรับแม่พิมพ์เจาะ Tm-10222-a

หมู่งาน ขัด	TM-10222-A
อุปกรณ์ปฏิบัติงาน	ขั้นตอนการผลิต / เลขที่แบบ
	เขียนโดย วันที่ / /
	ผู้อนุมัติ วันที่ / /
	แก้ไขครั้งที่ เมื่อวันที่ เดือน พ.ศ.



รูปที่ 7 แสดงแบบพิมพ์เขียว หมู่งานขัดมัน สำหรับแม่พิมพ์เจาะ Tm-10222-a

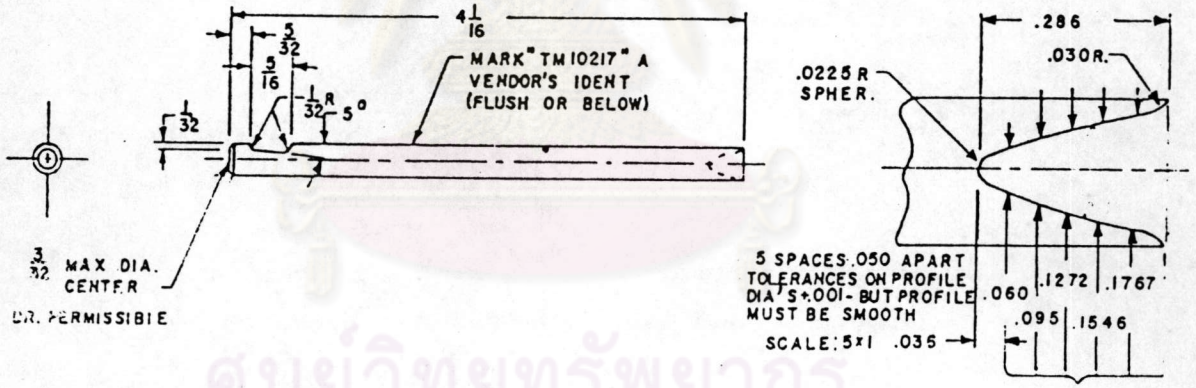
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

NOTES

TOLERANCES UNLESS NOTED: DECIMALS ± .005 FRACTION ± 1/64 ANGLES ± 0° 30'
FINISH SURFACES UP TO AND INCLUDING 63 SHALL BE FREE FROM SCRATCHES, TOOL MARKS, CHECKS AND ROCKWELL MARKS.
BREAK ALL SHARP CORNERS UNLESS OTHERWISE NOTED. .010 R. MAX.
63 FINISH UNLESS NOTED

ALL DIA'S & PROFILES SHALL BE CONCENTRIC WITHIN .001 T.I.R.

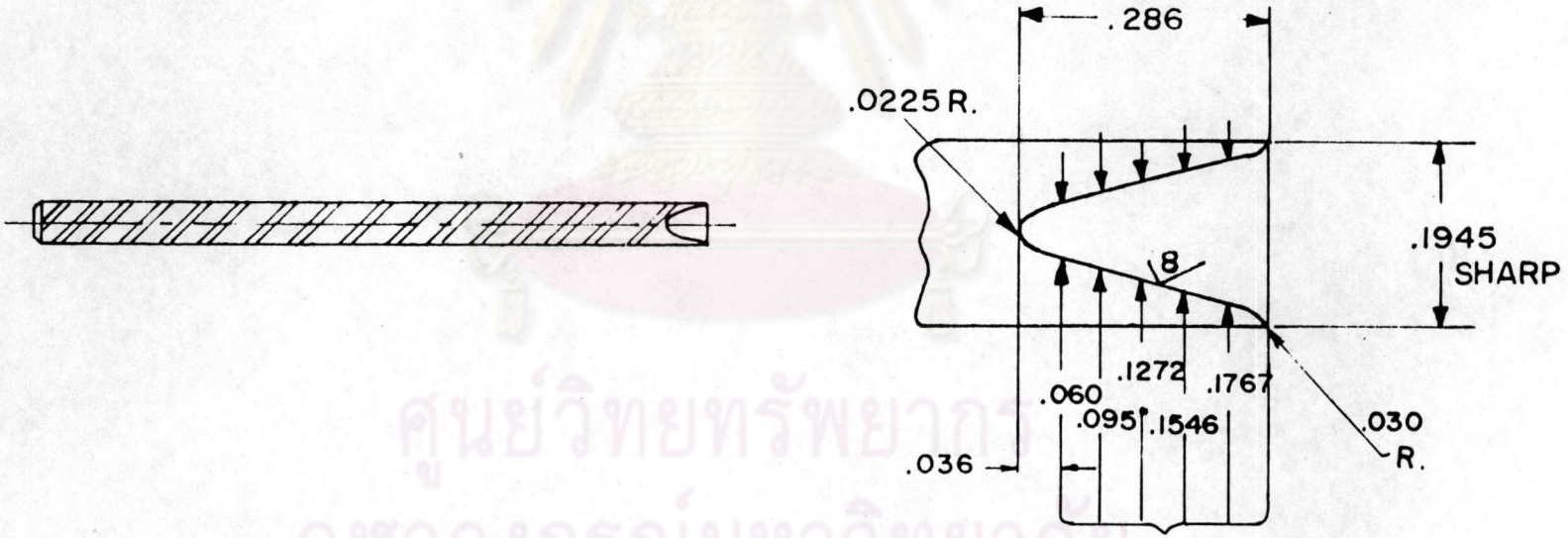
MAT'L
L.C.A. STC. SPEC. "3 OR "5



รูปที่ 8 แสดงแบบพิมพ์เขียว หมุ่งานเจียรผิวหน้า แม่พิมพ์เจาะ Tm-10217-a

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

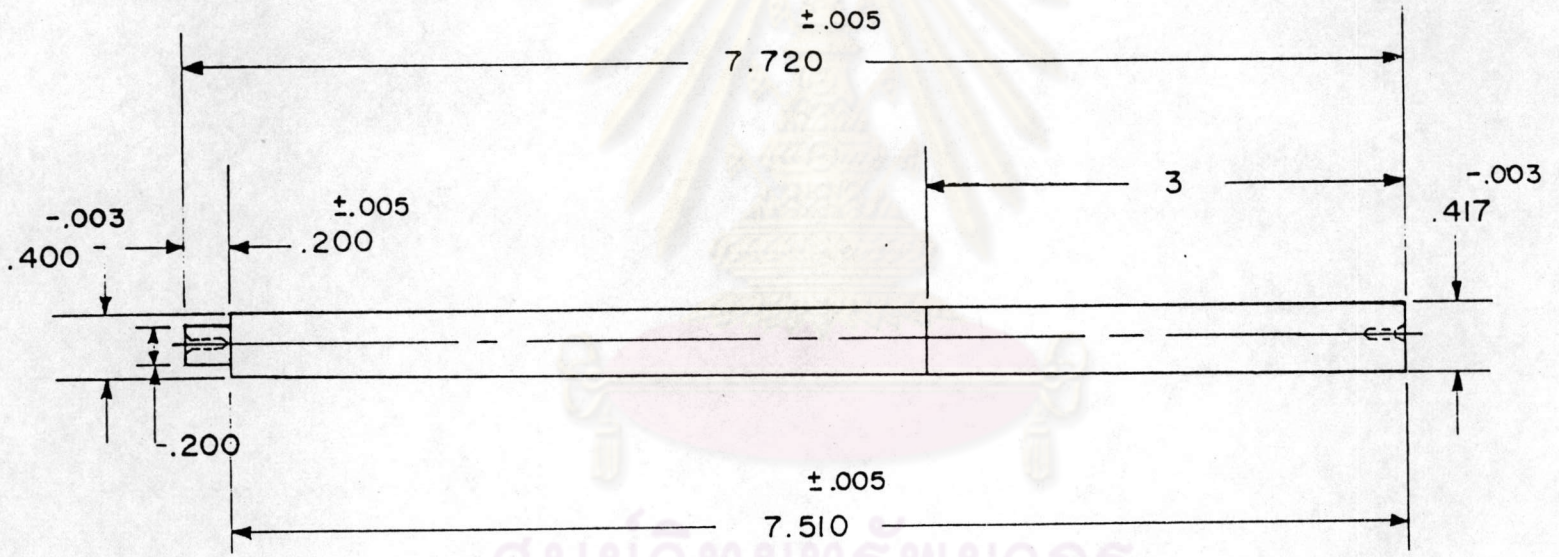
หมู่งาน ขัด	TM 10217-A	
อุปกรณ์ปฏิบัติงาน	ขั้นตอนการผลิต	เลขที่แบบ
	เขียนโดย	วันที่ / /
	ผู้อนุมัติ	วันที่ / /
	แก้ไขครั้งที่ เมื่อวันที่ เดือน	พ.ศ.



รูปที่ 9 แสดงแบบพิมพ์เขียว หมู่งานขัดมัน สำหรับแม่พิมพ์เจาะ Tm-10217-a

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

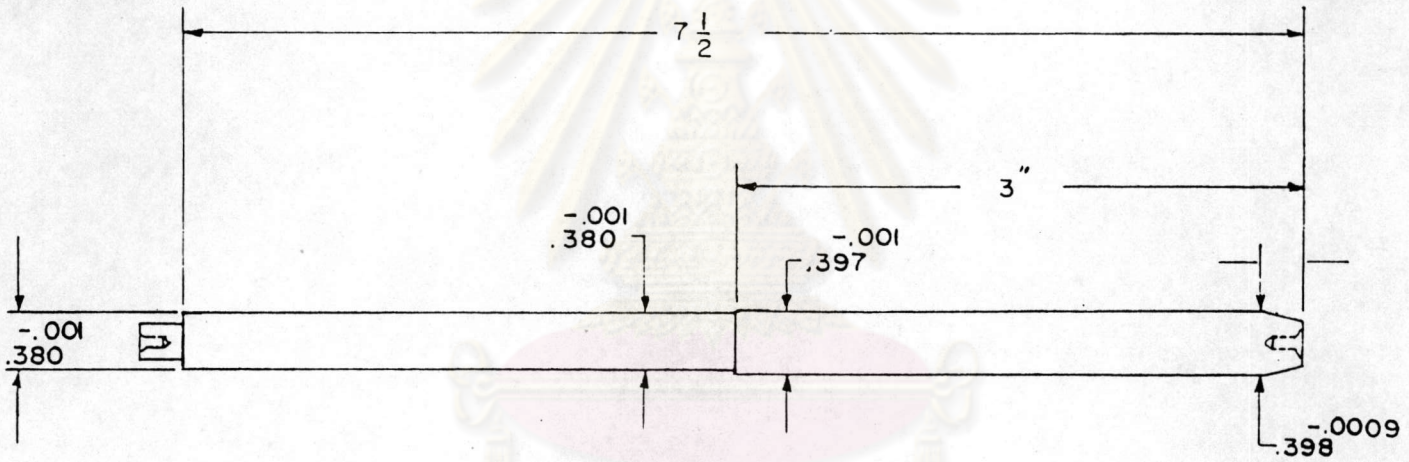
หมู่งาน กลึงธรรมดา	LPTP 2589
อุปกรณ์ปฏิบัติงาน	ขั้นตอนการผลิต / เลขที่แบบ
	เขียนโดย วันที่ / /
	ผู้อนุมัติ วันที่ / /
	แก้ไขครั้งที่ เมื่อวันที่ เดือน พ.ศ.



รูปที่ 10 แสดงแบบพิมพ์เขียว หมู่งานกลึงธรรมดา สำหรับแม่พิมพ์เจาะ Ptp-2589

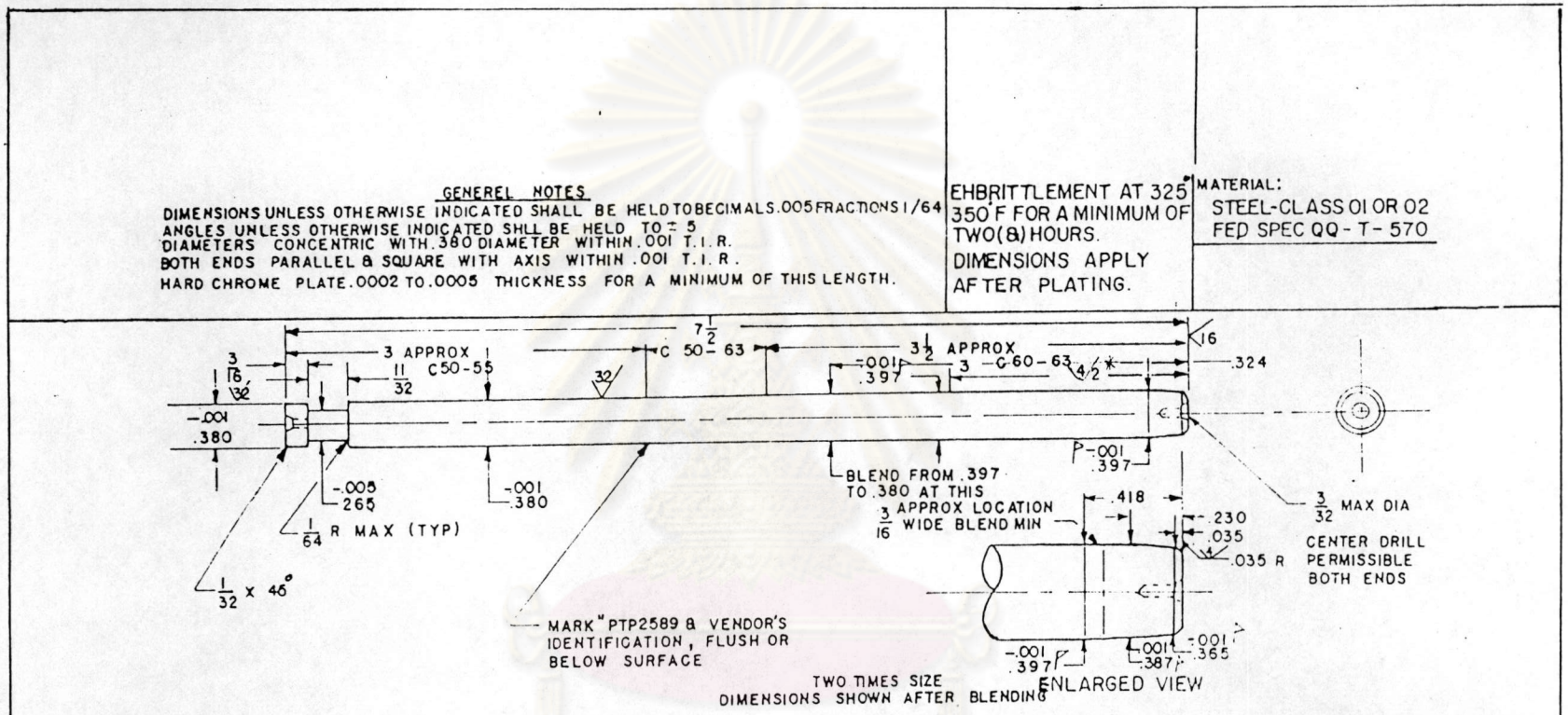
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมู่งาน หมู่เจียรภายนอก	LPTP-2589	
อุปกรณ์ปฏิบัติงาน	ขั้นตอนการผลิต	เลขที่แบบ
	เขียนโดย	วันที่ / /
	ผู้อนุมัติ	วันที่ / /
	แก้ไขครั้งที่ เมื่อวันที่	เดือน พ.ศ.



รูปที่ 11 แสดงแบบพิมพ์เขียว หมู่งานเจียรภายนอก สำหรับแม่พิมพ์เจาะ Ptp-2589

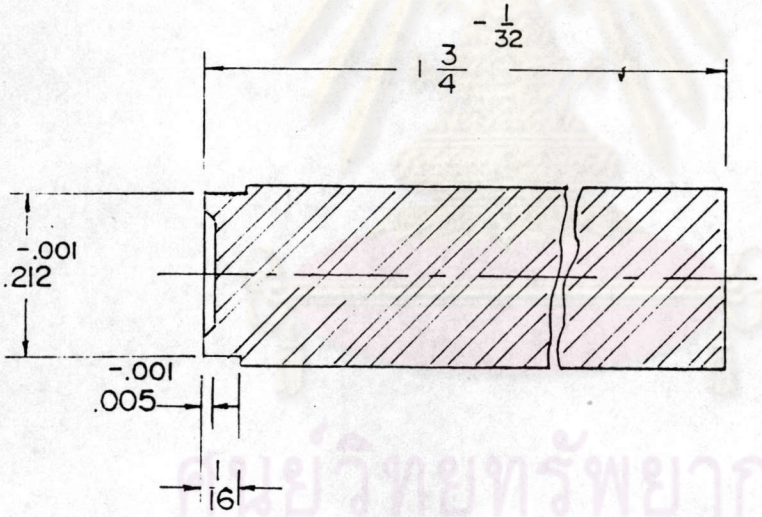
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 12 แสดงแบบพิมพ์เขียว หมุ่งานขัดมัน สำหรับแม่พิมพ์เจาะ Ptp-2589

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมู่งาน หมู่เจียรผิวหน้า	TM- 10083- 1	
อุปกรณ์ปฏิบัติงาน	ขั้นตอนการผลิต	เลขที่แบบ
	เขียนโดย	วันที่ / /
	ผู้อนุมัติ	วันที่ / /
	แก้ไขครั้งที่ วันที่ เดือน	พ.ศ



รูปที่ 15 แสดงแบบพิมพ์เขียว หมู่งานเจียรผิวหน้า สำหรับแม่พิมพ์เจาะ Tm-10083-1

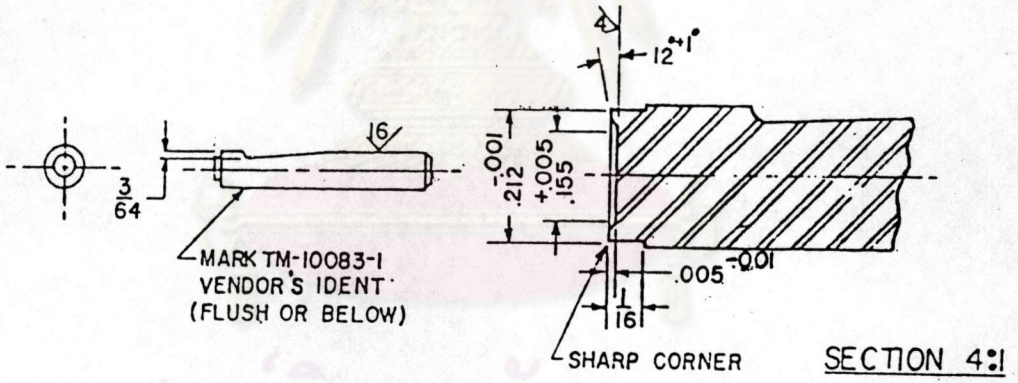
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

NOTES
TOLERANCES UNLESS NOTED: DECIMALS ± .005 FRACTION ± 1/64 ANGLES ± 1° 0'
FINISH SURFACES UP TO AND INCLUDING 63 SHALL BE FREE FROM SCRATCHES, TOOL MARKS, CHECKS AND ROCKWELL MARKS.
BREAK ALL SHARP CORNERS UNLESS OTHERWISE NOTED. .010R MAX.

DIAS. TO BE CONCENTRIC WITHIN .002 T.I.R FINISH 63 EXCEPT AS NOTED

MAT'L
LCA STL 01 OR 02

ROCKWELL HARDNESS
RC 55-57



รูปที่ 14 แสดงแบบพิมพ์เขียว หมู่งานขัดมัน สำหรับแม่พิมพ์เจาะ Tm-10083-1

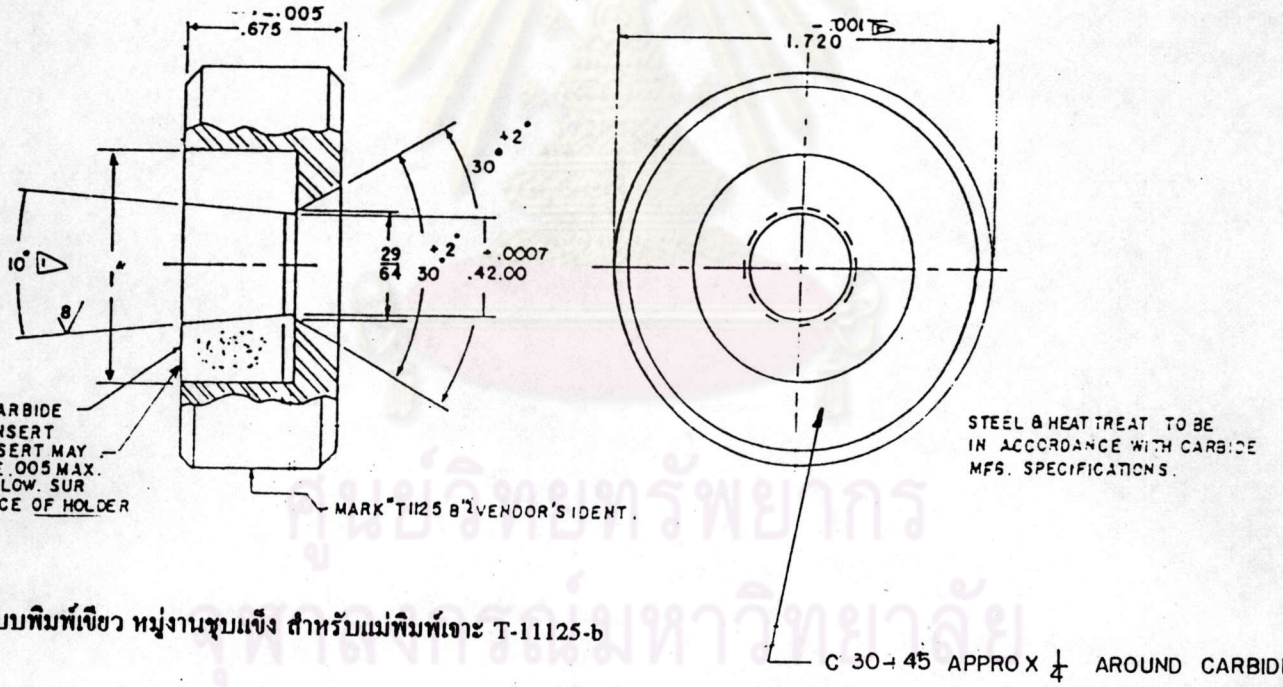
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

NOTES

TOLERNCES UNLESS NOTED: DECINALS ±.005 FRACTIONS ± 1/64 ANGLES ± 0° 30'
FINISH SUREACES UP TO AND INCLUDING SHALL BE FREE FROM SCRATCHES
TOOLMARKS, CHECKS AND ROCKWELL MARKS.
BREAK ALL SHARP CORNERS UNLESS OTHERWISE NOTED .010 R MAX.

⌭ CONCENTRIC WITHIN .0005 T.I.R.
⌭ CONCENTRIC WITHIN .001 T.I.R
⌭ PARALLELC SQUARE WITH A X 15 WITHIN .001 T.I.R.

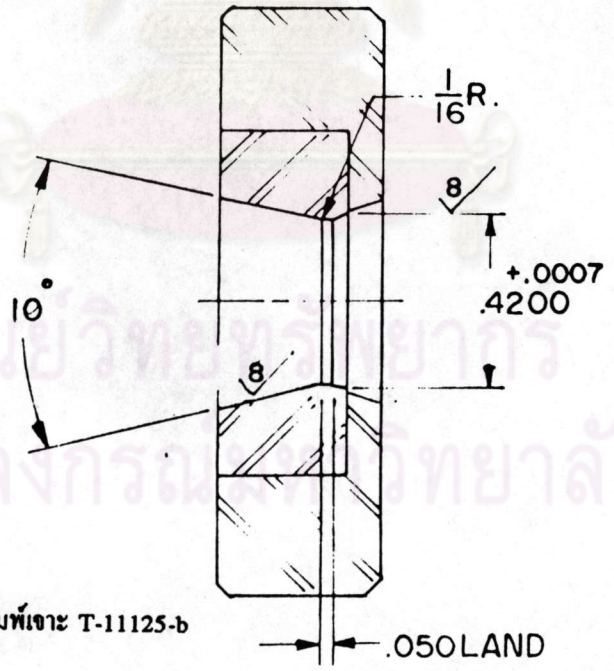
MAT'L:
CARBIDE-7790R EQUAL



รูปที่ 15 แสดงแบบพิมพ์เขียว หมู่งานชุบแข็ง สำหรับแม่พิมพ์เจาะ T-11125-b

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมู่งาน หมู่ขัด	T-11125-B	
อุปกรณ์ปฏิบัติงาน	ขั้นตอนการผลิต	เลขที่แบบ
	เขียนโดย	วันที่ / /
	ผู้อนุมัติ	วันที่ / /
	แก้ไขครั้งที่ เมื่อวันที่ เดือน	พ.ศ.



รูปที่ 16 แสดงแบบพิมพ์เขียว หมู่งานขัดมัน สำหรับแม่พิมพ์เจาะ T-11125-b

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมู่งาน ขัด	TM 10219-B	
อุปกรณ์ปฏิบัติงาน	ขั้นตอนการผลิต	เลขที่แบบ
	เขียนโดย	วันที่ / /
	ผู้อนุมัติ	วันที่ / /
	แก้ไขครั้ง เมื่อวันที่ เดือน	พ.ศ.

รูปที่ 17 แสดงแบบพิมพ์เขียว หมู่งานขัดมัน สำหรับแม่พิมพ์เจาะ Tm-10219-b

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

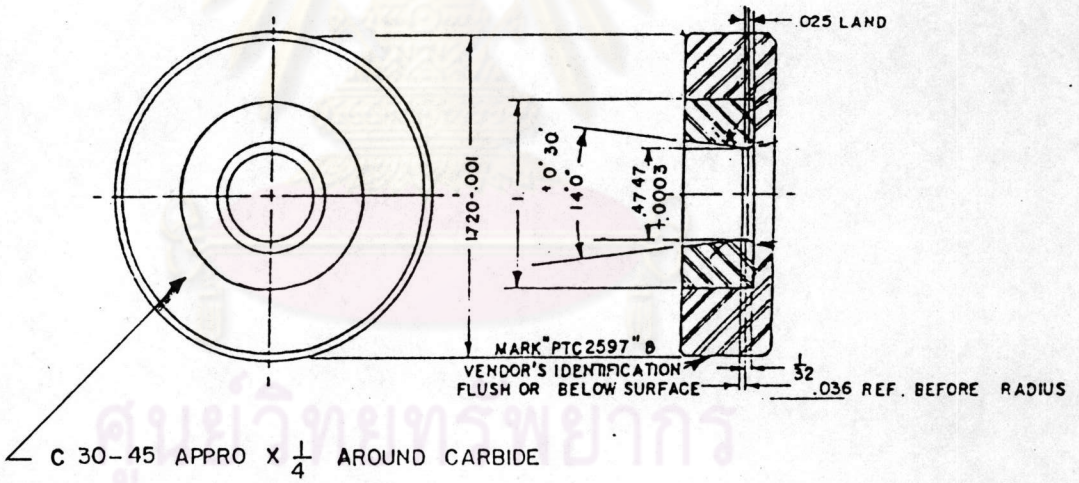
GENERAL NOTES

DIMENSIONS UNLESS OTHERWISE INDICATED SHALL BE HELD TO DECIMALS ±.005 FRACTIONS ±1/64
FINISH SURFACES UP TO AND INCLUDING 8 SHLL BE FREE FROM SCRATCHES, TOOL MARKS, CHECKS AND ROCKMELL MARKS.
BREAK ALL SHARP CORNERS UNLESS OTHERWISE NOTED .010 MAX.
ANGLES UNLESS OTHERWISE INDICATED SHLL BE HEID TO ±5
BOTH SIDES PARALLEL & SQUARE WITH AXIS WITHIN .001 T.I.R.
ALL DIAMETERS CONCENTRIC WITH WITHIN .005 T.I.R.

ENTRANCE ANGLE CONC
ENTRIC WITH I.D WITHIN
.0005 T.I.R.
.035 LENGTH OF LAND
MUST FALL WITHIN .4747
+.0003 DIAMETER

MATERIAL: STEEL-123,000C
PSI MIN. YIELD
STRENGTH & CARBIDE CIC

ROCKWELL HARDNESS:
STEEL-C30 - 45



รูปที่ 19 แสดงแบบพิมพ์เขียว หมุ่งานชุบแข็ง สำหรับแม่พิมพ์เจาะ Ptc--2597

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

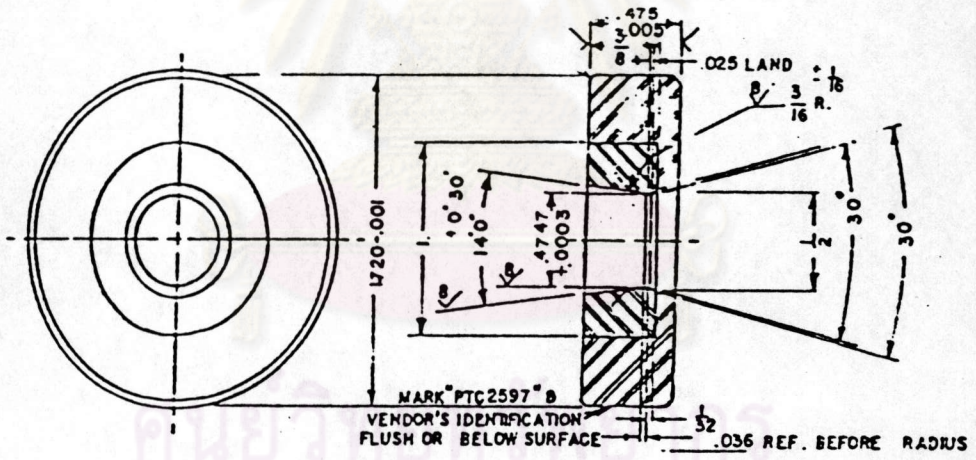
GENERAL NOTES

DIMENSIONS UNLESS OTHERWISE INDICATED SHALL BE HELD TO DECIMALS ±.005 FRACTIONS ±1/64
FINISH SURFACES UP TO AND INCLUDING 8 SHALL BE FREE FROM SCRATCHES, TOOL MARKS, CHECKS AND ROCKWELL MARKS.
BREAK ALL SHARP CORNERS UNLESS OTHERWISE NOTED .010 MAX.
ANGLES UNLESS OTHERWISE INDICATED SHALL BE HELD TO ±5'
BOTH SIDES PARALLEL & SQUARE WITH AXIS WITHIN .001 T.I.R.
ALL DIAMETERS CONCENTRIC WITH WITHIN .005 T.I.R.

ENTRANCE ANGLE CONCENTRIC WITH I.D WITHIN .0005 T.I.R.
.035 LENGTH OF LAND MUST FALL WITHIN .4747 +.0003 DIAMETER

MATERIAL: STEEL-123,000C PSI MIN. YIELD STRENGTH & CARBIDE CIC

ROCKWELL HARDNESS:
STEEL-C30 - 45



รูปที่ 19 แสดงแบบพิมพ์เขียว หมู่งานขัดมัน สำหรับแม่พิมพ์เจาะ Ptc--2597

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

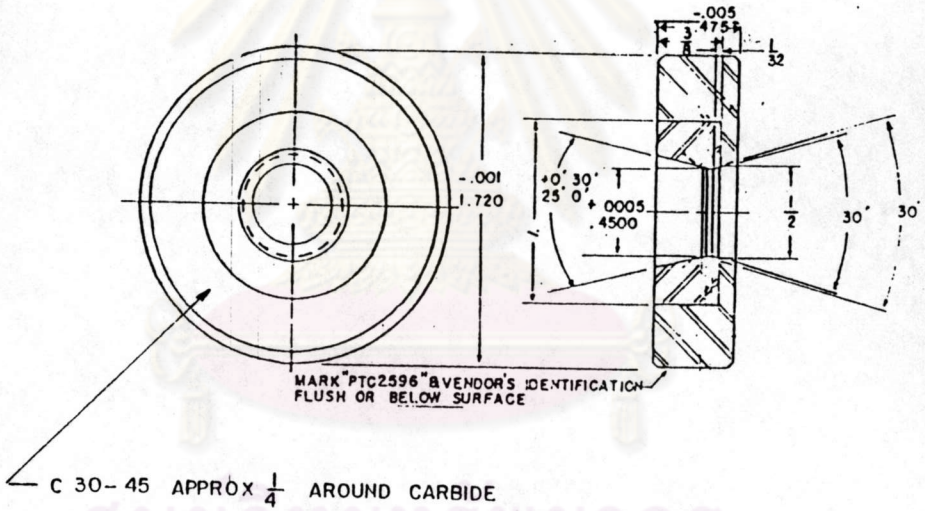
GENERAL NOTES

DIMENSIONS UNLESS OTHERWISE INDICATED SHALL BE HELD TO DECIMALS: .005. FRACTIONS: 1/64
FINISH SURFACES UP TO AND INCLUDING SHLL BE FREE FROM SCRATCHES, TOOL MARKS, CHECKS AND ROCKWELL MARKS.
BREAK ALL SHARP CORNERS UNLESS OTHERWISE NOTED. 010 MAX.
ANGLES UNLESS OTHERWISE INDICATED SHLL BE HELD TO ±5'
BOTH SIDES PARALLEL & SQUARE WITH AXIS WITHIN .001 T.I.R.
ALL DIAMETERS CONCENTRIC WITHIN .005 T.I.R

ENTRANCE AHGLE
CONCEMTRIC WITH I.D.
WITHIN .0005 T.I.R.
040LENGTH OF LAND
MUST FALL WITHIN 4800†
.0005 DIAMETER.

MATERIAL: STEL.- 125,000PSI
MIN. WELD STRENGTH 8
CARBIDE C10

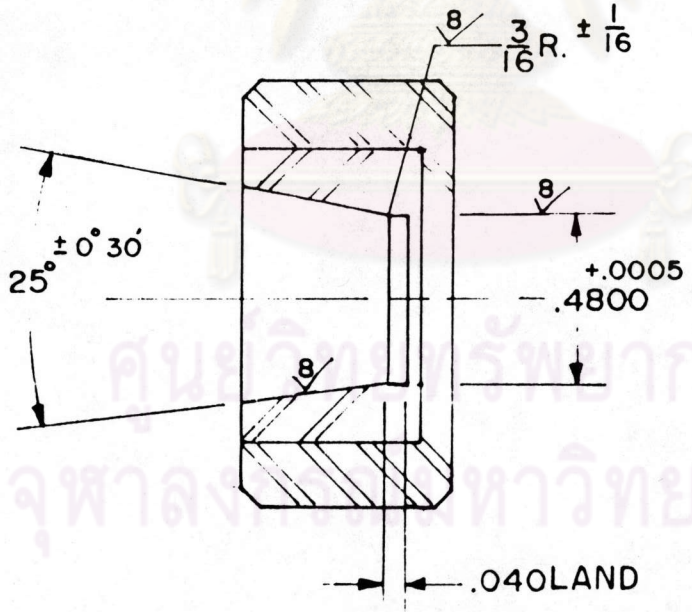
ROCKWELL HARDNESS
STEEL C 30-45



รูปที่ 20 แสดงแบบพิมพ์เขียว หมุ่งานชุบแข็ง สำหรับแม่พิมพ์เจาะ PTC-2596

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

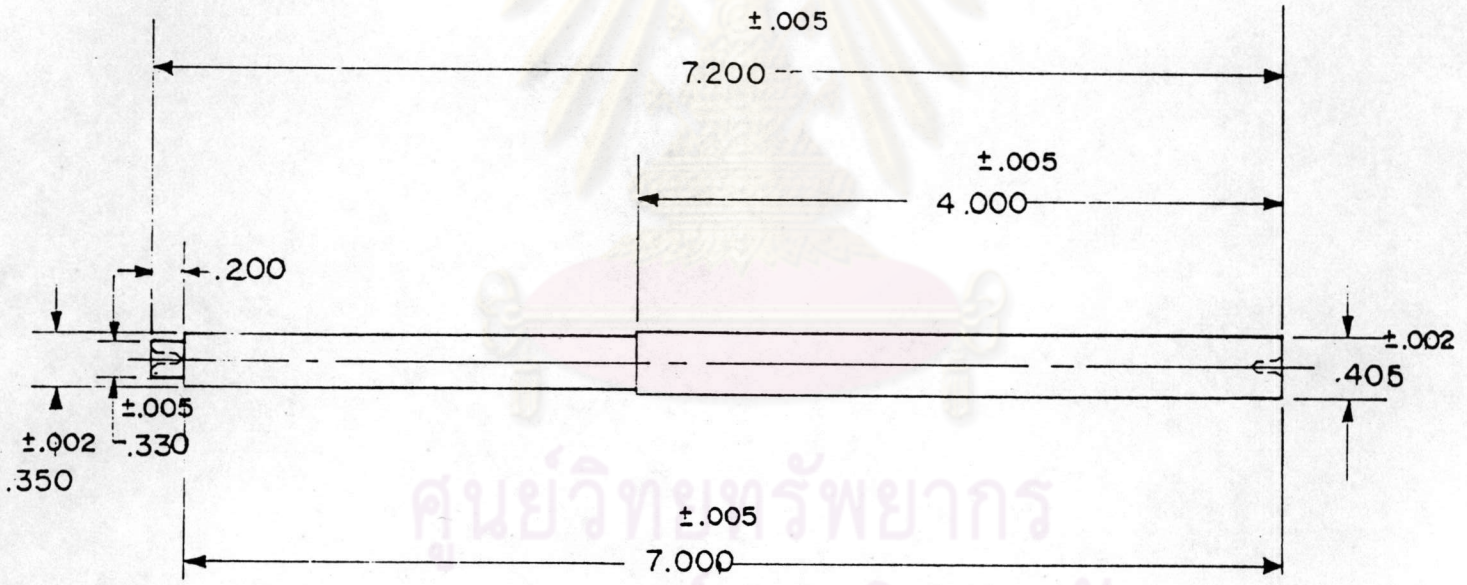
หมู่งาน	หมู่ขัด	PTC-2596	
อุปกรณ์ปฏิบัติงาน		ขั้นตอนการผลิต	เลขที่แบบ
		เขียนโดย	วันที่ / /
		ผู้อนุมัติ	วันที่ / /
		แก้ไขครั้งที่ เมื่อวันที่	เดือน พ.ศ.



รูปที่ 21 แสดงแบบพิมพ์เขียว หมู่งานขัดมัน สำหรับแม่พิมพ์เจาะ Ptc-2596

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

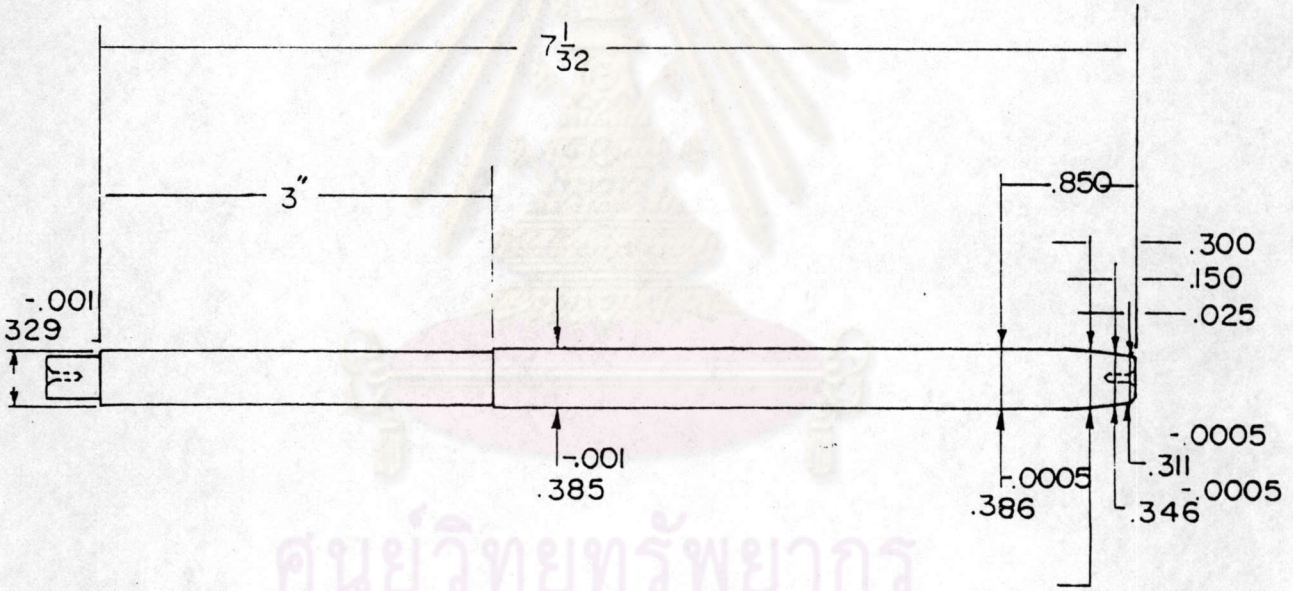
หมู่งาน หมู่กลึงธรรมดา	LPTP-2591-5	
อุปกรณ์ปฏิบัติงาน	ขั้นตอนการผลิต	เลขที่แบบ
	เขียนโดย	วันที่ / /
	ผู้อนุมัติ	วันที่ / /
	แก้ไขครั้งที่ วันที่ เดือน พ.ศ.	



รูปที่ 22 แสดงแบบพิมพ์เขียว หมู่งานกลึงธรรมดา สำหรับแม่พิมพ์เจาะ Lptp-2591-5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมู่งาน หมู่เจียรภายนอก	LPTP-2591-5	
อุปกรณ์ปฏิบัติงาน	ขั้นตอนการผลิต	เลขที่แบบ
	เขียนโดย	วันที่ / /
	ผู้อนุมัติ	วันที่ / /
	แก้ไขครั้งที่ เมื่อวันที่	เดือน พ.ศ.



รูปที่ 23 แสดงแบบพิมพ์เขียว หมู่งานเจียรภายนอก สำหรับแม่พิมพ์เจาะ Lptp-2591-5

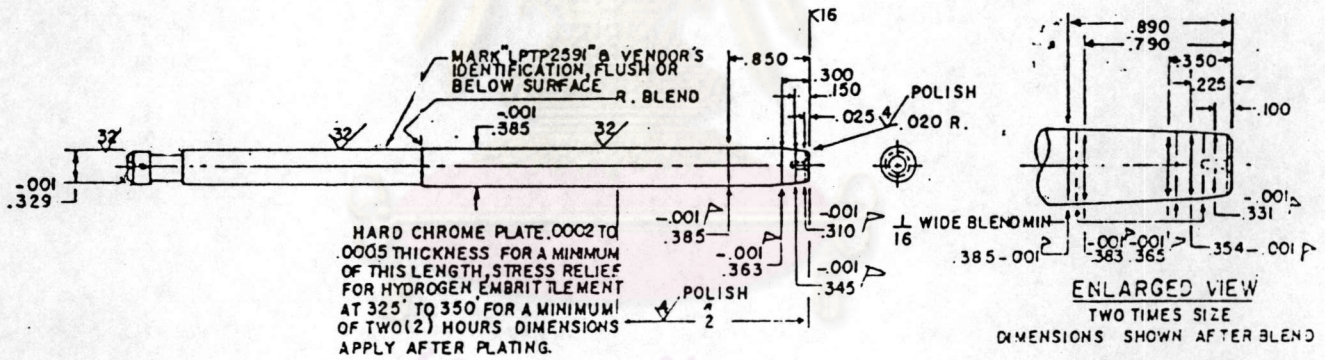
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

GENERAL NOTES

DIMENSIONS UNLESS OTHERWISE INDICATED SHALL BE HELD TO DECIMALS - .005 FRACTION ±1/64 FINISH SURFACES UP TO AND INCLUDING ' SHALL BE FREE FROM SCRATCHES, TOOL MARKS, CHECKS AND ROCKWELL MARKS.
BREAK ALL SHARP CORNERS UNLESS OTHERWISE NOTED .010 MAX
ANGLES UNLESS OTHERWISE INDICATED SHALL BE HELD TO ± 5°
DIAMETERS CONCENTRIC WITH 329 DIAMETER WITHIN .001 T.I.R.

BOTH ENDS PARALLEL & SQUARE WITH AXIS WITHIN .001 T.I.R.

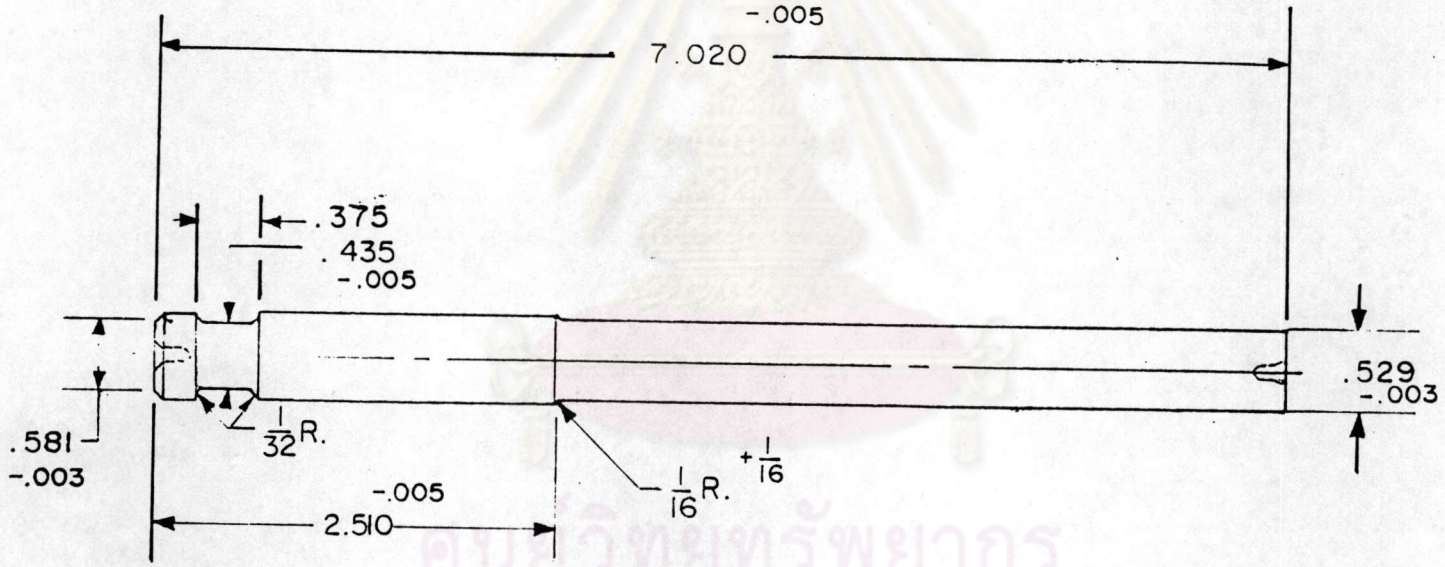
MATERIAL
STEEL - CLASS 01 OR 02
FED SPEC QQ T-5 TO



รูปที่ 24 แสดงแบบพิมพ์เขียว หมู่งานขัดมัน สำหรับแม่พิมพ์เจาะ Lptp-2591-5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

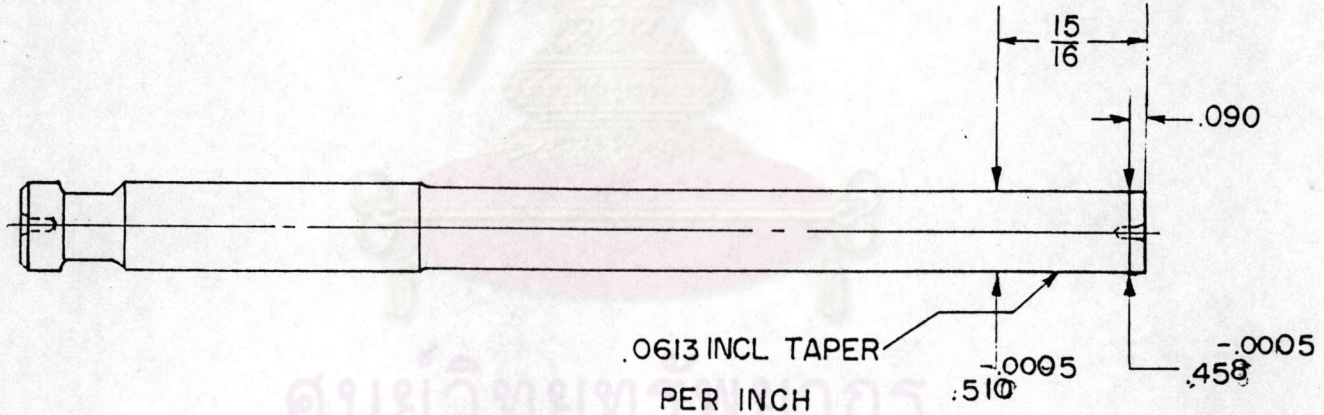
หมู่งาน หมู่กลึงธรรมดา	PTP- 1291 - b	
อุปกรณ์ปฏิบัติงาน	ขั้นตอนการผลิต	เลขที่แบบ
	เขียนโดย	วันที่ / /
	ผู้อนุมัติ	วันที่ / /
	แก้ไขครั้งที่ เมื่อวันที่	เดือน พ.ศ.



รูปที่ 25 แสดงแบบพิมพ์เขียว หมู่งานกลึงธรรมดา สำหรับแม่พิมพ์เจาะ Ptp-1291-b

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมู่งาน หมู่เจียรภายนอก	PTP- 1291-b	
อุปกรณ์ปฏิบัติงาน	ขั้นตอนการผลิต	เลขที่แบบ
	เขียนโดย	วันที่ / /
	ผู้อนุมัติ	วันที่ / /
	แก้ไขครั้งที่ เมื่อวันที่	เดือน พ.ศ.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

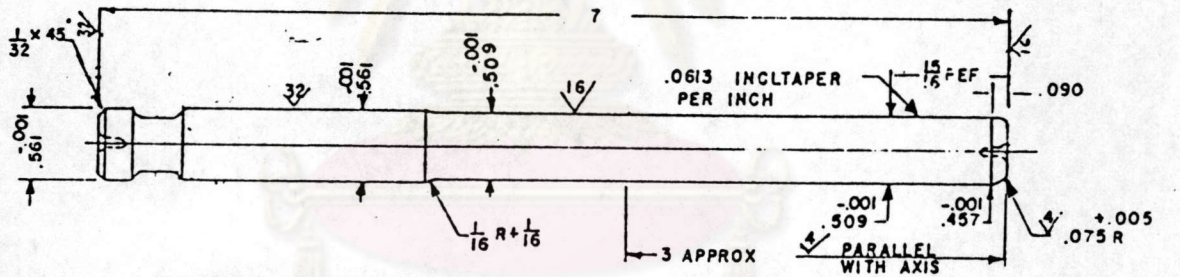
รูปที่ 26 แสดงแบบพิมพ์เขียว หมู่งานเจียรภายนอก สำหรับแม่พิมพ์เจาะ Ptp-1291-b

GENERAL NOTES

DIMENSIONS UNLESS OTHEDNISE INDICATED SHALL BE NELD TO DECIMALS ± .005
FRACTIONS ± 1/64
BREAK ALL SHAPP CORNERS UALESS OTHERMISE NOTED .010 MAX
ANGLES UMLESS OTHERWISE INDICATED SHALL BE NELD TO ± 5°

TO BE CONCENTRIC WITH .561 SHANK DIA. WITHIN .002 TOTAL INDCATOR READING
4 TO BE POLISHED

MATERIAL W1-10 OR W1-12
GRADE A FED SPEC
QQ-T-580



SQUARE WITH AXIS WITHIN .001 TOTAL INDICATOR READING

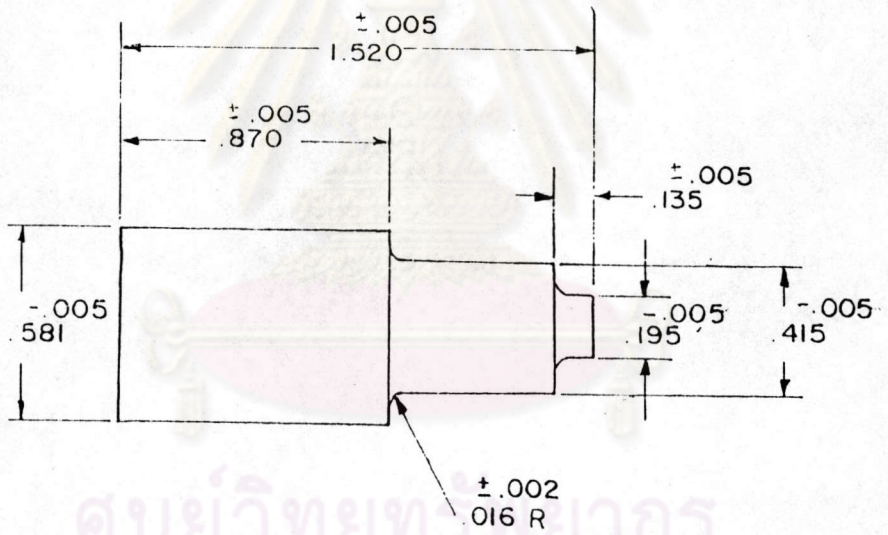
FLASH CHROME PLATE WORKING END OF PUNCH 3 TO 4 INCHES DIMENSIONS TO APPLY AFTER PLATING

MARK PTP 1291 B / VENDOR'S IDENTIFICATION (FLUSH OR BELOW SURFACE)

รูปที่ 27 แสดงแบบพิมพ์เขียว หมู่งานขัดมัน สำหรับแม่พิมพ์เจาะ Ptp-1291-b

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

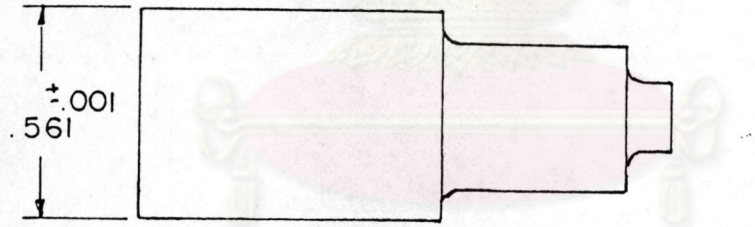
หมู่งาน หมู่กลึงธรรมดา	PTM-1039-3	
อุปกรณ์ปฏิบัติงาน	ขั้นตอนการผลิต	เลขที่แบบ
	เขียนโดย	วันที่ / /
	ผู้อนุมัติ	วันที่ / /
	แก้ไขครั้งที่	เมื่อวันที่ เดือน พ.ศ.



รูปที่ 28 แสดงแบบพิมพ์เขียว หมู่งานกลึงธรรมดา สำหรับแม่พิมพ์เจาะ Ptm-1039-3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

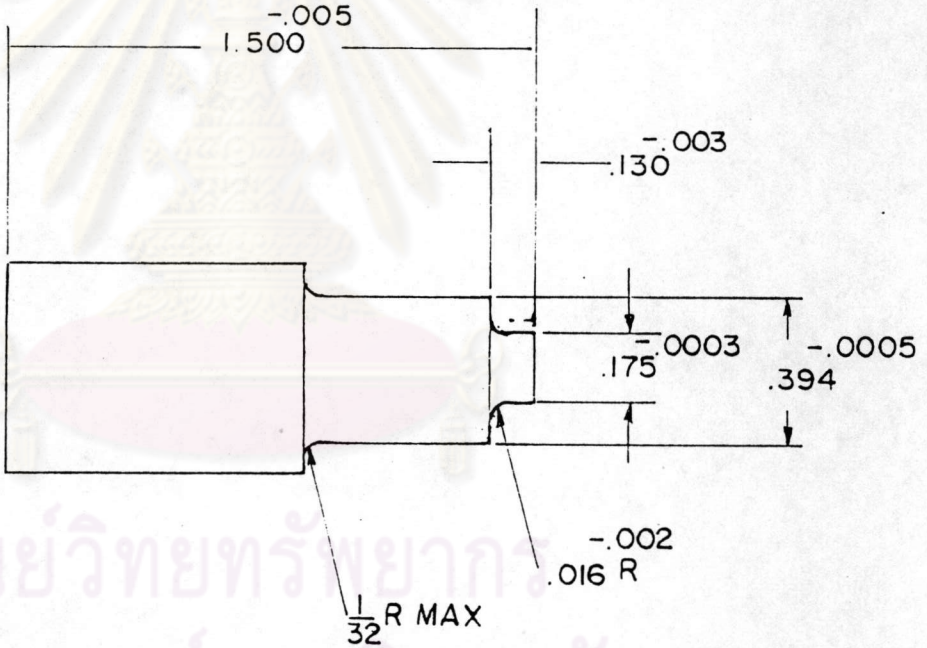
หมู่งาน หมู่เจียรภายนอก	PTM-1039-3	
อุปกรณ์ปฏิบัติงาน	ขั้นตอนการผลิต	เลขที่แบบ
	เขียนโดย	วันที่ / /
	ผู้อนุมัติ	วันที่ / /
	แก้ไขครั้งที่ เมื่อวันที่ เดือน พ.ศ	



รูปที่ 29 แสดงแบบพิมพ์เขียว หมู่งานเจียรภายนอก สำหรับแม่พิมพ์เจาะ Ptm-1039-3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมู่งาน หมู่เจียรผิวหน้า	PTM-1039-3	
อุปกรณ์ปฏิบัติงาน	ขั้นตอนการผลิต	เลขที่แบบ
	เขียนโดย	วันที่ / /
	ผู้อนุมัติ	วันที่ / /
	แก้ไขครั้งที่ เมื่อวันที่	เดือน พ.ศ.

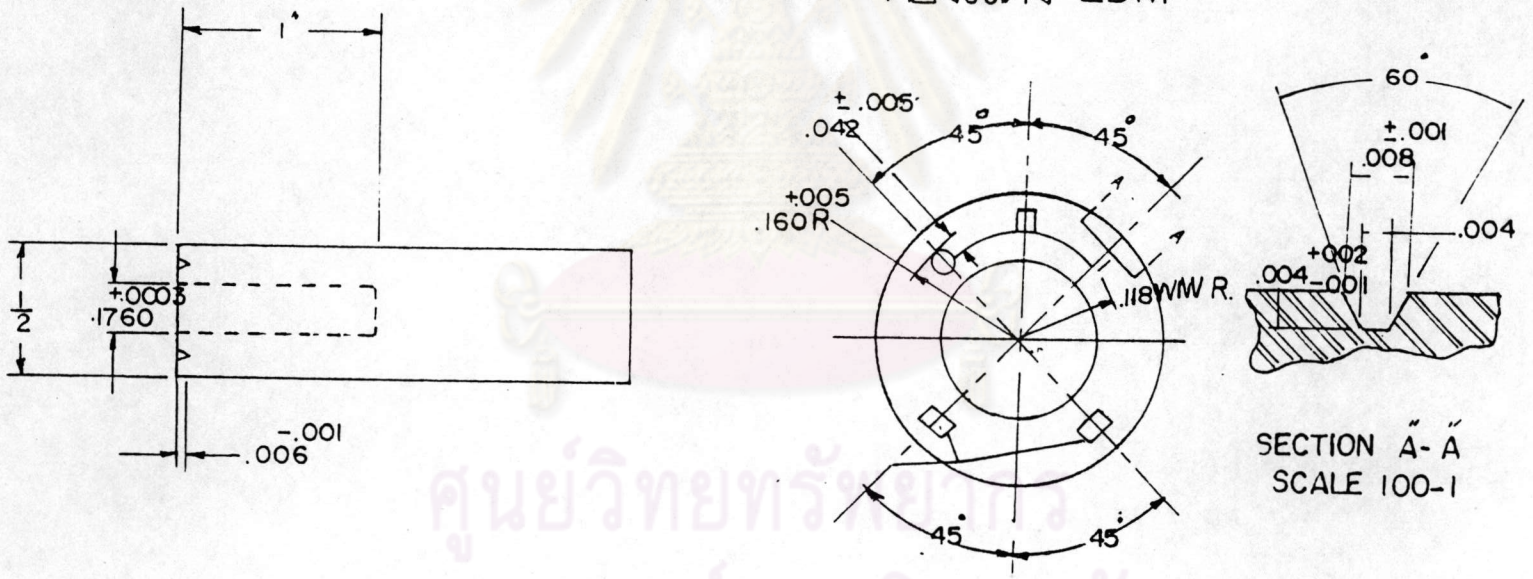


รูปที่ 30 แสดงแบบพิมพ์เขียว หมู่งานเจียรผิวหน้า สำหรับแม่พิมพ์เจาะ Ptm-1039-3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมู่งาน EDM	PTM-1039-3	
อุปกรณ์ปฏิบัติงาน	ชั้นตอนการผลิต	เลขที่แบบ
	เขียนโดย	วันที่ / /
	ผู้อนุมัติ	วันที่ / /
	แก้ไขครั้งที่ เมื่อวันที่	เดือน พ.ศ.

เขียน CHART ทองแดง EDM



รูปที่ 31 แสดงแบบพิมพ์เขียว หมู่งาน EDM สำหรับแม่พิมพ์เจาะ Ptm-1039-3

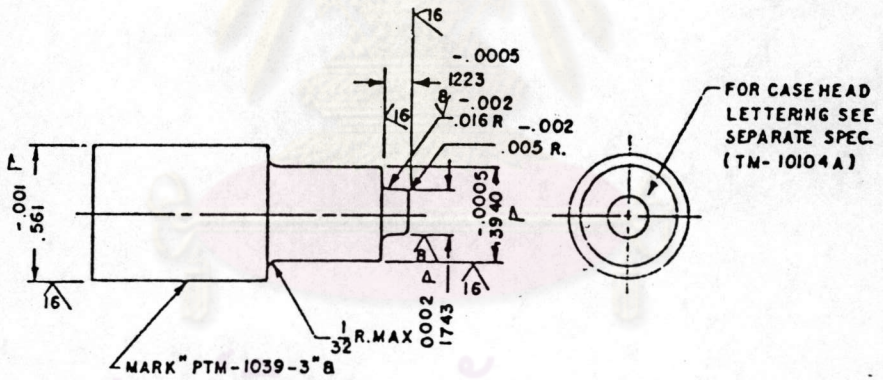
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

GENERAL NOTES

DIMENSIONS UNLESS OTHERWISE INDICATED SHLL BE HELD TO DECIMALS ±.005
FRACTIONS ± 1/64
FINISH SURFACES UP TO AND INCLUDING SHLL BE FREE FROM SCRATCHES TOOL MARKS. CHECKS AND ROCKWELL MARKS.
BREAK ALL SHAPP CORNERS UNLESS OTHERWISE NOTED. .010 R MAX.
DIAMETERS SHLL BE CONCENTRIC WITHIN .001 TOTAL INDICATOR READING.

SQ. WITH AXIS
WITHIN .0005 T.I.R.

MATERIAL
HI SPEED
STEEL AISI S5
ROCKWELL HARDNESS
C 56-58, C 61-65

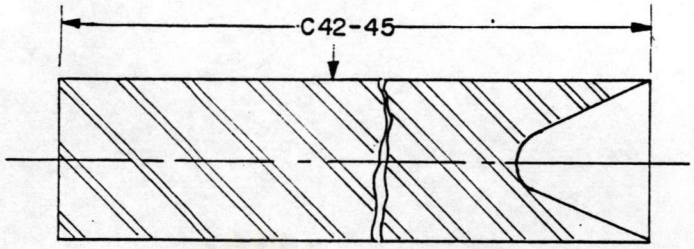


รูปที่ 32 แสดงแบบพิมพ์เขียว หมู่งานขัดมัน สำหรับแม่พิมพ์เจาะ Ptm-1039-3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SPC - PROCESS CONTROL CHART

Process		SPEC LIMIT			CONTROL LIMIT FOR X-R/X̄-R/X-S CHART				PAGE
Pt.	25a-c	LSL	MRL	USL	CHART TYPE	LCL	CL	UCL	1 / 2
m/c no.					X OR X̄ CHART				
insp. by		42	–	45	R OR S CHART				



INDIVIDUAL (X) OR AVERAGE (X)

RANGES (R) OR STANDARD DEVIATION (S) CHART

NO.																													
measurement	1																												
	2																												
	3																												
	4																												
	5																												
SUM X																													
X̄																													
R																													

VARIABLE CONTROL CHART FORMULAS

X̄ – R Chart

$\bar{X}$ = Average $\bar{X}$	$\bar{R}$ = Average R
$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$	$UCL_R = D_4\bar{R}$
$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$	$LCL_R = D_3\bar{R}$

X̄ – S Chart

$\bar{X}$ Average $\bar{X}$	$\bar{S}$ = Average S
$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$	$UCL_S = B_4\bar{S}$
$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S}$	$LCL_S = B_3\bar{S}$

FACTORS FOR COMPUTING CONTROL LIMITS

n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4	n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4
2	1.880	0	3.267	2.659	0	3.267	9	0.337	0.184	1.816	1.034	0.239	1.761
3	1.023	0	2.575	1.954	0	2.568	10	0.308	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716
4	0.729	0	2.282	1.628	0	2.266	11	0.285	0.256	1.744	0.927	0.321	1.679
5	0.577	0	2.115	1.427	0	2.089	12	0.266	0.284	1.716	0.886	0.354	1.646
6	0.483	0	2.004	1.287	0.030	1.970	13	0.249	0.308	1.692	0.850	0.382	1.618
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882	14	0.235	0.329	1.691	0.817	0.406	1.594
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815	15	0.223	0.348	1.652	0.789	0.428	1.572
							16	0.212	0.364	1.636	0.763	0.448	1.552

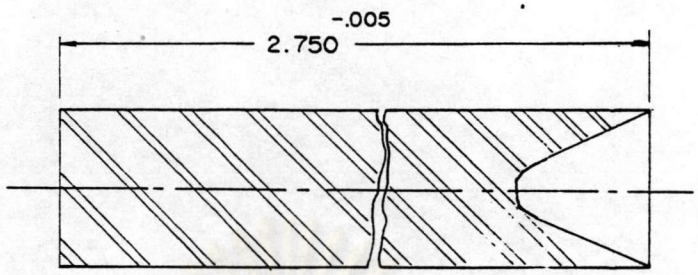
SPC COMMENT SHEET

ANY CHANGE IN MAN, MATERIALS, ENVIRONMENT, METHODS OR MACHINES SHOULD BE COMMENTED.
CAUSES, CORRECTIVE ACTIONS TAKEN AND RESULTS OF CORRECTIVE ACTION WHEN SIGNALED BY THE CONTROL CHART SHOULD BE COMMENTED

DATE	SHIFT	CAUSE CORRECTIVE ACTION	E/N

SPC - PROCESS CONTROL CHART

Operation	SPEC LIMIT			CONTROL LIMIT FOR X-R/X̄-R/X-S CHART				PAGE
Item	LSL	MID.	USL	CHART TYPE	LCL	CL	UCL	
m/o no.				X OR X̄ CHART				
insp. by	2.745	-	2.750	R OR S CHART				



INDIVIDUAL (X) OR AVERAGE (X)

.753
.752
.751
.750
.748
.747
.746
.745
.744
.743
2.742

USL

LSL

RANGES (R) OR STANDARD DEVIATION (S) CHART

NO.																									
measurement	1																								
	2																								
	3																								
	4																								
	5																								
SUM X																									
X̄																									
R																									

VARIABLE CONTROL CHART FORMULAS

X̄ – R Chart

$\bar{X}$ = Average $\bar{X}$	$\bar{R}$ = Average R
$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$	$UCL_R = D_4\bar{R}$
$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$	$LCL_R = D_3\bar{R}$

X̄ – S Chart

$\bar{X}$ Average $\bar{X}$	S = Average S
$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$	$UCL_S = B_4\bar{S}$
$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S}$	$LCL_S = B_3\bar{S}$

FACTORS FOR COMPUTING CONTROL LIMITS

n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4	n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4
2	1.880	0	3.267	2.659	0	3.267	9	0.337	0.184	1.816	1.034	0.239	1.761
3	1.023	0	2.575	1.954	0	2.568	10	0.308	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716
4	0.729	0	2.282	1.628	0	2.266	11	0.285	0.256	1.744	0.927	0.321	1.679
5	0.577	0	2.115	1.427	0	2.089	12	0.266	0.284	1.716	0.886	0.354	1.646
6	0.483	0	2.004	1.287	0.030	1.970	13	0.249	0.308	1.692	0.850	0.382	1.618
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882	14	0.235	0.329	1.671	0.817	0.406	1.594
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815	15	0.223	0.348	1.652	0.789	0.428	1.572
							16	0.212	0.364	1.636	0.763	0.448	1.552

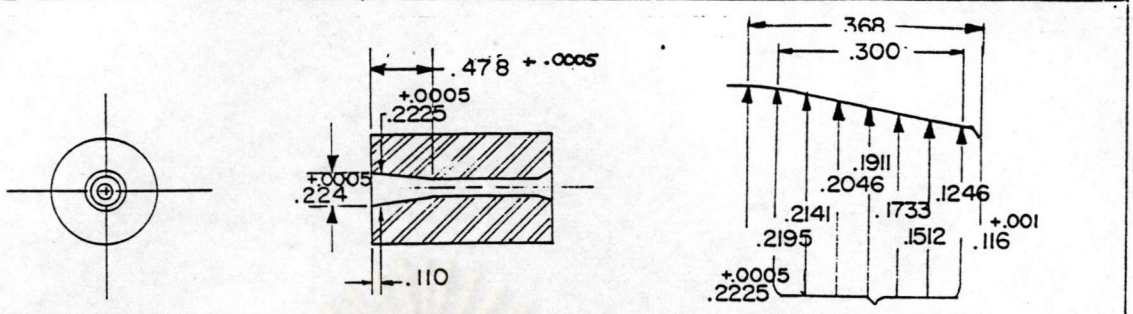
SPC COMMENT SHEET

ANY CHANGE IN MAN, MATERIALS, ENVIRONMENT, METHODS OR MACHINES SHOULD BE COMMENTED.
CAUSES, CORRECTIVE ACTIONS TAKEN AND RESULTS OF CORRECTIVE ACTION WHEN SIGNALED BY THE CONTROL CHART SHOULD BE COMMENTED

DATE	SHIFT	CAUSE CORRECTIVE ACTION	E/N

SPC - PROCESS CONTROL CHART

Operation. เจียรรูปร่าง	SPEC LIMIT			CONTROL LIMIT FOR X-R/X̄-R/X-S CHART				PAGE
Item. TM-10222-A	LSL	MID.	USL	CHART TYPE	LCL	CL	UCL	1 / 2
m/c no.				X OR X̄ CHART				
insp. by	0.4780	-	0.4785	R OR S CHART				



INDIVIDUAL (X) OR AVERAGE (X)

0.4787	
0.4786	
0.4785	USL
0.4784	
0.4783	
0.4782	
0.4781	
0.4780	LSL
0.4779	
0.4778	

RANGES (R) OR STANDARD DEVIATION (S) CHART

NO.																									
measurement	1																								
	2																								
	3																								
	4																								
	5																								
SUM X																									
X̄																									
R																									

VARIABLE CONTROL CHART FORMULAS

X̄ – R Chart

$\bar{X}$ = Average $\bar{X}$	$\bar{R}$ = Average R
$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$	$UCL_R = D_4\bar{R}$
$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$	$LCL_R = D_3\bar{R}$

X̄ – S Chart

$\bar{X}$ Average $\bar{X}$	$\bar{S}$ = Average S
$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$	$UCL_S = B_4\bar{S}$
$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S}$	$LCL_S = B_3\bar{S}$

FACTORS FOR COMPUTING CONTROL LIMITS

n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4	n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4
2	1.880	0	3.267	2.659	0	3.267	9	0.337	0.184	1.816	1.034	0.239	1.761
3	1.023	0	2.575	1.954	0	2.568	10	0.308	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716
4	0.729	0	2.282	1.628	0	2.266	11	0.285	0.256	1.744	0.927	0.321	1.679
5	0.577	0	2.115	1.427	0	2.089	12	0.266	0.284	1.716	0.886	0.354	1.646
6	0.483	0	2.004	1.287	0.030	1.970	13	0.249	0.308	1.692	0.850	0.382	1.618
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882	14	0.235	0.329	1.691	0.817	0.406	1.594
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815	15	0.223	0.348	1.652	0.789	0.428	1.572
							16	0.212	0.364	1.636	0.763	0.448	1.552

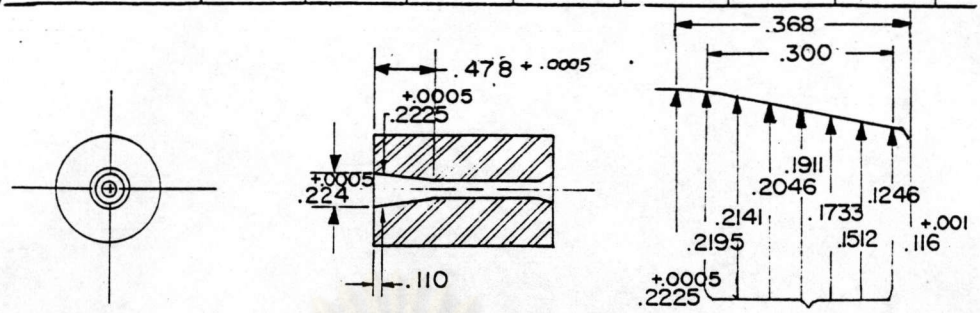
SPC COMMENT SHEET

ANY CHANGE IN MAN, MATERIALS, ENVIRONMENT, METHODS OR MACHINES SHOULD BE COMMENTED.
CAUSES, CORRECTIVE ACTIONS TAKEN AND RESULTS OF CORRECTIVE ACTION WHEN SIGNALED BY THE CONTROL CHART SHOULD BE COMMENTED

DATE	SHIFT	CAUSE CORRECTIVE ACTION	E/N

SPC - PROCESS CONTROL CHART

Operation	SPEC LIMIT			CONTROL LIMIT FOR X-R/X̄-R/X-S CHART				PAGE
Item. [illegible] - 10222 - A	LSL	MID.	USL	CHART TYPE	LCL	CL	UCL	1/2
m/o no.	.2240	—	.2245	X OR X̄ CHART				
insp. by				R OR S CHART				



INDIVIDUAL (X) OR AVERAGE (X)

.2248
.2247
.2246
.2245
.2244
.2243
.2242
.2241
.2240
.2239
.2238

USL

LSL

RANGES (R) OR STANDARD DEVIATION (S) CHART

NO.																														
measurement	1																													
	2																													
	3																													
	4																													
	5																													
SUM X																														
X̄																														
R																														

VARIABLE CONTROL CHART FORMULAS

X̄ — R Chart

$\bar{X}$ = Average $\bar{X}$

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$

$\bar{R}$ = Average R

$UCL_R = D_4\bar{R}$

$LCL_R = D_3\bar{R}$

X̄ — S Chart

$\bar{\bar{X}}$ Average $\bar{X}$

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S}$

$\bar{S}$ = Average S

$UCL_S = B_4\bar{S}$

$LCL_S = B_3\bar{S}$

FACTORS FOR COMPUTING CONTROL LIMITS

n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4	n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4
2	1.880	0	3.267	2.659	0	3.267	9	0.337	0.184	1.816	1.034	0.239	1.761
3	1.023	0	2.575	1.954	0	2.568	10	0.308	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716
4	0.729	0	2.282	1.628	0	2.266	11	0.285	0.256	1.744	0.927	0.321	1.679
5	0.577	0	2.115	1.427	0	2.089	12	0.266	0.284	1.716	0.886	0.354	1.646
6	0.483	0	2.004	1.287	0.030	1.970	13	0.249	0.308	1.692	0.850	0.382	1.618
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882	14	0.235	0.329	1.691	0.817	0.406	1.594
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815	15	0.223	0.348	1.652	0.789	0.428	1.572
							16	0.212	0.364	1.636	0.763	0.448	1.552

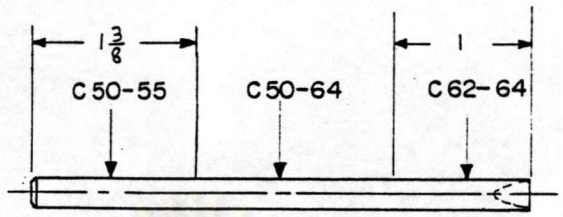
SPC COMMENT SHEET

ANY CHANGE IN MAN, MATERIALS, ENVIRONMENT, METHODS OR MACHINES SHOULD BE COMMENTED.
CAUSES, CORRECTIVE ACTIONS TAKEN AND RESULTS OF CORRECTIVE ACTION WHEN SIGNALED BY THE CONTROL CHART SHOULD BE COMMENTED

DATE	SHIFT	CAUSE CORRECTIVE ACTION	E/N

SPC - PROCESS CONTROL CHART

Operation	SPEC LIMIT			CONTROL LIMIT FOR x-R/x̄-R/x-S CHART				PAGE
Item. TM - 10 T - A	LSL	MID.	USL	CHART TYPE	LCL	CL	UCL	1/3
m/o no.				x OR x̄ CHART				
insp. by	50	–	55	R OR S CHART				



INDIVIDUAL (X) OR AVERAGE (X)

USL

LSL

RANGES (R) OR STANDARD DEVIATION (S) CHART

NO.																									
measurement	1																								
	2																								
	3																								
	4																								
	5																								
SUM X																									
$\bar{X}$																									
R																									

VARIABLE CONTROL CHART FORMULAS

$\bar{X}$ – R Chart

$\bar{\bar{X}}$ = Average $\bar{X}$

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$

$\bar{R}$ = Average R

$UCL_R = D_4 \bar{R}$

$LCL_R = D_3 \bar{R}$

$\bar{X}$ – S Chart

$\bar{\bar{X}}$ Average $\bar{X}$

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{S}$

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{S}$

$\bar{S}$ = Average S

$UCL_S = B_4 \bar{S}$

$LCL_S = B_3 \bar{S}$

FACTORS FOR COMPUTING CONTROL LIMITS

n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4	n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4
2	1.880	0	3.267	2.659	0	3.267	9	0.337	0.184	1.816	1.034	0.239	1.761
3	1.023	0	2.575	1.954	0	2.568	10	0.308	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716
4	0.729	0	2.282	1.628	0	2.266	11	0.285	0.256	1.744	0.927	0.321	1.679
5	0.577	0	2.115	1.427	0	2.089	12	0.266	0.284	1.716	0.886	0.354	1.646
6	0.483	0	2.004	1.287	0.030	1.970	13	0.249	0.308	1.692	0.850	0.382	1.618
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882	14	0.235	0.329	1.691	0.817	0.406	1.594
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815	15	0.223	0.348	1.652	0.789	0.428	1.572
							16	0.212	0.364	1.636	0.763	0.448	1.552

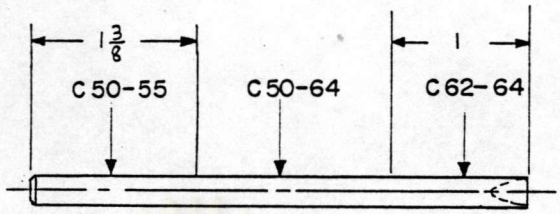
SPC COMMENT SHEET

ANY CHANGE IN MAN, MATERIALS, ENVIRONMENT, METHODS OR MACHINES SHOULD BE COMMENTED.
CAUSES, CORRECTIVE ACTIONS TAKEN AND RESULTS OF CORRECTIVE ACTION WHEN SIGNALED BY THE CONTROL CHART SHOULD BE COMMENTED

DATE	SHIFT	CAUSE CORRECTIVE ACTION	E/M

SPC - PROCESS CONTROL CHART

Operation	SPEC LIMIT			CONTROL LIMIT FOR X-R/X̄-R/X-S CHART				PAGE
Item. [illegible]	LSL	MID.	USL	CHART TYPE	LCL	CL	UCL	2 of 3
m/o no.				X OR X̄ CHART				
insp. by	50	-	64	R OR S CHART				



INDIVIDUAL (X) OR AVERAGE (X)

66
64
62
60
58
56
54
52
50
48

USL

LSL

RANGES (R) OR STANDARD DEVIATION (S) CHART

NO.																									
measurement	1																								
	2																								
	3																								
	4																								
	5																								
SUM X																									
X̄																									
R																									

VARIABLE CONTROL CHART FORMULAS

X̄ – R Chart

$\bar{\bar{X}}$ = Average $\bar{X}$	$\bar{R}$ = Average R
$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$	$UCL_R = D_4\bar{R}$
$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$	$LCL_R = D_3\bar{R}$

X̄ – S Chart

$\bar{\bar{X}}$ Average $\bar{X}$	$\bar{S}$ = Average S
$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$	$UCL_S = B_4\bar{S}$
$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S}$	$LCL_S = B_3\bar{S}$

FACTORS FOR COMPUTING CONTROL LIMITS

n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4	n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4
2	1.880	0	3.267	2.659	0	3.267	9	0.337	0.184	1.816	1.032	0.239	1.761
3	1.023	0	2.575	1.954	0	2.568	10	0.308	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716
4	0.729	0	2.282	1.628	0	2.266	11	0.285	0.256	1.744	0.927	0.321	1.679
5	0.577	0	2.115	1.427	0	2.089	12	0.266	0.284	1.716	0.886	0.354	1.646
6	0.483	0	2.004	1.287	0.030	1.970	13	0.249	0.308	1.692	0.850	0.382	1.618
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882	14	0.235	0.329	1.691	0.817	0.406	1.594
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815	15	0.223	0.348	1.652	0.789	0.428	1.572
							16	0.212	0.364	1.636	0.763	0.448	1.552

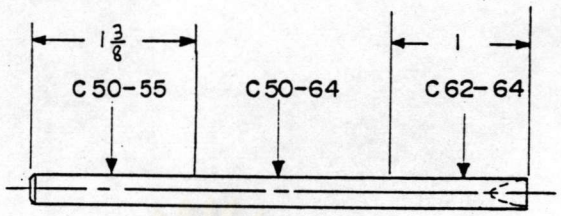
SPC COMMENT SHEET

ANY CHANGE IN MAN, MATERIALS, ENVIRONMENT, METHODS OR MACHINES SHOULD BE COMMENTED.
CAUSES, CORRECTIVE ACTIONS TAKEN AND RESULTS OF CORRECTIVE ACTION WHEN SIGNALED BY THE CONTROL CHART SHOULD BE COMMENTED

DATE	SHIFT	CAUSE CORRECTIVE ACTION	E/M

SPC - PROCESS CONTROL CHART

Operation	SPEC LIMIT			CONTROL LIMIT FOR X-R/$\bar{X}$-R/X-S CHART				PAGE
Item. T.M-	LSL	MRL	USL	CHART TYPE	LCL	CL	UCL	3 / 3
m/o no.				X OR $\bar{X}$ CHART				
insp. by	62	–	64	R OR S CHART				



INDIVIDUAL (X) OR AVERAGE (X)

66
65.5
65
64.5
64
63.5
63
62.5
62
61.5
61

USL

LSL

RANGES (R) OR STANDARD DEVIATION (S) CHART

NO.																									
measurement	1																								
	2																								
	3																								
	4																								
	5																								
SUM X																									
$\bar{X}$																									
R																									

VARIABLE CONTROL CHART FORMULAS

$\bar{X}$ – R Chart

$\bar{\bar{X}}$ = Average $\bar{X}$

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$

$\bar{R}$ = Average R

$UCL_R = D_4\bar{R}$

$LCL_R = D_3\bar{R}$

$\bar{X}$ – S Chart

$\bar{\bar{X}}$ Average $\bar{X}$

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S}$

$\bar{S}$ = Average S

$UCL_S = B_4\bar{S}$

$LCL_S = B_3\bar{S}$

FACTORS FOR COMPUTING CONTROL LIMITS

n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4	n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4
2	1.880	0	3.267	2.659	0	3.267	9	0.337	0.184	1.816	1.034	0.239	1.761
3	1.023	0	2.575	1.954	0	2.568	10	0.308	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716
4	0.729	0	2.282	1.628	0	2.266	11	0.285	0.256	1.744	0.927	0.321	1.679
5	0.577	0	2.115	1.427	0	2.089	12	0.266	0.284	1.716	0.886	0.354	1.646
6	0.483	0	2.004	1.287	0.030	1.970	13	0.249	0.308	1.692	0.850	0.382	1.618
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882	14	0.235	0.329	1.691	0.817	0.406	1.594
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815	15	0.223	0.348	1.652	0.789	0.428	1.572
							16	0.212	0.364	1.636	0.763	0.448	1.552

SPC COMMENT SHEET

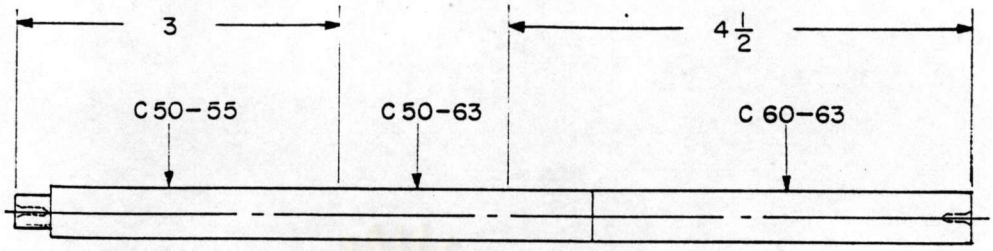
ANY CHANGE IN MAN, MATERIALS, ENVIRONMENT, METHODS OR MACHINES SHOULD BE COMMENTED.

CAUSES, CORRECTIVE ACTIONS TAKEN AND RESULTS OF CORRECTIVE ACTION WHEN SIGNALED BY THE CONTROL CHART SHOULD BE COMMENTED

DATE	SHIFT	CAUSE CORRECTIVE ACTION	E/N

SPC - PROCESS CONTROL CHART

Operation	SPEC LIMIT			CONTROL LIMIT FOR X-R/X̄-R/X-S CHART				PAGE
Item	LSL	MRL	USL	CHART TYPE	LCL	CL	UCL	1 / 4
m/o no.				X OR X̄ CHART				
insp. by	50	-	55	R OR S CHART				



INDIVIDUAL (X) OR AVERAGE (X)

58
57
56
55
54
53
52
51
50
49
48

USL

LSL

RANGES (R) OR STANDARD DEVIATION (S) CHART

NO.																														
measurement	1																													
	2																													
	3																													
	4																													
	5																													
SUM X																														
$\bar{X}$																														
R																														

VARIABLE CONTROL CHART FORMULAS

$\bar{X}$ – R Chart

$\bar{\bar{X}}$ = Average $\bar{X}$

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$

$\bar{R}$ = Average R

$UCL_R = D_4\bar{R}$

$LCL_R = D_3\bar{R}$

$\bar{X}$ – S Chart

$\bar{\bar{X}}$ Average $\bar{X}$

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S}$

$\bar{S}$ = Average S

$UCL_S = B_4\bar{S}$

$LCL_S = B_3\bar{S}$

FACTORS FOR COMPUTING CONTROL LIMITS

n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4	n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4
2	1.880	0	3.267	2.659	0	3.267	9	0.337	0.184	1.816	1.034	0.239	1.761
3	1.023	0	2.575	1.954	0	2.568	10	0.308	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716
4	0.729	0	2.282	1.628	0	2.266	11	0.285	0.256	1.744	0.927	0.321	1.679
5	0.577	0	2.115	1.427	0	2.089	12	0.266	0.284	1.716	0.886	0.354	1.646
6	0.483	0	2.004	1.287	0.030	1.970	13	0.249	0.308	1.692	0.850	0.382	1.618
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882	14	0.235	0.329	1.691	0.817	0.406	1.594
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815	15	0.223	0.348	1.652	0.789	0.428	1.572
							16	0.212	0.364	1.636	0.763	0.448	1.552

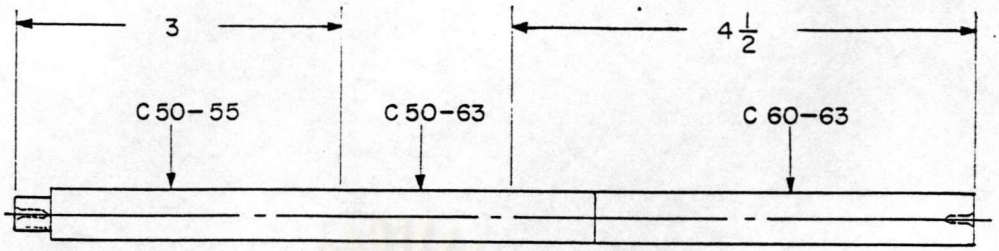
SPC COMMENT SHEET

ANY CHANGE IN MAN, MATERIALS, ENVIRONMENT, METHODS OR MACHINES SHOULD BE COMMENTED.
CAUSES, CORRECTIVE ACTIONS TAKEN AND RESULTS OF CORRECTIVE ACTION WHEN SIGNALED BY THE CONTROL CHART SHOULD BE COMMENTED

DATE	SHIFT	CAUSE CORRECTIVE ACTION	E/N

SPC - PROCESS CONTROL CHART

Operation	SPEC LIMIT			CONTROL LIMIT FOR X-R/X-R/X-S CHART				PAGE
Item	LSL	MID.	USL	CHART TYPE	LCL	↑↓	UCL	
m/c no.				X OR $\bar{X}$ CHART				
insp. by	50	-	66	R OR S CHART				



INDIVIDUAL (X) OR AVERAGE (X)

68
66
64
62
60
58
56
54
52
50
48

USL

LSL

RANGES (R) OR STANDARD DEVIATION (S) CHART

NO.																									
measurement	1																								
	2																								
	3																								
	4																								
	5																								
SUM X																									
$\bar{X}$																									
R																									

VARIABLE CONTROL CHART FORMULAS

$\bar{X}$ – R Chart

$\bar{\bar{X}}$ = Average $\bar{X}$

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$

$\bar{R}$ = Average R

$UCL_R = D_4\bar{R}$

$LCL_R = D_3\bar{R}$

$\bar{X}$ – S Chart

$\bar{\bar{X}}$ Average $\bar{X}$

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S}$

$\bar{S}$ = Average S

$UCL_S = B_4\bar{S}$

$LCL_S = B_3\bar{S}$

FACTORS FOR COMPUTING CONTROL LIMITS

n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4	n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4
2	1.880	0	3.267	2.659	0	3.267	9	0.337	0.184	1.816	1.034	0.239	1.761
3	1.023	0	2.575	1.954	0	2.568	10	0.308	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716
4	0.729	0	2.282	1.628	0	2.266	11	0.285	0.256	1.744	0.927	0.321	1.679
5	0.577	0	2.115	1.427	0	2.089	12	0.266	0.284	1.716	0.886	0.354	1.646
6	0.483	0	2.004	1.287	0.030	1.970	13	0.249	0.308	1.692	0.850	0.382	1.618
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882	14	0.235	0.329	1.691	0.817	0.406	1.594
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815	15	0.223	0.348	1.652	0.789	0.428	1.572
							16	0.212	0.364	1.636	0.763	0.448	1.552

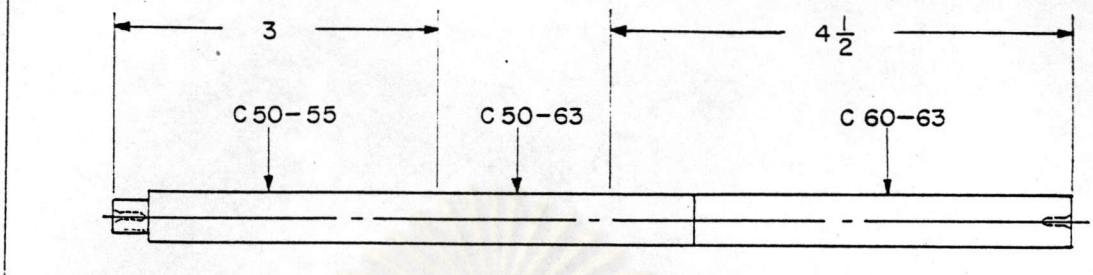
SPC COMMENT SHEET

ANY CHANGE IN MAN, MATERIALS, ENVIRONMENT, METHODS OR MACHINES SHOULD BE COMMENTED.
CAUSES, CORRECTIVE ACTIONS TAKEN AND RESULTS OF CORRECTIVE ACTION WHEN SIGNALED BY THE CONTROL CHART SHOULD BE COMMENTED

DATE	SHIFT	CAUSE CORRECTIVE ACTION	E/N

SPC - PROCESS CONTROL CHART

Operation	SPEC LIMIT			CONTROL LIMIT FOR X-R/X̄-R/X-S CHART				PAGE
Item. [illegible]	LSL	MID.	USL	CHART TYPE	LCL	CL	UCL	
m/o no.				X OR X̄ CHART				
insp. by	60	-	63	R OR S CHART				



INDIVIDUAL (X) OR AVERAGE (X)

63
62.5
63
62.5
62
61.5
61
60.5
60
59.5
59

USL

LSL

RANGES (R) OR STANDARD DEVIATION (S) CHART

NO.																									
measurement	1																								
	2																								
	3																								
	4																								
	5																								
SUM X																									
X̄																									
R																									

VARIABLE CONTROL CHART FORMULAS

X̄ – R Chart

X̄ = Average X̄	R̄ = Average R
$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$	$UCL_R = D_4\bar{R}$
$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$	$LCL_R = D_3\bar{R}$

X̄ – S Chart

X̄ Average X̄	S = Average S
$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$	$UCL_S = B_4\bar{S}$
$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S}$	$LCL_S = B_3\bar{S}$

FACTORS FOR COMPUTING CONTROL LIMITS

n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4	n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4
2	1.880	0	3.267	2.659	0	3.267	9	0.337	0.184	1.816	1.034	0.239	1.761
3	1.023	0	2.575	1.954	0	2.568	10	0.308	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716
4	0.729	0	2.282	1.628	0	2.266	11	0.285	0.256	1.744	0.927	0.321	1.679
5	0.577	0	2.115	1.427	0	2.089	12	0.266	0.284	1.716	0.886	0.354	1.646
6	0.483	0	2.004	1.287	0.030	1.970	13	0.249	0.308	1.692	0.850	0.382	1.618
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882	14	0.235	0.329	1.691	0.817	0.406	1.594
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815	15	0.223	0.348	1.652	0.789	0.428	1.572
							16	0.212	0.364	1.636	0.763	0.448	1.552

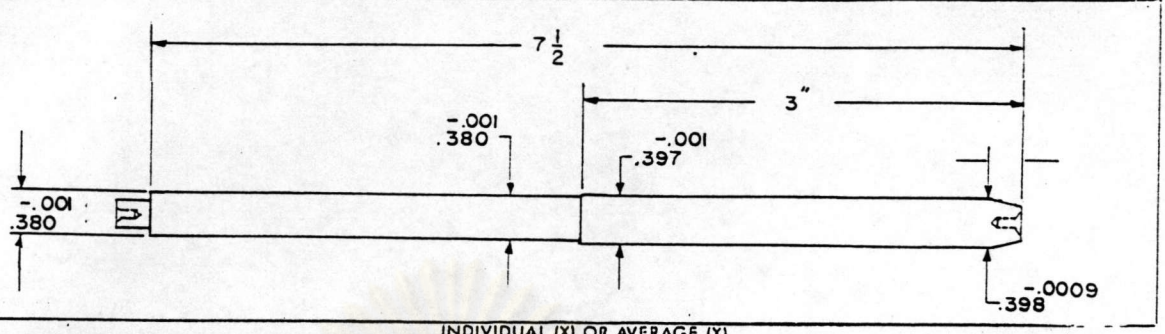
SPC COMMENT SHEET

ANY CHANGE IN MAN, MATERIALS, ENVIRONMENT, METHODS OR MACHINES SHOULD BE COMMENTED.
CAUSES, CORRECTIVE ACTIONS TAKEN AND RESULTS OF CORRECTIVE ACTION WHEN SIGNALED BY THE CONTROL CHART SHOULD BE COMMENTED

DATE	SHIFT	CAUSE CORRECTIVE ACTION	E/N

SPC - PROCESS CONTROL CHART

Operation	SPEC LIMIT			CONTROL LIMIT FOR X-R/X̄-R/X-S CHART				PAGE
Item.	LSL	MID	USL	CHART TYPE	LCL	CL	UCL	
m/o no.				X OR X̄ CHART				
insp. by	0.3921	–	0.3980	R OR S CHART				



INDIVIDUAL (X) OR AVERAGE (X)

RANGES (R) OR STANDARD DEVIATION (S) CHART

NO.																									
measurement	1																								
	2																								
	3																								
	4																								
	5																								
SUM X																									
$\bar{X}$																									
R																									

VARIABLE CONTROL CHART FORMULAS

$\bar{X}$ – R Chart

$\bar{X}$ = Average $\bar{X}$

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$

$\bar{R}$ = Average R

$UCL_R = D_4\bar{R}$

$LCL_R = D_3\bar{R}$

$\bar{X}$ – S Chart

$\bar{\bar{X}}$ Average $\bar{X}$

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S}$

$\bar{S}$ = Average S

$UCL_S = B_4\bar{S}$

$LCL_S = B_3\bar{S}$

FACTORS FOR COMPUTING CONTROL LIMITS

n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4	n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4
2	1.880	0	3.267	2.659	0	3.267	9	0.337	0.184	1.816	1.034	0.239	1.761
3	1.023	0	2.575	1.954	0	2.568	10	0.308	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716
4	0.729	0	2.282	1.628	0	2.266	11	0.285	0.256	1.744	0.927	0.321	1.679
5	0.577	0	2.115	1.427	0	2.089	12	0.266	0.284	1.716	0.886	0.354	1.646
6	0.483	0	2.004	1.287	0.030	1.970	13	0.249	0.308	1.692	0.850	0.382	1.618
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882	14	0.235	0.329	1.691	0.817	0.406	1.594
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815	15	0.223	0.348	1.652	0.789	0.428	1.572
							16	0.212	0.364	1.636	0.763	0.448	1.552

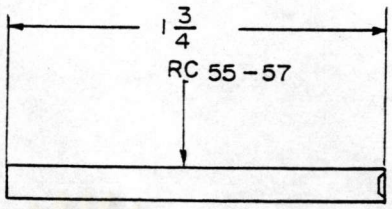
SPC COMMENT SHEET

ANY CHANGE IN MAN, MATERIALS, ENVIRONMENT, METHODS OR MACHINES SHOULD BE COMMENTED.
CAUSES, CORRECTIVE ACTIONS TAKEN AND RESULTS OF CORRECTIVE ACTION WHEN SIGNALED BY THE CONTROL CHART SHOULD BE COMMENTED

DATE	SHIFT	CAUSE CORRECTIVE ACTION	E/N

SPC - PROCESS CONTROL CHART

Operation	SPEC LIMIT			CONTROL LIMIT FOR X-R/X-R/X-S CHART				PAGE
Item	LSL	MBL	USL	CHART TYPE	LCL	CL	UCL	1 / 3
m/c no.				X OR $\bar{X}$ CHART				
insp. by	55	-	58	R OR S CHART				



INDIVIDUAL (X) OR AVERAGE (X)

58
57.5
57
56.5
56
55.5
55
54.5
54
53.5

USL

LSL

RANGES (R) OR STANDARD DEVIATION (S) CHART

NO.																														
measurement	1																													
	2																													
	3																													
	4																													
	5																													
SUM X																														
$\bar{X}$																														
R																														

VARIABLE CONTROL CHART FORMULAS

$\bar{X}$ – R Chart

$\bar{X}$ = Average $\bar{X}$
$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$
$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$

$\bar{R}$ = Average R
$UCL_R = D_4\bar{R}$
$LCL_R = D_3\bar{R}$

$\bar{X}$ – S Chart

$\bar{\bar{X}}$ Average $\bar{X}$
$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$
$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S}$

$\bar{S}$ = Average S
$UCL_S = B_4\bar{S}$
$LCL_S = B_3\bar{S}$

FACTORS FOR COMPUTING CONTROL LIMITS

n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4	n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4
2	1.880	0	3.267	2.659	0	3.267	9	0.337	0.184	1.816	1.034	0.239	1.761
3	1.023	0	2.575	1.954	0	2.568	10	0.308	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716
4	0.729	0	2.282	1.628	0	2.266	11	0.285	0.256	1.744	0.927	0.321	1.679
5	0.577	0	2.115	1.427	0	2.089	12	0.266	0.284	1.716	0.886	0.354	1.646
6	0.483	0	2.004	1.287	0.030	1.970	13	0.249	0.308	1.692	0.850	0.382	1.618
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882	14	0.235	0.329	1.691	0.817	0.406	1.594
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815	15	0.223	0.348	1.652	0.789	0.428	1.572
							16	0.212	0.364	1.636	0.763	0.448	1.552

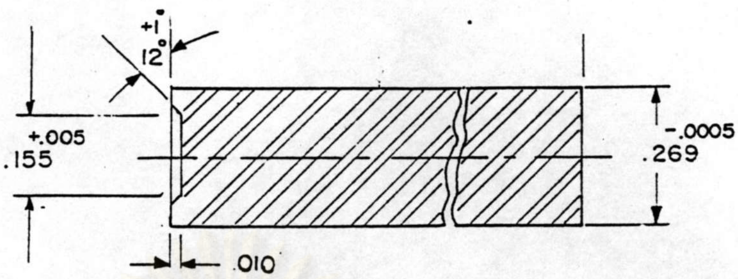
SPC COMMENT SHEET

ANY CHANGE IN MAN, MATERIALS, ENVIRONMENT, METHODS OR MACHINES SHOULD BE COMMENTED.
CAUSES, CORRECTIVE ACTIONS TAKEN AND RESULTS OF CORRECTIVE ACTION WHEN SIGNALED BY THE CONTROL CHART SHOULD BE COMMENTED

DATE	SHIFT	CAUSE CORRECTIVE ACTION	E/N

SPC - PROCESS CONTROL CHART

	SPEC LIMIT			CONTROL LIMIT FOR X-R/X̄-R/X̄-S CHART				PAGE
Operation. อัด-ชุบ.								
Item. TM-10083-1	LSL	MIL	USL	CHART TYPE	LCL	CL	UCL	
m/c no.	0.155	-	0.160	X OR X̄ CHART				2/3
insp. by				R OR S CHART				



INDIVIDUAL (X) OR AVERAGE (X)

0.163
0.162
0.161
0.160 — USL
0.159
0.158
0.157
0.156
0.155
0.154 — LSL
0.153

RANGES (R) OR STANDARD DEVIATION (S) CHART

NO.																								
measurement 1																								
2																								
3																								
4																								
5																								
SUM X																								
$\bar{X}$																								
R																								

VARIABLE CONTROL CHART FORMULAS

$\bar{X}$ — R Chart

$\bar{\bar{X}}$ = Average $\bar{X}$	$\bar{R}$ = Average R
$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$	$UCL_R = D_4\bar{R}$
$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$	$LCL_R = D_3\bar{R}$

$\bar{X}$ — S Chart

$\bar{\bar{X}}$ Average $\bar{X}$	$\bar{S}$ = Average S
$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$	$UCL_S = B_4\bar{S}$
$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S}$	$LCL_S = B_3\bar{S}$

FACTORS FOR COMPUTING CONTROL LIMITS

n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4
2	1.880	0	3.267	2.659	0	3.267
3	1.023	0	2.575	1.954	0	2.568
4	0.729	0	2.282	1.628	0	2.266
5	0.577	0	2.115	1.427	0	2.089
6	0.483	0	2.004	1.287	0.030	1.970
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815
9	0.337	0.184	1.816	1.034	0.239	1.761
10	0.308	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716
11	0.285	0.256	1.744	0.927	0.321	1.679
12	0.266	0.284	1.716	0.886	0.354	1.646
13	0.249	0.308	1.692	0.850	0.392	1.618
14	0.235	0.329	1.691	0.817	0.406	1.594
15	0.223	0.348	1.652	0.789	0.428	1.572
16	0.212	0.364	1.636	0.763	0.448	1.552

SPC COMMENT SHEET

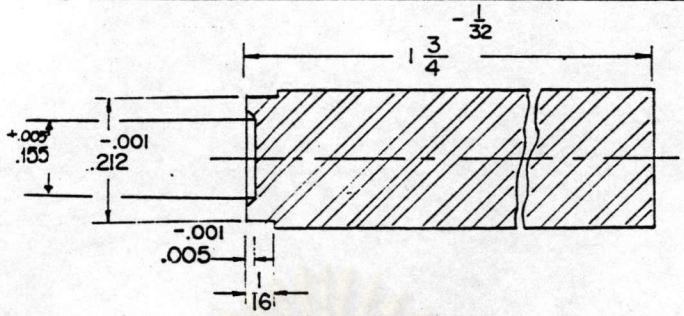
ANY CHANGE IN MAN, MATERIALS, ENVIRONMENT, METHODS OR MACHINES SHOULD BE COMMENTED.

CAUSES, CORRECTIVE ACTIONS TAKEN AND RESULTS OF CORRECTIVE ACTION WHEN SIGNALED BY THE CONTROL CHART SHOULD BE COMMENTED

DATE	SHIFT	CAUSE CORRECTIVE ACTION	E/N

SPC - PROCESS CONTROL CHART

Operation. ปรับผิวนอก	SPEC LIMIT			CONTROL LIMIT FOR X-R/X̄-R/X-S CHART				PAGE
Item. TM - 10083 - 1	LSL	MID.	USL	CHART TYPE	LCL	CL	UCL	3/3
m/c no.	0.2110	-	0.2120	X OR X̄ CHART				
insp. by				R OR S CHART				



INDIVIDUAL (X) OR AVERAGE (X)

.2124
.2122
.2120
.2118 USL
.2116
.2114
.2112
.2110
.2108 LSL
.2106
.2104

RANGES (R) OR STANDARD DEVIATION (S) CHART

NO.																									
measurement	1																								
	2																								
	3																								
	4																								
	5																								
SUM X																									
X̄																									
R																									

VARIABLE CONTROL CHART FORMULAS

X̄ — R Chart

X̄ = Average X̄

UCL$_{\bar{X}}$ = $\bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$

LCL$_{\bar{X}}$ = $\bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$

R̄ = Average R

UCL$_R$ = $D_4\bar{R}$

LCL$_R$ = $D_3\bar{R}$

X̄ — S Chart

X̄ Average X̄

UCL$_{\bar{X}}$ = $\bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$

LCL$_{\bar{X}}$ = $\bar{\bar{X}} - A_3\bar{S}$

S̄ = Average S

UCL$_S$ = $B_4\bar{S}$

LCL$_S$ = $B_3\bar{S}$

FACTORS FOR COMPUTING CONTROL LIMITS

n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4	n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4
2	1.880	0	3.267	2.659	0	3.267	9	0.337	0.184	1.816	1.032	0.239	1.761
3	1.023	0	2.575	1.954	0	2.568	10	0.308	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716
4	0.729	0	2.282	1.628	0	2.266	11	0.285	0.256	1.744	0.927	0.321	1.679
5	0.577	0	2.115	1.427	0	2.089	12	0.266	0.284	1.716	0.886	0.354	1.646
6	0.483	0	2.004	1.287	0.030	1.970	13	0.249	0.308	1.692	0.850	0.382	1.618
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882	14	0.235	0.329	1.691	0.817	0.406	1.594
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815	15	0.223	0.348	1.652	0.789	0.428	1.572
							16	0.212	0.364	1.636	0.763	0.448	1.552

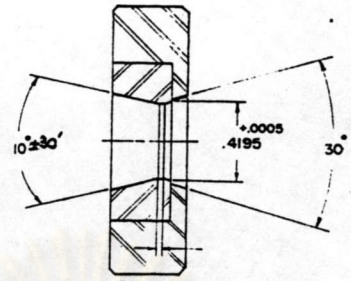
SPC COMMENT SHEET

ANY CHANGE IN MAN, MATERIALS, ENVIRONMENT, METHODS OR MACHINES SHOULD BE COMMENTED.
CAUSES, CORRECTIVE ACTIONS TAKEN AND RESULTS OF CORRECTIVE ACTION WHEN SIGNALED BY THE CONTROL CHART SHOULD BE COMMENTED

DATE	SHIFT	CAUSE CORRECTIVE ACTION	E/N

SPC - PROCESS CONTROL CHART

Operation	SPEC LIMIT			CONTROL LIMIT FOR X-R/X-R/X-S CHART				PAGE
Item.	LSL	MID.	USL.	CHART TYPE	LCL	CL	UCL	1 / 2
m/c no.				X OR $\bar{X}$ CHART				
insp. by	9° 30'	-	10° 30'	R OR S CHART				



INDIVIDUAL (X) OR AVERAGE (X)

RANGES (R) OR STANDARD DEVIATION (S) CHART

NO.																														
measurement	1																													
	2																													
	3																													
	4																													
	5																													
SUM X																														
$\bar{X}$																														
R																														

VARIABLE CONTROL CHART FORMULAS

$\bar{X}$ – R Chart

$\bar{X}$ = Average $\bar{X}$

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$

$\bar{R}$ = Average R

$UCL_R = D_4 \bar{R}$

$LCL_R = D_3 \bar{R}$

$\bar{X}$ – S Chart

$\bar{\bar{X}}$ Average $\bar{X}$

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{S}$

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{S}$

$\bar{S}$ = Average S

$UCL_S = B_4 \bar{S}$

$LCL_S = B_3 \bar{S}$

FACTORS FOR COMPUTING CONTROL LIMITS

n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4	n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4
2	1.880	0	3.267	2.659	0	3.267	9	0.337	0.184	1.816	1.034	0.239	1.761
3	1.023	0	2.575	1.954	0	2.568	10	0.308	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716
4	0.729	0	2.282	1.628	0	2.266	11	0.285	0.256	1.744	0.927	0.321	1.679
5	0.577	0	2.115	1.427	0	2.089	12	0.266	0.284	1.716	0.886	0.354	1.646
6	0.483	0	2.004	1.287	0.030	1.970	13	0.249	0.308	1.692	0.850	0.382	1.618
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882	14	0.235	0.329	1.691	0.817	0.406	1.594
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815	15	0.223	0.348	1.652	0.789	0.428	1.572
							16	0.212	0.364	1.636	0.763	0.448	1.552

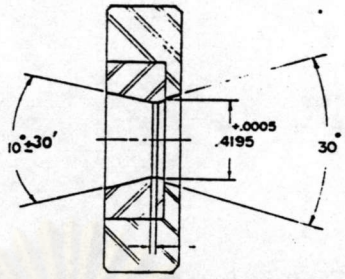
SPC COMMENT SHEET

ANY CHANGE IN MAN, MATERIALS, ENVIRONMENT, METHODS OR MACHINES SHOULD BE COMMENTED.
CAUSES, CORRECTIVE ACTIONS TAKEN AND RESULTS OF CORRECTIVE ACTION WHEN SIGNALED BY THE CONTROL CHART SHOULD BE COMMENTED

DATE	SHIFT	CAUSE CORRECTIVE ACTION	E/N

SPC - PROCESS CONTROL CHART

Operation	SPEC LIMIT			CONTROL LIMIT FOR X-R/X̄-R/X-S CHART				PAGE
Item T- [illegible] - 3	LSL	MBL	USL	CHART TYPE	LCL	CL	UCL	2/3
m/o no.	0.4195	—	0.42	X OR X̄ CHART				
insp. by				R OR S CHART				



INDIVIDUAL (X) OR AVERAGE (X)

0.4202	
0.4201	
0.42	USL
0.4199	
0.4198	
0.4197	
0.4196	
0.4195	
0.4194	LSL
0.4193	
0.4192	

RANGES (R) OR STANDARD DEVIATION (S) CHART

NO.																													
measurement	1																												
	2																												
	3																												
	4																												
	5																												
SUM X																													
X̄																													
R																													

VARIABLE CONTROL CHART FORMULAS

X̄ — R Chart

X̄ = Average X̄

UCL$_{\bar{X}}$ = X̄ + A_2 R̄

LCL$_{\bar{X}}$ = X̄ − A_2 R̄

R̄ = Average R

UCL$_R$ = D_4 R̄

LCL$_R$ = D_3 R̄

X̄ — S Chart

X̄ Average X̄

UCL$_{\bar{X}}$ = X̄ + A_3 S̄

LCL$_{\bar{X}}$ = X̄ − A_3 S̄

S = Average S

UCL$_S$ = B_4 S̄

LCL$_S$ = B_3 S̄

FACTORS FOR COMPUTING CONTROL LIMITS

n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4	n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4
2	1.880	0	3.267	2.659	0	3.267	9	0.337	0.184	1.816	1.034	0.239	1.761
3	1.023	0	2.575	1.954	0	2.568	10	0.308	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716
4	0.729	0	2.282	1.628	0	2.266	11	0.285	0.256	1.744	0.927	0.321	1.679
5	0.577	0	2.115	1.427	0	2.089	12	0.266	0.284	1.716	0.886	0.354	1.646
6	0.483	0	2.004	1.287	0.030	1.970	13	0.249	0.308	1.692	0.850	0.382	1.618
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882	14	0.235	0.329	1.671	0.817	0.406	1.594
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815	15	0.223	0.348	1.652	0.789	0.428	1.572
							16	0.212	0.364	1.636	0.763	0.448	1.552

SPC COMMENT SHEET

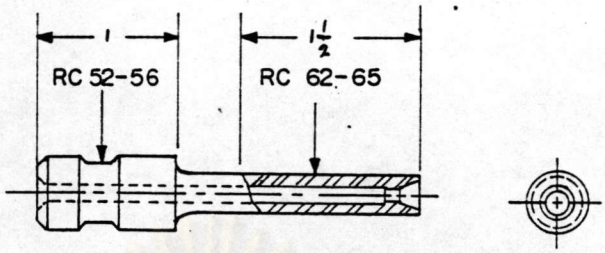
ANY CHANGE IN MAN, MATERIALS, ENVIRONMENT, METHODS OR MACHINES SHOULD BE COMMENTED.

CAUSES, CORRECTIVE ACTIONS TAKEN AND RESULTS OF CORRECTIVE ACTION WHEN SIGNALED BY THE CONTROL CHART SHOULD BE COMMENTED

DATE	SHIFT	CAUSE CORRECTIVE ACTION	E/N

SPC - PROCESS CONTROL CHART

Operation: 5U.	SPEC LIMIT			CONTROL LIMIT FOR X-R/X̄-R/X̄-S CHART				PAGE 1 / 2
Item. TM – 10219 - B	LSL	MID.	USL.	CHART TYPE	LCL	CL	UCL	
m/o no.				X OR X̄ CHART				
insp. by	52	-	56	R OR S CHART				



INDIVIDUAL (X) OR AVERAGE (X)

60
59
58
57
56
55
54
53
52
51
50

USL
LSL

RANGES (R) OR STANDARD DEVIATION (S) CHART

NO.																														
measurement	1																													
	2																													
	3																													
	4																													
	5																													
SUM X																														
X̄																														
R																														

VARIABLE CONTROL CHART FORMULAS

X̄ – R Chart

X̄ = Average X̄ | R̄ = Average R

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$

$UCL_R = D_4\bar{R}$

$LCL_R = D_3\bar{R}$

X̄ – S Chart

X̄ = Average X̄ | S = Average S

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S}$

$UCL_S = B_4\bar{S}$

$LCL_S = B_3\bar{S}$

FACTORS FOR COMPUTING CONTROL LIMITS

n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4	n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4
2	1.880	0	3.267	2.659	0	3.267	9	0.337	0.184	1.816	1.032	0.239	1.761
3	1.023	0	2.575	1.954	0	2.568	10	0.308	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716
4	0.729	0	2.282	1.628	0	2.266	11	0.285	0.256	1.744	0.927	0.321	1.679
5	0.577	0	2.115	1.427	0	2.089	12	0.266	0.284	1.716	0.886	0.354	1.646
6	0.483	0	2.004	1.287	0.030	1.970	13	0.249	0.308	1.692	0.850	0.382	1.618
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882	14	0.235	0.329	1.671	0.817	0.406	1.594
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815	15	0.223	0.348	1.652	0.789	0.428	1.572
							16	0.212	0.364	1.636	0.763	0.448	1.552

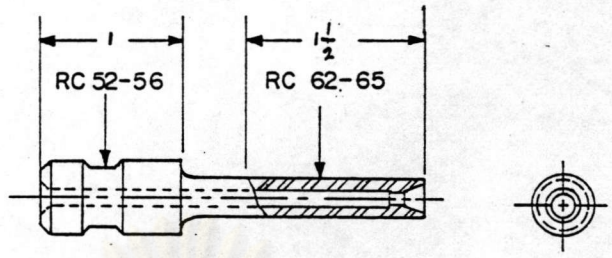
SPC COMMENT SHEET

ANY CHANGE IN MAN, MATERIALS, ENVIRONMENT, METHODS OR MACHINES SHOULD BE COMMENTED.
CAUSES, CORRECTIVE ACTIONS TAKEN AND RESULTS OF CORRECTIVE ACTION WHEN SIGNALED BY THE CONTROL CHART SHOULD BE COMMENTED

DATE	SHIFT	CAUSE CORRECTIVE ACTION	E/N

SPC - PROCESS CONTROL CHART

Operation	SPEC LIMIT			CONTROL LIMIT FOR X-R/X̄-R/X-S CHART				PAGE
Item.	LSL	MBL	USL	CHART TYPE	LCL	⌀	UCL	2 / 2
m/o no.				X OR X̄ CHART				
insp. by	62	–	65	R OR S CHART				



INDIVIDUAL (X) OR AVERAGE (X)

65
64.5
64
63.5
63
62.5
62
61.5
61

USL

LSL

RANGES (R) OR STANDARD DEVIATION (S) CHART

NO.																									
measurement	1																								
	2																								
	3																								
	4																								
	5																								
SUM X																									
X̄																									
R																									

VARIABLE CONTROL CHART FORMULAS

X̄ – R Chart

X̄ = Average X̄ | R̄ = Average R

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$ | $UCL_R = D_4\bar{R}$

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$ | $LCL_R = D_3\bar{R}$

X̄ – S Chart

X̄ Average X̄ | S̄ = Average S

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$ | $UCL_S = B_4\bar{S}$

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S}$ | $LCL_S = B_3\bar{S}$

FACTORS FOR COMPUTING CONTROL LIMITS

n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4	n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4
2	1.880	0	3.267	2.659	0	3.267	9	0.337	0.184	1.816	1.034	0.239	1.761
3	1.023	0	2.575	1.954	0	2.568	10	0.308	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716
4	0.729	0	2.282	1.628	0	2.266	11	0.285	0.256	1.744	0.927	0.321	1.679
5	0.577	0	2.115	1.427	0	2.089	12	0.266	0.284	1.716	0.886	0.354	1.646
6	0.483	0	2.004	1.287	0.030	1.970	13	0.249	0.308	1.692	0.850	0.382	1.618
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882	14	0.235	0.329	1.691	0.817	0.406	1.594
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815	15	0.223	0.348	1.652	0.789	0.428	1.572
							16	0.212	0.364	1.636	0.763	0.448	1.552

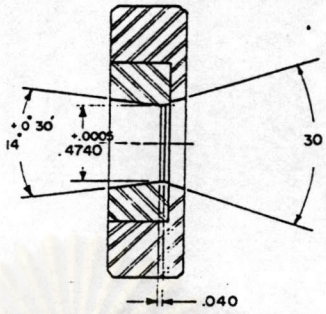
SPC COMMENT SHEET

ANY CHANGE IN MAN, MATERIALS, ENVIRONMENT, METHODS OR MACHINES SHOULD BE COMMENTED.
CAUSES, CORRECTIVE ACTIONS TAKEN AND RESULTS OF CORRECTIVE ACTION WHEN SIGNALED BY THE CONTROL CHART SHOULD BE COMMENTED

DATE	SHIFT	CAUSE CORRECTIVE ACTION	E/M

SPC - PROCESS CONTROL CHART

Operation	SPEC LIMIT			CONTROL LIMIT FOR X-R/X̄-R/X-S CHART				PAGE
Item.	LSL	MIL	USL	CHART TYPE	LCL	CL	UCL	1 / 2
m/o no.				X OR X̄ CHART				
insp. by	14°		14° 30'	R OR S CHART				



INDIVIDUAL (X) OR AVERAGE (X)

40'	
35'	
30'	
25'	USL
20'	
15'	
10'	
05'	
14° 00'	LSL
55'	
50'	

RANGES (R) OR STANDARD DEVIATION (S) CHART

NO.																									
measurement	1																								
	2																								
	3																								
	4																								
	5																								
SUM X																									
X̄																									
R																									

VARIABLE CONTROL CHART FORMULAS

$\bar{X}$ — R Chart

$\bar{X}$ = Average $\bar{X}$ | $\bar{R}$ = Average R

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$ | $UCL_R = D_4 \bar{R}$

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$ | $LCL_R = D_3 \bar{R}$

$\bar{X}$ — S Chart

$\bar{\bar{X}}$ = Average $\bar{X}$ | $\bar{S}$ = Average S

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{S}$ | $UCL_S = B_4 \bar{S}$

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{S}$ | $LCL_S = B_3 \bar{S}$

FACTORS FOR COMPUTING CONTROL LIMITS

n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4	n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4
2	1.880	0	3.267	2.659	0	3.267	9	0.337	0.184	1.816	1.034	0.239	1.761
3	1.023	0	2.575	1.954	0	2.568	10	0.308	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716
4	0.729	0	2.282	1.628	0	2.266	11	0.285	0.256	1.744	0.927	0.321	1.679
5	0.577	0	2.115	1.427	0	2.089	12	0.266	0.284	1.716	0.886	0.354	1.646
6	0.483	0	2.004	1.287	0.030	1.970	13	0.249	0.308	1.692	0.850	0.382	1.618
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882	14	0.235	0.329	1.691	0.817	0.406	1.594
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815	15	0.223	0.348	1.652	0.789	0.428	1.572
							16	0.212	0.364	1.636	0.763	0.448	1.552

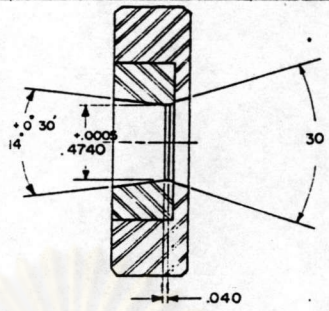
SPC COMMENT SHEET

ANY CHANGE IN MAN, MATERIALS, ENVIRONMENT, METHODS OR MACHINES SHOULD BE COMMENTED.
CAUSES, CORRECTIVE ACTIONS TAKEN AND RESULTS OF CORRECTIVE ACTION WHEN SIGNALED BY THE CONTROL CHART SHOULD BE COMMENTED

DATE	SHIFT	CAUSE CORRECTIVE ACTION	E/N

SPC - PROCESS CONTROL CHART

Operation	SPEC LIMIT			CONTROL LIMIT FOR X-R/X̄-R/X-S CHART				PAGE
Item. PTC [illegible]	LSL	MRL	USL	CHART TYPE	LCL	CL	UCL	2 / 2
m/o no.				X OR X̄ CHART				
insp. by	0.4710	–	0.4745	R OR S CHART				



INDIVIDUAL (X) OR AVERAGE (X)

0.4745	
0.4743	
0.4746	
0.4745	
0.4741	USL
0.4743	
0.4742	
0.4741	
0.4740	LSL
0.4739	
0.4736	

RANGES (R) OR STANDARD DEVIATION (S) CHART

NO.																								
measurement	1																							
	2																							
	3																							
	4																							
	5																							
SUM X																								
$\bar{X}$																								
R																								

VARIABLE CONTROL CHART FORMULAS

$\bar{X}$ – R Chart		$\bar{X}$ – S Chart	
$\bar{X}$ = Average $\bar{X}$	$\bar{R}$ = Average R	$\bar{X}$ Average $\bar{X}$	$\bar{S}$ = Average S
$UCL_{\bar{X}} = \bar{X} + A_2\bar{R}$	$UCL_R = D_4\bar{R}$	$UCL_{\bar{X}} = \bar{X} + A_3\bar{S}$	$UCL_S = B_4\bar{S}$
$LCL_{\bar{X}} = \bar{X} - A_2\bar{R}$	$LCL_R = D_3\bar{R}$	$LCL_{\bar{X}} = \bar{X} - A_3\bar{S}$	$LCL_S = B_3\bar{S}$

FACTORS FOR COMPUTING CONTROL LIMITS

n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4	n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4
2	1.880	0	3.267	2.659	0	3.267	9	0.337	0.184	1.816	1.034	0.239	1.761
3	1.023	0	2.575	1.954	0	2.568	10	0.308	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716
4	0.729	0	2.282	1.628	0	2.266	11	0.285	0.256	1.744	0.927	0.321	1.679
5	0.577	0	2.115	1.427	0	2.089	12	0.266	0.284	1.716	0.886	0.354	1.646
6	0.483	0	2.004	1.287	0.030	1.970	13	0.249	0.308	1.692	0.850	0.382	1.618
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882	14	0.235	0.329	1.691	0.817	0.406	1.594
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815	15	0.223	0.348	1.652	0.789	0.428	1.572
							16	0.212	0.364	1.636	0.763	0.448	1.552

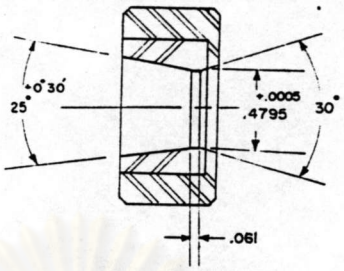
SPC COMMENT SHEET

ANY CHANGE IN MAN, MATERIALS, ENVIRONMENT, METHODS OR MACHINES SHOULD BE COMMENTED.
CAUSES, CORRECTIVE ACTIONS TAKEN AND RESULTS OF CORRECTIVE ACTION WHEN SIGNALED BY THE CONTROL CHART SHOULD BE COMMENTED

DATE	SHIFT	CAUSE CORRECTIVE ACTION	E/N

SPC - PROCESS CONTROL CHART

Operation	SPEC LIMIT			CONTROL LIMIT FOR X-R/X̄-R/X̄-S CHART				PAGE
Item. PTC – 25 3	LSL	MID.	USL	CHART TYPE	LCL	CL	UCL	1 / 2
m/o no.				X OR X̄ CHART				
insp. by	25°	–	25° 30′	R OR S CHART				



INDIVIDUAL (X) OR AVERAGE (X)

30′
35′
20′
24′
25′
15′
10′
5′
25° 0′
55′
24° 50′

USL

LSL

RANGES (R) OR STANDARD DEVIATION (S) CHART

NO.																									
measurement	1																								
	2																								
	3																								
	4																								
	5																								
SUM X																									
$\bar{X}$																									
R																									

VARIABLE CONTROL CHART FORMULAS

$\bar{X}$ – R Chart

$\bar{X}$ = Average $\bar{X}$ | $\bar{R}$ = Average R

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$ | $UCL_R = D_4\bar{R}$

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$ | $LCL_R = D_3\bar{R}$

$\bar{X}$ – S Chart

$\bar{\bar{X}}$ Average $\bar{X}$ | $\bar{S}$ = Average S

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$ | $UCL_S = B_4\bar{S}$

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S}$ | $LCL_S = B_3\bar{S}$

FACTORS FOR COMPUTING CONTROL LIMITS

n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4	n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4
2	1.880	0	3.267	2.659	0	3.267	9	0.337	0.184	1.816	1.032	0.239	1.761
3	1.023	0	2.575	1.954	0	2.568	10	0.308	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716
4	0.729	0	2.282	1.628	0	2.266	11	0.285	0.256	1.744	0.927	0.321	1.679
5	0.577	0	2.115	1.427	0	2.089	12	0.266	0.284	1.716	0.886	0.354	1.646
6	0.483	0	2.004	1.287	0.030	1.970	13	0.249	0.308	1.692	0.850	0.382	1.618
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882	14	0.235	0.329	1.671	0.817	0.406	1.594
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815	15	0.223	0.348	1.652	0.789	0.428	1.572
							16	0.212	0.364	1.636	0.763	0.448	1.552

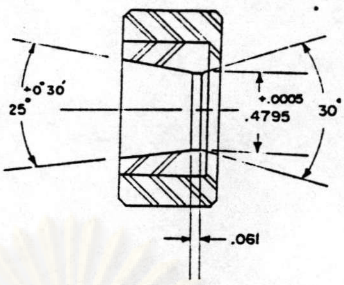
SPC COMMENT SHEET

ANY CHANGE IN MAN, MATERIALS, ENVIRONMENT, METHODS OR MACHINES SHOULD BE COMMENTED.
CAUSES, CORRECTIVE ACTIONS TAKEN AND RESULTS OF CORRECTIVE ACTION WHEN SIGNALED BY THE CONTROL CHART SHOULD BE COMMENTED

DATE	SHIFT	CAUSE CORRECTIVE ACTION	E/N

SPC - PROCESS CONTROL CHART

Operation . [illegible]	SPEC LIMIT			CONTROL LIMIT FOR X-R/X̄-R/X̄-S CHART				PAGE
Item. [illegible]	LSL	MID.	USL	CHART TYPE	LCL	CL	UCL	2/2
m/c no.				X OR X̄ CHART				
insp. by	.4795	–	0.480	R OR S CHART				



INDIVIDUAL (X) OR AVERAGE (X̄)

82	
81	
0.480	USL
99	
98	
97	
96	
0.4795	LSL
94	
93	
92	

RANGES (R) OR STANDARD DEVIATION (S) CHART

NO.	
measurement 1	
2	
3	
4	
5	
SUM X	
X̄	
R	

VARIABLE CONTROL CHART FORMULAS

$\bar{X} - R$ Chart

$\bar{\bar{X}}$ = Average $\bar{X}$; $\bar{R}$ = Average R

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$; $UCL_R = D_4\bar{R}$

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$; $LCL_R = D_3\bar{R}$

$\bar{X} - S$ Chart

$\bar{\bar{X}}$ Average $\bar{X}$; $\bar{S}$ = Average S

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$; $UCL_S = B_4\bar{S}$

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S}$; $LCL_S = B_3\bar{S}$

FACTORS FOR COMPUTING CONTROL LIMITS

n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4	n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4
2	1.880	0	3.267	2.659	0	3.267	9	0.337	0.184	1.816	1.03[illegible]	0.239	1.761
3	1.023	0	2.575	1.954	0	2.568	10	0.308	0.223	1.777	0.97[illegible]	0.284	1.716
4	0.729	0	2.282	1.628	0	2.266	11	0.285	0.256	1.744	0.92[illegible]	0.321	1.679
5	0.577	0	2.115	1.427	0	2.089	12	0.266	0.284	1.716	0.88[illegible]	0.354	1.646
6	0.483	0	2.004	1.287	0.030	1.970	13	0.249	0.308	1.692	0.85[illegible]	0.392	1.618
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882	14	0.235	0.329	1.691	0.817	0.406	1.594
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815	15	0.223	0.348	1.652	0.78[illegible]	0.428	1.572
							16	0.212	0.364	1.636	0.763	0.448	1.552

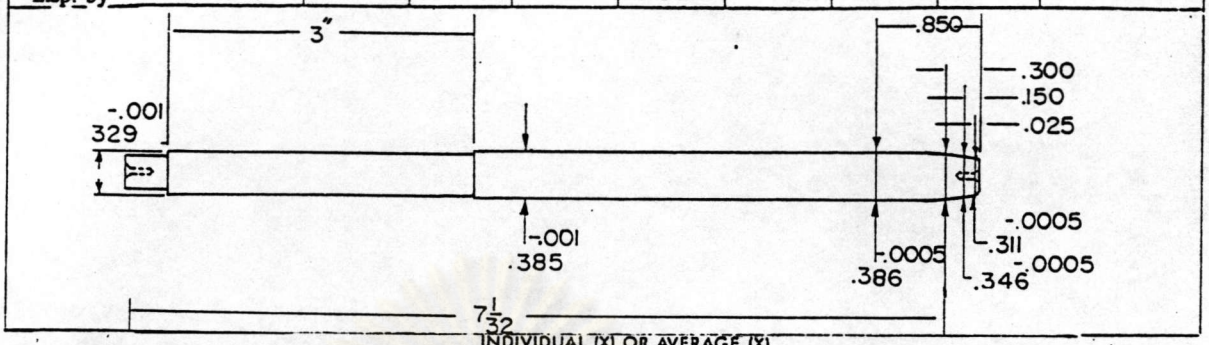
SPC COMMENT SHEET

ANY CHANGE IN MAN, MATERIALS, ENVIRONMENT, METHODS OR MACHINES SHOULD BE COMMENTED.
CAUSES, CORRECTIVE ACTIONS TAKEN AND RESULTS OF CORRECTIVE ACTION WHEN SIGNALED BY THE CONTROL CHART SHOULD BE COMMENTED

DATE	SHIFT	CAUSE CORRECTIVE ACTION	E/N

SPC - PROCESS CONTROL CHART

Operation	SPEC LIMIT			CONTROL LIMIT FOR X-R/X-R/X-S CHART				PAGE
Item. [illegible] - 2591	LSL	MID.	USL	CHART TYPE	LCL		UCL	1 / 2
m/o no.				X OR $\bar{X}$ CHART				
insp. by	.3105	-	.3110	R OR S CHART				



INDIVIDUAL (X) OR AVERAGE ($\bar{X}$)

.3111
.3110
.3109
.3108
.3107
.3106
.3105
.3104

USL

LSL

RANGES (R) OR STANDARD DEVIATION (S) CHART

NO.																														
measurement	1																													
	2																													
	3																													
	4																													
	5																													
SUM X																														
$\bar{X}$																														
R																														

VARIABLE CONTROL CHART FORMULAS

$\bar{X}$ – R Chart

$\bar{\bar{X}}$ = Average $\bar{X}$

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$

$\bar{R}$ = Average R

$UCL_R = D_4\bar{R}$

$LCL_R = D_3\bar{R}$

$\bar{X}$ – S Chart

$\bar{\bar{X}}$ Average $\bar{X}$

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S}$

$\bar{S}$ = Average S

$UCL_S = B_4\bar{S}$

$LCL_S = B_3\bar{S}$

FACTORS FOR COMPUTING CONTROL LIMITS

n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4	n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4
2	1.880	0	3.267	2.659	0	3.267	9	0.337	0.184	1.816	1.032	0.239	1.761
3	1.023	0	2.575	1.954	0	2.568	10	0.308	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716
4	0.729	0	2.282	1.628	0	2.266	11	0.285	0.256	1.744	0.927	0.321	1.679
5	0.577	0	2.115	1.427	0	2.089	12	0.266	0.284	1.716	0.886	0.354	1.646
6	0.483	0	2.004	1.287	0.030	1.970	13	0.249	0.308	1.692	0.850	0.382	1.618
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882	14	0.235	0.329	1.671	0.817	0.406	1.594
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815	15	0.223	0.348	1.652	0.789	0.428	1.572
							16	0.212	0.364	1.636	0.763	0.448	1.552

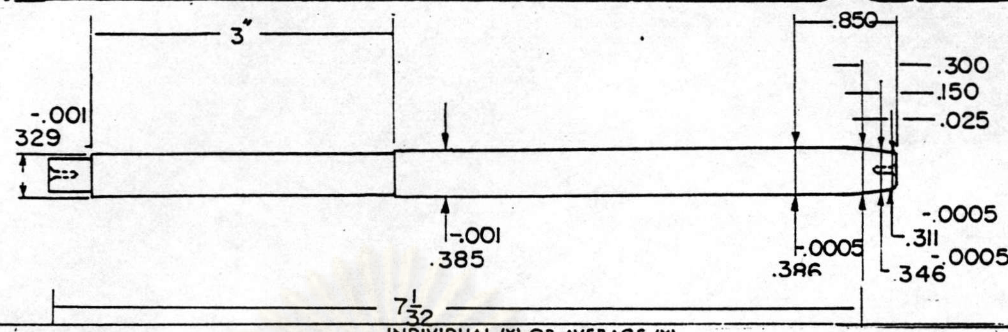
SPC COMMENT SHEET

ANY CHANGE IN MAN, MATERIALS, ENVIRONMENT, METHODS OR MACHINES SHOULD BE COMMENTED.
CAUSES, CORRECTIVE ACTIONS TAKEN AND RESULTS OF CORRECTIVE ACTION WHEN SIGNALED BY THE CONTROL CHART SHOULD BE COMMENTED

DATE	SHIFT	CAUSE CORRECTIVE ACTION	E/N

SPC - PROCESS CONTROL CHART

Operation . [illegible]	SPEC LIMIT			CONTROL LIMIT FOR X-R/X̄-R/X-S CHART				PAGE
Item. LPTP 2541	LSL	MILL	USL	CHART TYPE	LCL	CL	UCL	2 / 2
m/c no.	.3455		.346	X OR X̄ CHART				
insp. by				R OR S CHART				



INDIVIDUAL (X) OR AVERAGE (X̄)

.3463
.3462
.3461
.3460
.3459
.3458
.3457
.3456
.3455
.3454
.3453

USL

LSL

RANGES (R) OR STANDARD DEVIATION (S) CHART

NO.	
measurement	1
	2
	3
	4
	5
SUM X	
X̄	
R	

VARIABLE CONTROL CHART FORMULAS

$\bar{X} - R$ Chart

$\bar{\bar{X}}$ = Average $\bar{X}$

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$

$\bar{R}$ = Average R

$UCL_R = D_4\bar{R}$

$LCL_R = D_3\bar{R}$

$\bar{X} - S$ Chart

$\bar{\bar{X}}$ Average $\bar{X}$

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S}$

$\bar{S}$ = Average S

$UCL_S = B_4\bar{S}$

$LCL_S = B_3\bar{S}$

FACTORS FOR COMPUTING CONTROL LIMITS

n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4
2	1.880	0	3.267	2.659	0	3.267
3	1.023	0	2.575	1.954	0	2.568
4	0.729	0	2.282	1.628	0	2.266
5	0.577	0	2.115	1.427	0	2.089
6	0.483	0	2.004	1.287	0.030	1.970
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815
9	0.337	0.184	1.816	1.032	0.239	1.761
10	0.308	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716
11	0.285	0.256	1.744	0.927	0.321	1.679
12	0.266	0.284	1.716	0.886	0.354	1.646
13	0.249	0.308	1.692	0.850	0.392	1.618
14	0.235	0.329	1.691	0.817	0.406	1.594
15	0.223	0.348	1.652	0.789	0.428	1.572
16	0.212	0.364	1.636	0.763	0.448	1.552

SPC COMMENT SHEET

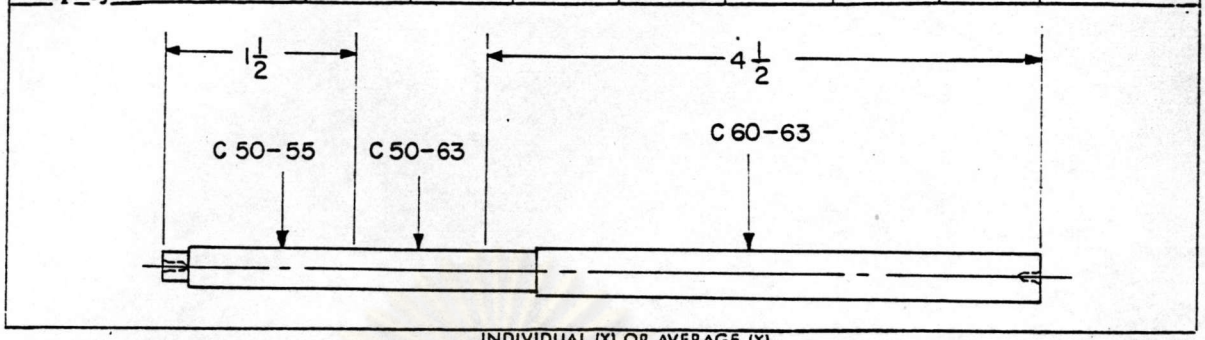
ANY CHANGE IN MAN, MATERIALS, ENVIRONMENT, METHODS OR MACHINES SHOULD BE COMMENTED.

CAUSES, CORRECTIVE ACTIONS TAKEN AND RESULTS OF CORRECTIVE ACTION WHEN SIGNALED BY THE CONTROL CHART SHOULD BE COMMENTED

DATE	SHIFT	CAUSE CORRECTIVE ACTION	E/N

SPC - PROCESS CONTROL CHART

Operation	SPEC LIMIT			CONTROL LIMIT FOR X-R/X̄-R/X-S CHART				PAGE
Item	LSL	MID.	USL	CHART TYPE	LCL	CL	UCL	1 / 5
m/c no.				X OR X̄ CHART				
insp. by	50	-	55	R OR S CHART				



INDIVIDUAL (X) OR AVERAGE (X)

58
57
56
55
54
53
52
51
50
49
48

USL

LSL

RANGES (R) OR STANDARD DEVIATION (S) CHART

NO.																									
measurement	1																								
	2																								
	3																								
	4																								
	5																								
SUM X																									
X̄																									
R																									

VARIABLE CONTROL CHART FORMULAS

X̄ – R Chart

$\bar{\bar{X}}$ = Average $\bar{X}$

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$

$\bar{R}$ = Average R

$UCL_R = D_4\bar{R}$

$LCL_R = D_3\bar{R}$

X̄ – S Chart

$\bar{\bar{X}}$ Average $\bar{X}$

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S}$

$\bar{S}$ = Average S

$UCL_S = B_4\bar{S}$

$LCL_S = B_3\bar{S}$

FACTORS FOR COMPUTING CONTROL LIMITS

n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4	n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4
2	1.880	0	3.267	2.659	0	3.267	9	0.337	0.184	1.816	1.032	0.239	1.761
3	1.023	0	2.575	1.954	0	2.568	10	0.308	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716
4	0.729	0	2.282	1.628	0	2.266	11	0.285	0.256	1.744	0.927	0.321	1.679
5	0.577	0	2.115	1.427	0	2.089	12	0.266	0.284	1.716	0.886	0.354	1.646
6	0.483	0	2.004	1.287	0.030	1.970	13	0.249	0.308	1.692	0.850	0.382	1.618
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882	14	0.235	0.329	1.691	0.817	0.406	1.594
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815	15	0.223	0.348	1.652	0.789	0.428	1.572
							16	0.212	0.364	1.636	0.763	0.448	1.552

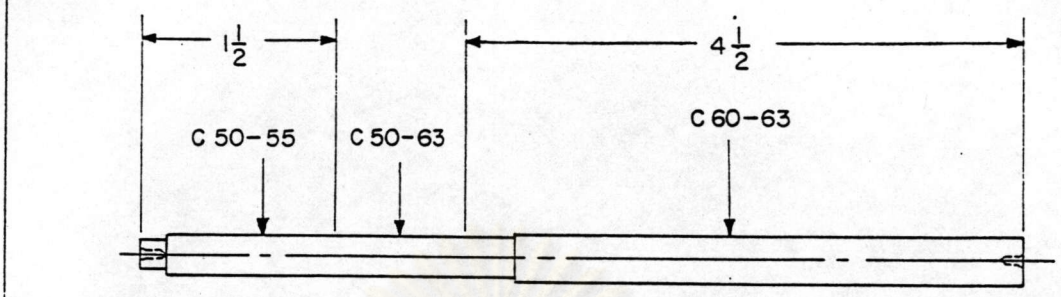
SPC COMMENT SHEET

ANY CHANGE IN MAN, MATERIALS, ENVIRONMENT, METHODS OR MACHINES SHOULD BE COMMENTED.
CAUSES, CORRECTIVE ACTIONS TAKEN AND RESULTS OF CORRECTIVE ACTION WHEN SIGNALED BY THE CONTROL CHART SHOULD BE COMMENTED

DATE	SHIFT	CAUSE CORRECTIVE ACTION	E/N

SPC - PROCESS CONTROL CHART

Operation	SPEC LIMIT			CONTROL LIMIT FOR X-R/X̄-R/X-S CHART				PAGE
Item	LSL	MRL	USL	CHART TYPE	LCL	CL	UCL	2/3
m/o no.				X OR X̄ CHART				
insp. by	50	-	63	R OR S CHART				



INDIVIDUAL (X) OR AVERAGE (X)

USL

LSL

RANGES (R) OR STANDARD DEVIATION (S) CHART

NO.																									
measurement	1																								
	2																								
	3																								
	4																								
	5																								
SUM X																									
X̄																									
R																									

VARIABLE CONTROL CHART FORMULAS

X̄ – R Chart		X̄ – S Chart	
$\bar{X}$ = Average $\bar{X}$	$\bar{R}$ = Average R	$\bar{X}$ Average $\bar{X}$	$\bar{S}$ = Average S
$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$	$UCL_R = D_4\bar{R}$	$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$	$UCL_S = B_4\bar{S}$
$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$	$LCL_R = D_3\bar{R}$	$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S}$	$LCL_S = B_3\bar{S}$

FACTORS FOR COMPUTING CONTROL LIMITS

n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4	n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4
2	1.880	0	3.267	2.659	0	3.267	9	0.337	0.184	1.816	1.034	0.239	1.761
3	1.023	0	2.575	1.954	0	2.568	10	0.308	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716
4	0.729	0	2.282	1.628	0	2.266	11	0.285	0.256	1.744	0.927	0.321	1.679
5	0.577	0	2.115	1.427	0	2.089	12	0.266	0.284	1.716	0.886	0.354	1.646
6	0.483	0	2.004	1.287	0.030	1.970	13	0.249	0.308	1.692	0.850	0.382	1.618
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882	14	0.235	0.329	1.691	0.817	0.406	1.594
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815	15	0.223	0.348	1.652	0.789	0.428	1.572
							16	0.212	0.364	1.636	0.763	0.448	1.552

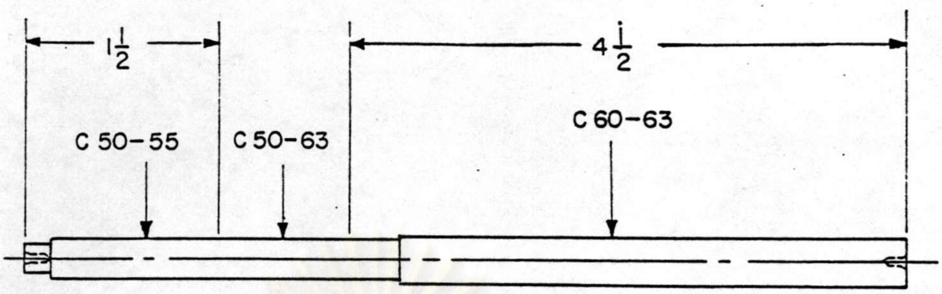
SPC COMMENT SHEET

ANY CHANGE IN MAN, MATERIALS, ENVIRONMENT, METHODS OR MACHINES SHOULD BE COMMENTED.
CAUSES, CORRECTIVE ACTIONS TAKEN AND RESULTS OF CORRECTIVE ACTION WHEN SIGNALED BY THE CONTROL CHART SHOULD BE COMMENTED

DATE	SHIFT	CAUSE CORRECTIVE ACTION	E/N

SPC - PROCESS CONTROL CHART

Operation · [illegible]	SPEC LIMIT			CONTROL LIMIT FOR X-R/X̄-R/X̄-S CHART				PAGE
Item. [illegible]	LSL	MRL	USL	CHART TYPE	LCL	[illegible]	UCL	
m/c no.				X OR X̄ CHART				3 / 3
insp. by	60	—	63	R OR S CHART				



INDIVIDUAL (X) OR AVERAGE (X̄)

64	
63.5	
63	
62.5	USL
62	
61.5	
61	
60.5	
60	
59.5	LSL
59	

RANGES (R) OR STANDARD DEVIATION (S) CHART

NO.																									
measurement	1																								
	2																								
	3																								
	4																								
	5																								
SUM X																									
X̄																									
R																									

VARIABLE CONTROL CHART FORMULAS

$\bar{X}$ – R Chart

$\bar{\bar{X}}$ = Average $\bar{X}$

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$

$\bar{R}$ = Average R

$UCL_R = D_4\bar{R}$

$LCL_R = D_3\bar{R}$

$\bar{X}$ – S Chart

$\bar{\bar{X}}$ Average $\bar{X}$

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S}$

$\bar{S}$ = Average S

$UCL_S = B_4\bar{S}$

$LCL_S = B_3\bar{S}$

FACTORS FOR COMPUTING CONTROL LIMITS

n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4	n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4
2	1.880	0	3.267	2.659	0	3.267	9	0.337	0.184	1.816	1.032	0.239	1.761
3	1.023	0	2.575	1.954	0	2.568	10	0.308	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716
4	0.729	0	2.282	1.628	0	2.266	11	0.285	0.256	1.744	0.927	0.321	1.679
5	0.577	0	2.115	1.427	0	2.089	12	0.266	0.284	1.716	0.886	0.354	1.646
6	0.483	0	2.004	1.287	0.030	1.970	13	0.249	0.308	1.692	0.850	0.392	1.618
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882	14	0.235	0.329	1.691	0.817	0.406	1.594
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815	15	0.223	0.348	1.652	0.789	0.428	1.572
							16	0.212	0.364	1.636	0.763	0.448	1.552

SPC COMMENT SHEET

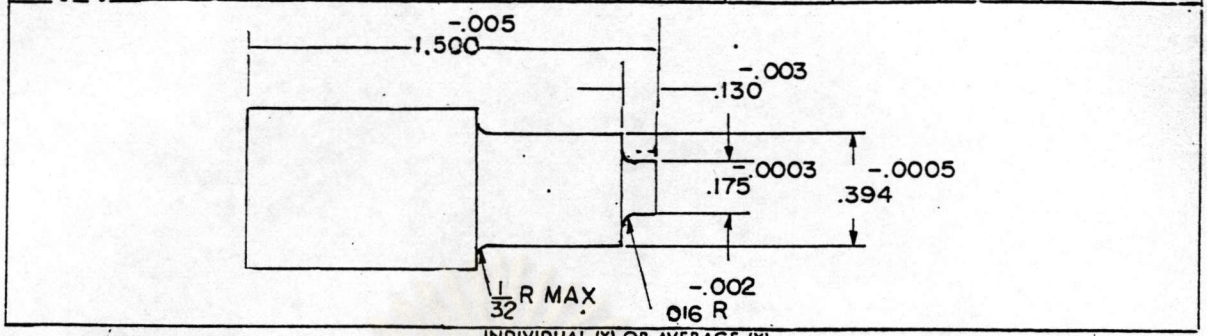
ANY CHANGE IN MAN, MATERIALS, ENVIRONMENT, METHODS OR MACHINES SHOULD BE COMMENTED.

CAUSES, CORRECTIVE ACTIONS TAKEN AND RESULTS OF CORRECTIVE ACTION WHEN SIGNALED BY THE CONTROL CHART SHOULD BE COMMENTED

DATE	SHIFT	CAUSE CORRECTIVE ACTION	E/N			

SPC - PROCESS CONTROL CHART

Operation	SPEC LIMIT			CONTROL LIMIT FOR X-R/X̄-R/X-S CHART				PAGE
Item. PTM 1038-3	LSL	MRL	USL	CHART TYPE	LCL	CL	UCL	1 / 2
m/o no.				X OR X̄ CHART				
insp. by	0.122	-	0.130	R OR S CHART				



INDIVIDUAL (X) OR AVERAGE (X)

RANGES (R) OR STANDARD DEVIATION (S) CHART

NO.																									
measurement	1																								
	2																								
	3																								
	4																								
	5																								
SUM X																									
X̄																									
R																									

VARIABLE CONTROL CHART FORMULAS

X̄ — R Chart

$\bar{X}$ = Average $\bar{X}$
$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$
$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$

$\bar{R}$ = Average R
$UCL_R = D_4 \bar{R}$
$LCL_R = D_3 \bar{R}$

X̄ — S Chart

$\bar{\bar{X}}$ Average $\bar{X}$
$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{S}$
$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{S}$

$\bar{S}$ = Average S
$UCL_S = B_4 \bar{S}$
$LCL_S = B_3 \bar{S}$

FACTORS FOR COMPUTING CONTROL LIMITS

n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4	n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4
2	1.880	0	3.267	2.659	0	3.267	9	0.337	0.184	1.816	1.032	0.239	1.761
3	1.023	0	2.575	1.954	0	2.568	10	0.308	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716
4	0.729	0	2.282	1.628	0	2.266	11	0.285	0.256	1.744	0.927	0.321	1.679
5	0.577	0	2.115	1.427	0	2.089	12	0.266	0.284	1.716	0.886	0.354	1.646
6	0.483	0	2.004	1.287	0.030	1.970	13	0.249	0.308	1.692	0.850	0.382	1.618
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882	14	0.235	0.329	1.691	0.817	0.406	1.594
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815	15	0.223	0.348	1.652	0.789	0.428	1.572
							16	0.212	0.364	1.636	0.763	0.448	1.552

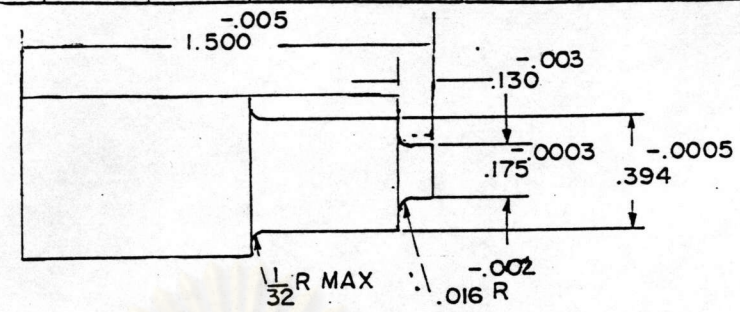
SPC COMMENT SHEET

ANY CHANGE IN MAN, MATERIALS, ENVIRONMENT, METHODS OR MACHINES SHOULD BE COMMENTED.
CAUSES, CORRECTIVE ACTIONS TAKEN AND RESULTS OF CORRECTIVE ACTION WHEN SIGNALED BY THE CONTROL CHART SHOULD BE COMMENTED

DATE	SHIFT	CAUSE CORRECTIVE ACTION	E/M

SPC - PROCESS CONTROL CHART

Operation	SPEC LIMIT			CONTROL LIMIT FOR X-R/X̄-R/X-S CHART				PAGE
Item. [illegible]	LSL	MID.	USL	CHART TYPE	LCL	CL	UCL	2 / 2
m/c no.				X OR X̄ CHART				
insp. by	0.1747		0.1750	R OR S CHART				



INDIVIDUAL (X) OR AVERAGE (X)

0.1753
0.1752
0.1751
0.1750
0.1749
0.1748
0.1747
0.1746
0.1745

USL

LSC

RANGES (R) OR STANDARD DEVIATION (S) CHART

NO.																									
measurement	1																								
	2																								
	3																								
	4																								
	5																								
SUM X																									
X̄																									
R																									

VARIABLE CONTROL CHART FORMULAS

X̄ − R Chart		X̄ − S Chart	
$\bar{\bar{X}}$ = Average $\bar{X}$	$\bar{R}$ = Average R	$\bar{\bar{X}}$ Average $\bar{X}$	$\bar{S}$ = Average S
$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$	$UCL_R = D_4\bar{R}$	$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$	$UCL_S = B_4\bar{S}$
$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$	$LCL_R = D_3\bar{R}$	$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S}$	$LCL_S = B_3\bar{S}$

FACTORS FOR COMPUTING CONTROL LIMITS

n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4	n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4
2	1.880	0	3.267	2.659	0	3.267	9	0.337	0.184	1.816	1.032	0.239	1.761
3	1.023	0	2.575	1.954	0	2.568	10	0.308	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716
4	0.729	0	2.282	1.628	0	2.266	11	0.285	0.256	1.744	0.927	0.321	1.679
5	0.577	0	2.115	1.427	0	2.089	12	0.266	0.284	1.716	0.886	0.354	1.646
6	0.483	0	2.004	1.287	0.030	1.970	13	0.249	0.308	1.692	0.850	0.382	1.618
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882	14	0.235	0.329	1.691	0.817	0.406	1.594
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815	15	0.223	0.348	1.652	0.789	0.428	1.572
							16	0.212	0.364	1.636	0.763	0.448	1.552

SPC COMMENT SHEET

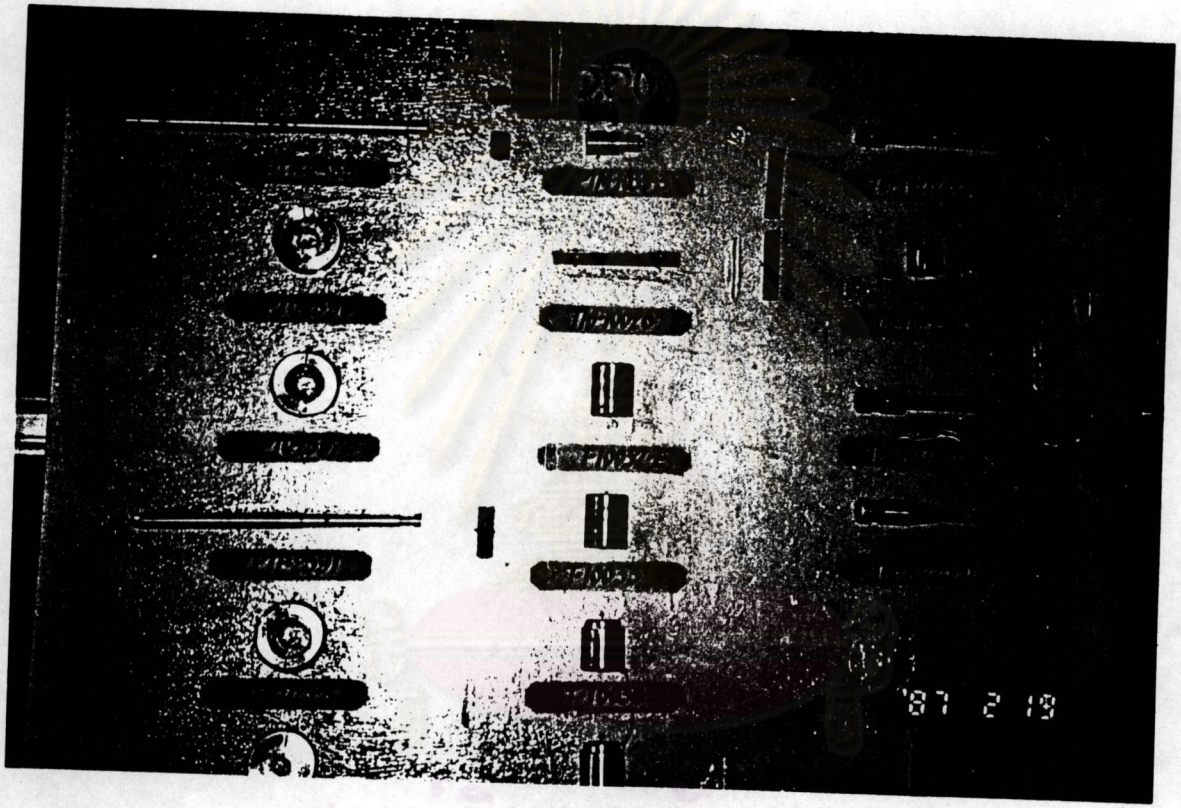
ANY CHANGE IN MAN, MATERIALS, ENVIRONMENT, METHODS OR MACHINES SHOULD BE COMMENTED.
CAUSES, CORRECTIVE ACTIONS TAKEN AND RESULTS OF CORRECTIVE ACTION WHEN SIGNALED BY THE CONTROL CHART SHOULD BE COMMENTED

DATE	SHIFT	CAUSE CORRECTIVE ACTION	E/N

ภาคผนวก ข.

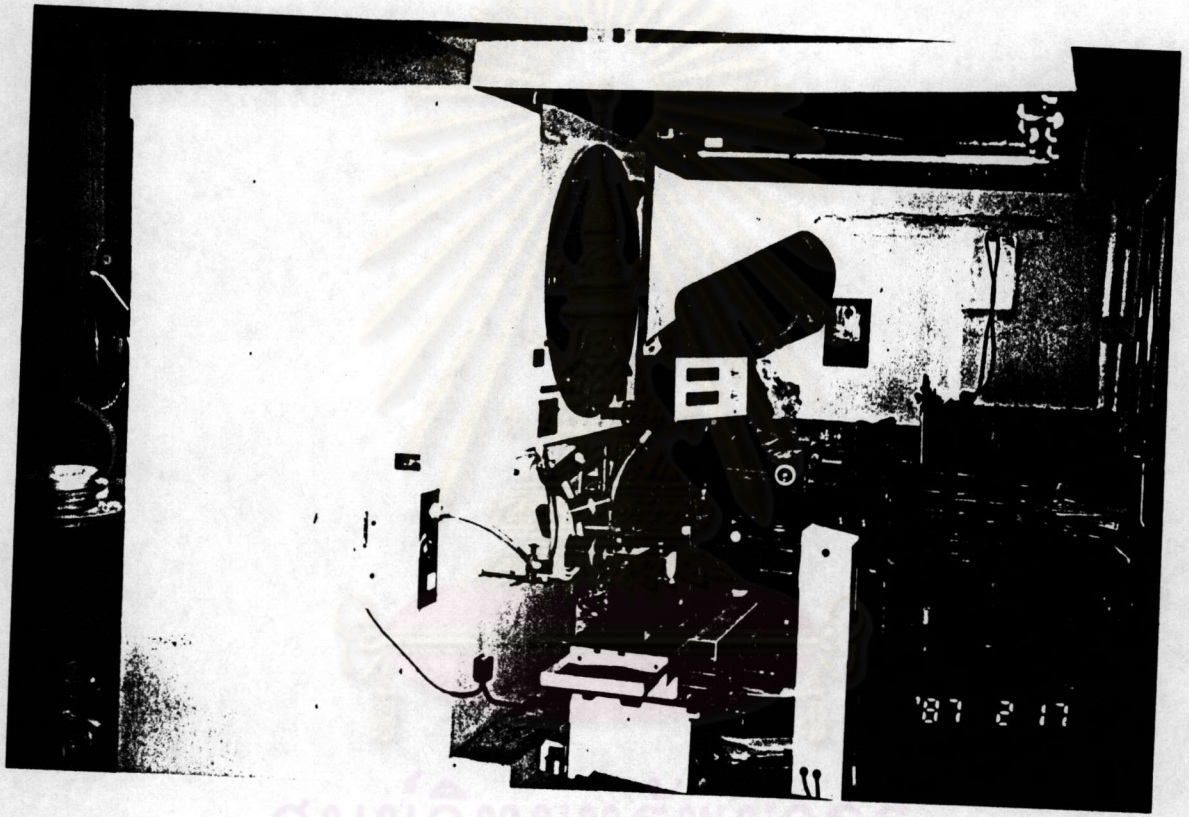
- ภาพแสดงแม่พิมพ์เจาะและรูปร่างของปลอกกระสุน/เครื่องมือในการตรวจสอบคุณภาพ
- ตารางอุณหภูมิในการอบคลายเครียด/ตารางเทียบความแข็งในสเกลต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



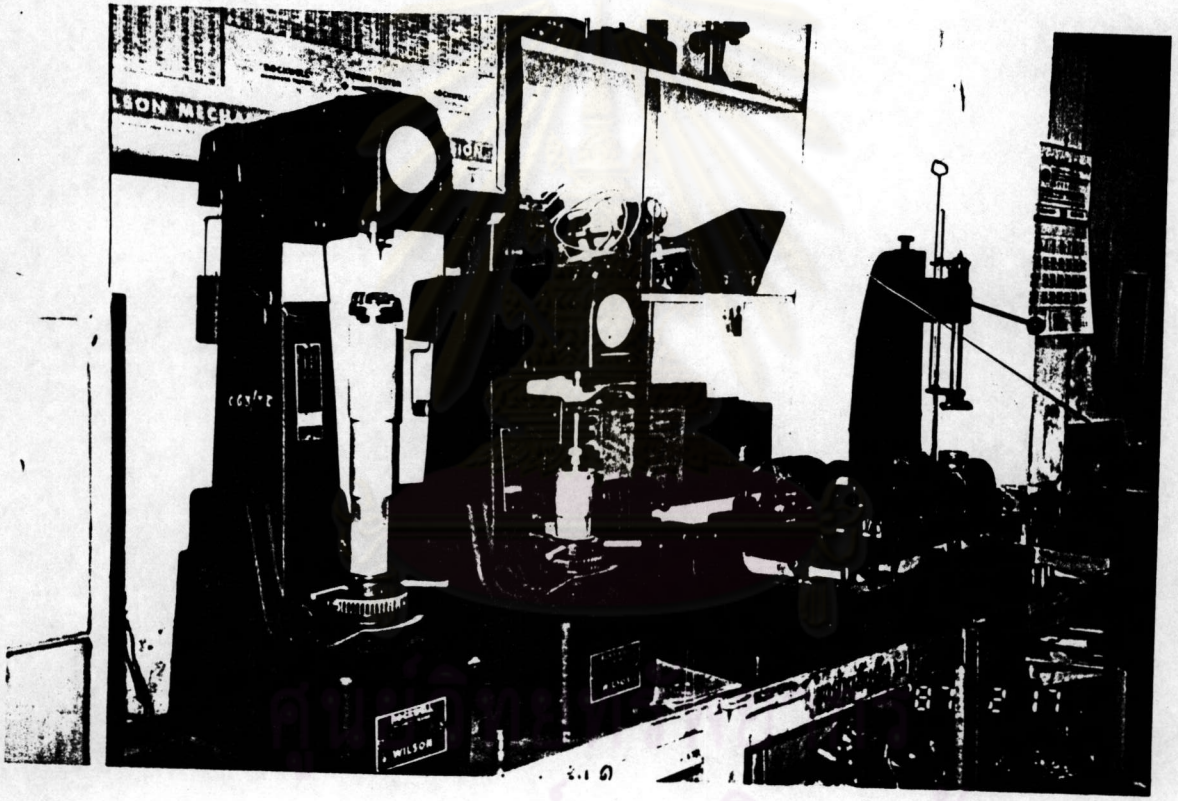
รูปที่ ๑ แสดงแม่พิมพ์เจาะชนิดต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

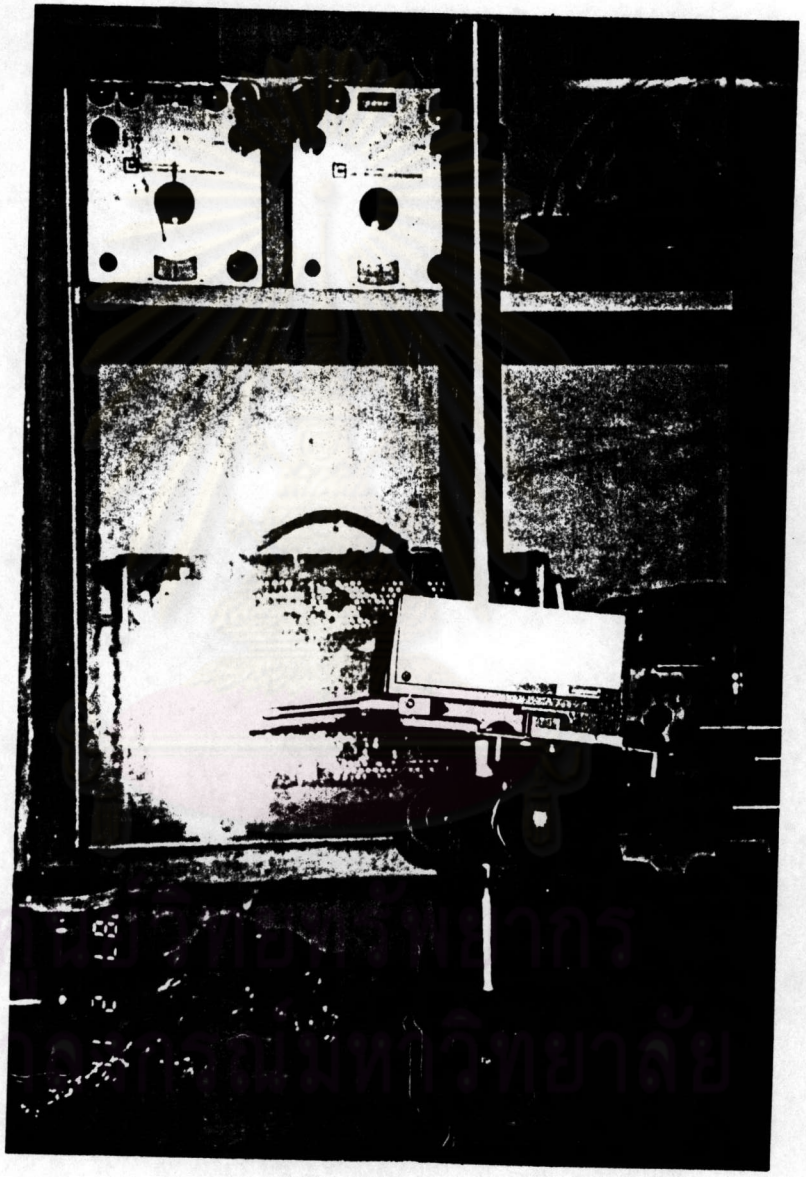


รูปที่ 2 แสดงเครื่องฉายเงา(Comparator)

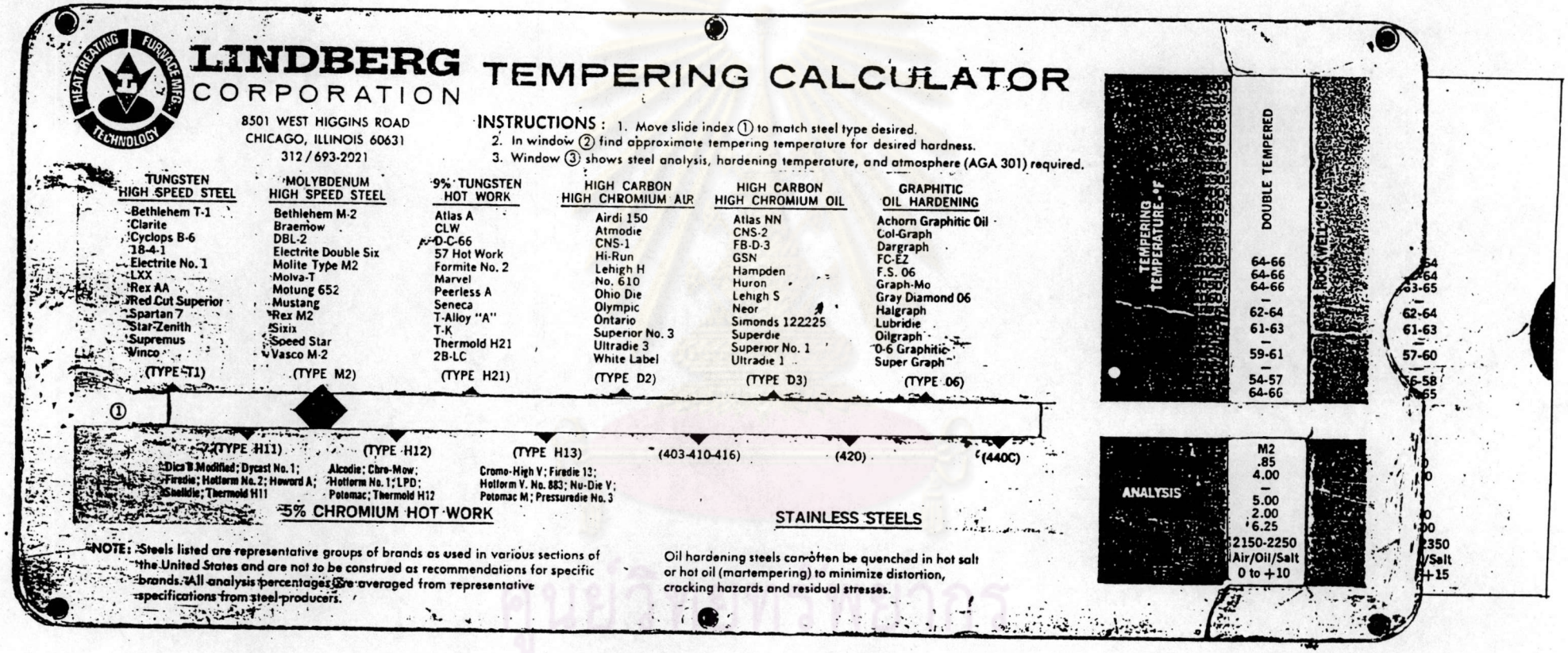
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3 แสดงเครื่องมือตรวจเรื่องความแข็ง



รูปที่ 4 แสดงเครื่องมือตรวจเรื่องความเรียบ



รูปที่ 5 แสดงแผ่นตารางอุณหภูมิการอบคลายเครียด

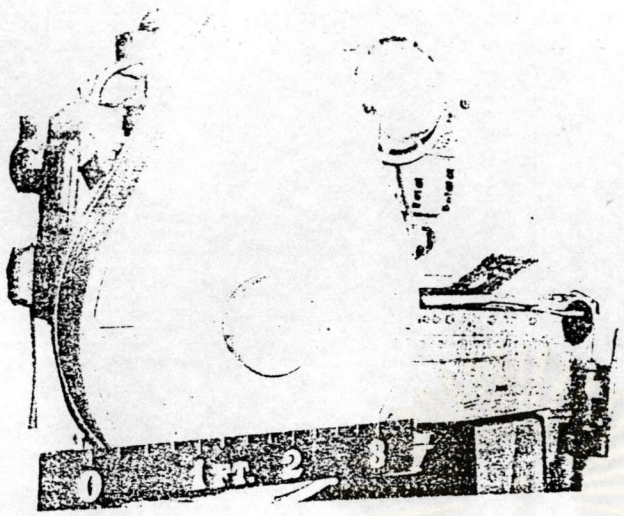
Hardness Conversion Tables for Metals (E 140 – 58)

TABLE II.—HARDNESS CONVERSION NUMBERS FOR STEEL.

Rockwell C Hardness Number	Diamond Pyramid Hardness Number	Brinell Hardness Number*			Rockwell Hardness Number		Rockwell Superficial Hardness Number			Rockwell C Hardness Number
		10-mm Standard Ball, 3000-kg Load	10-mm Hultgren Ball, 3000-kg Load	10-mm Carbide Ball, 3000-kg Load	A Scale, 60-kg Load, Diamond Cone Penetrator	D Scale, 100-kg Load, Diamond Cone Penetrator	15-N Scale, 15-kg Load, Superficial Diamond Cone Penetrator	30-N Scale, 30-kg Load Superficial Diamond Cone Penetrator	45-N Scale, 45-kg Load Superficial Diamond Cone Penetrator	150 kg.
68	940	..	..	..	85.6	76.9	93.2	84.4	75.4	68
67	900	..	..	..	85.0	76.1	92.9	83.6	74.2	67
66	865	..	..	..	84.5	75.4	92.5	82.8	73.3	66
65	832	..	..	739	83.9	74.5	92.2	81.9	72.0	65
64	800	..	..	722	83.4	73.8	91.8	81.1	71.0	64
63	772	..	..	705	82.8	73.0	91.4	80.1	69.9	63
62	746	..	..	688	82.3	72.2	91.1	79.3	68.8	62
61	720	..	..	670	81.8	71.5	90.7	78.4	67.7	61
60	697	..	613	654	81.2	70.7	90.2	77.5	66.6	60
59	674	..	599	634	80.7	69.9	89.8	76.6	65.5	59
58	653	..	587	615	80.1	69.2	89.3	75.7	64.3	58
57	633	..	575	595	79.6	68.5	88.9	74.8	63.2	57
56	613	..	561	577	79.0	67.7	88.3	73.9	62.0	56
55	595	..	546	560	78.5	66.9	87.9	73.0	60.9	55
54	577	..	534	543	78.0	66.1	87.4	72.0	59.8	54
53	560	..	519	525	77.4	65.4	86.9	71.2	58.6	53
52	544	500	508	512	76.8	64.6	86.4	70.2	57.4	52
51	528	487	494	496	76.3	63.8	85.9	69.4	56.1	51
50	513	475	481	481	75.9	63.1	85.5	68.5	55.0	50
49	498	464	469	469	75.2	62.1	85.0	67.6	53.8	49
48	484	451	455	455	74.7	61.4	84.5	66.7	52.5	48
47	471	442	443	443	74.1	60.8	83.9	65.8	51.4	47
46	458	432	432	432	73.6	60.0	83.5	64.8	50.3	46
45	446	421	421	421	73.1	59.2	83.0	64.0	49.0	45
44	434	409	409	409	72.5	58.5	82.5	63.1	47.8	44
43	423	400	400	400	72.0	57.7	82.0	62.2	46.7	43
42	412	390	390	390	71.5	56.9	81.5	61.3	45.5	42
41	402	381	381	381	70.9	56.2	80.9	60.4	44.3	41
40	392	371	371	371	70.4	55.4	80.4	59.5	43.1	40
39	382	362	362	362	69.9	54.6	79.9	58.6	41.9	39
38	372	353	353	353	69.4	53.8	79.4	57.7	40.8	38
37	363	344	344	344	68.9	53.1	78.8	56.8	39.6	37
36	354	336	336	336	68.4	52.3	78.3	55.9	38.4	36
35	345	327	327	327	67.9	51.5	77.7	55.0	37.2	35
34	336	319	319	319	67.4	50.8	77.2	54.2	36.1	34
33	327	311	311	311	66.8	50.0	76.6	53.3	34.9	33
32	318	301	301	301	66.3	49.2	76.1	52.1	33.7	32
31	310	294	294	294	65.8	48.4	75.6	51.3	32.5	31
30	302	286	286	286	65.3	47.7	75.0	50.4	31.3	30
29	294	279	279	279	64.7	47.0	74.5	49.5	30.1	29
28	286	271	271	271	64.3	46.1	73.9	48.6	28.9	28
27	279	264	264	264	63.8	45.2	73.3	47.7	27.8	27
26	272	258	258	258	63.3	44.6	72.8	46.8	26.7	26
25	266	253	253	253	62.8	43.8	72.2	45.9	25.5	25
24	260	247	247	247	62.4	43.1	71.6	45.0	24.3	24
23	254	243	243	243	62.0	42.1	71.0	44.0	23.1	23
22	248	237	237	237	61.5	41.6	70.5	43.2	22.0	22
21	243	231	231	231	61.0	40.9	69.9	42.3	20.7	21
20	238	226	226	226	60.5	40.1	69.4	41.5	19.6	20

* The Brinell hardness numbers in boldface type are outside the range recommended for Brinell hardness testing in Section 5(c) of the Method of Test for Brinell Hardness of Metallic Materials (ASTM Designation: E 10)

รูปที่ 6 แสดงตารางการการเทียบความแข็งในสเกลต่างๆ

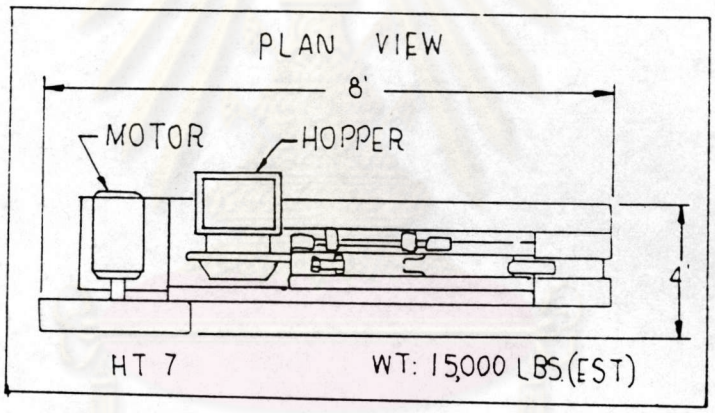


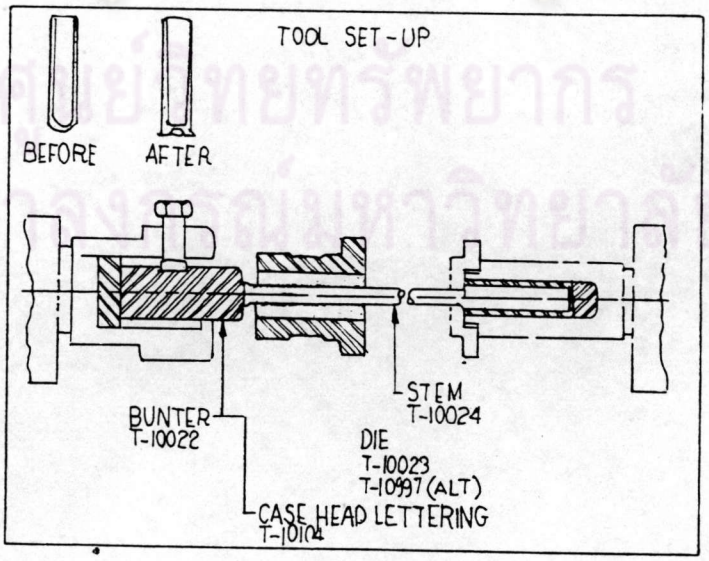
MACHINE DATA

TYPE:	Press, mechanical, horizontal, gap frame, toggle and crank, side wheel, double action
MFG:	Ferracute Machine Co.
CAPACITY:	50 ton
SPEC:	C-5
PROD:	4500
SPM:	110
PPS:	1
CRANK STROKE:	7"
TOGGLE STROKE:	8"
MAX. SHUT HGT:	6"
MIN. SHUT HGT:	2½"
DRIVE:	Motor
HP:	5
RPM:	620
UTILITIES:	Electricity

AUXILIARY EQUIPMENT

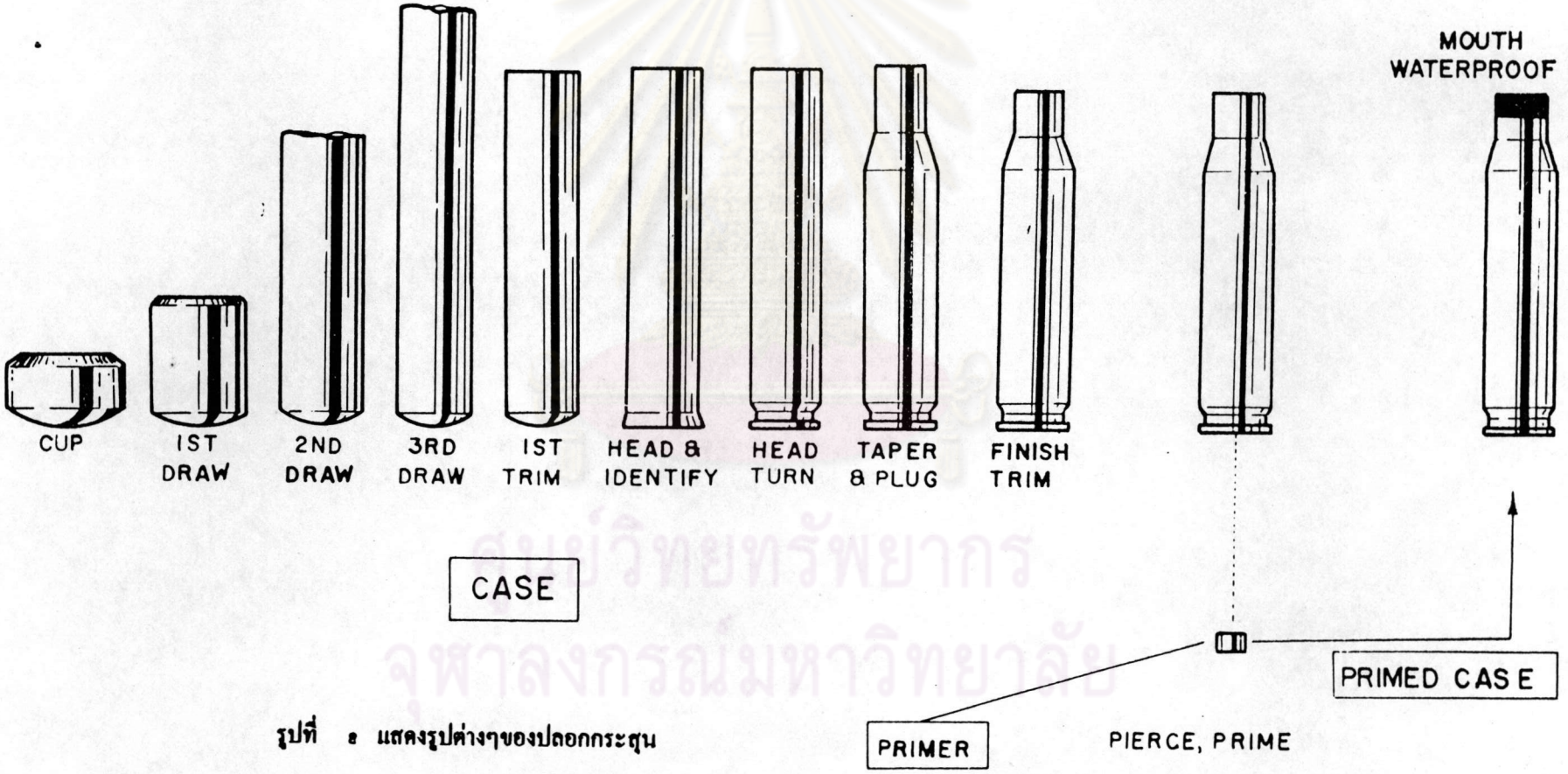
TYPE:	Hopper, pin wheel
SIZE:	18" Diameter
RPM:	6
DRIVE:	Motor
HP:	1/8
RPM:	1140





รูปที่ 7 แสดงการวางตำแหน่งแม่พิมพ์เจาะต่างๆ(ในขั้นตอนการเจาะช่องชนวนและตีสัญญลักษณ์)

CUP TO PRIMED CASE
FOR
CASE, BRASS , BALL M-193, TRACER M-196, 5.56MM.



รูปที่ ๑ แสดงรูปต่างๆของปลอกกระสุน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.

- รายละเอียดในการจำแนกและเลือกเหล็กในการผลิตแม่พิมพ์เจาะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การจำแนกและการเลือกเหล็กทำเครื่องมือ

(Classification and Selection of Tool Steels)

1.1 ความหมายของเหล็กทำเครื่องมือ

สถาบัน AISI (American Iron and Steel Institute) ได้ให้ความหมายของ Tool Steels ไว้ดังนี้

"Tool Steels " หรือ เหล็กทำเครื่องมือหมายถึงเหล็กกล้าคาร์บอน หรือเหล็กกล้าผสมที่สามารถนำไปเพิ่มความแข็งหรืออบคืนได้ ปกติเหล็กเครื่องมือผลิตได้จากเตาไฟฟ้า (Electric Furnance) โดยการควบคุมเป็นอย่างดีเพื่อให้ได้คุณสมบัติตามที่ต้องการ เช่น มีดตัด มีดใส มีดกลึง พิมพ์ต่างๆชิ้นส่วนเครื่องมือเครื่องจักร ที่ต้องการความทนทานต่อการสึกหรอสูง นิยมทำด้วยเหล็กเครื่องมือทั้งสิ้น

การผลิตเครื่องมือจะต้องควบคุมระมัดระวังทุกขั้นตอน นับแต่การเลือกวัตถุดิบเพื่อจะนำไปหลอม การออกแบบอินก็อต การอบหรือการนำแท่งอินก็อต หรือบิลเล็ต(Billet) ไปรีดลดขนาดให้กลายเป็นแท่ง,เส้น,แผ่น จนขั้นตอนสุดท้ายต้องตรวจสอบขนาด, โครงสร้างจุลภาค และต้องให้แน่ใจว่าผลผลิตขั้นตอนสุดท้ายนั้น ปราศจากข้อบกพร่องต่างๆ และได้คุณสมบัติตามมาตรฐานอุตสาหกรรมสากล

1.2 ส่วนผสมของเหล็กเครื่องมือ

เหล็กเครื่องมือแต่ละชนิดมีส่วนผสมที่แตกต่างกัน จึงสามารถควบคุมให้มีคุณสมบัติตามต้องการได้หลายอย่าง สถาบัน AISI ได้ผลิตเครื่องมือจำหน่าย หลายร้อยชนิดและยังมีผู้ผลิตตามประเทศต่างๆ อีกมาก เช่น เยอรมัน สวีเดน รัสเซีย ญี่ปุ่น ฯลฯ ซึ่งต่างก็ได้ผลิตเหล็กเครื่องมือออกสู่ตลาดหลายร้อยชนิด บางชนิดเป็นเหล็กเครื่องมือชนิดเดียวกันแต่ใช้มาตรฐานต่างกันตามประเทศผู้ผลิต

1.2.1 ชื่อทางการค้า

บริษัทต่างๆ อาจจะผลิตเหล็กชนิดเดียวกันมา แต่ชื่อทางการค้าต่างๆกัน เช่น เหล็กชุบน้ำมันตระกูล O1 ในอเมริกามีมากกว่า 30 ยี่ห้อ เช่น Tritus Grovim ฯลฯ ใครที่เคยใช้เหล็ก O1 ยี่ห้อ Tritus ได้ผลเป็นที่พอใจแล้วจะไม่ค่อยนิยมเปลี่ยนยี่ห้ออื่น แม้จะมีส่วนผสมทางเคมีหรือคุณสมบัติเหมือนกันก็ตาม เหล็กที่ผลิตในประเทศต่างๆ จะมียี่ห้อต่างกันออก

ไป เช่น KOSHUHA ,ASSAB ,ROCHLING ,BOHLER,JIS,AISI,HITACHI ฯลฯ ปัจจุบันความเชื่อถือยี่ห้อมีน้อยลงไปมาก และหันมานิยมยึดถือมาตรฐานแทนโดยอาศัยมาตรฐาน AISI หรือ SAE เป็นหลัก เหล็กบางชนิดแม้ว่าจะเปรียบเทียบมาตรฐานไว้อย่างเดียวกัน แต่อาจคุณภาพต่างกัน เพราะแต่ละบริษัทผู้ผลิตมีการควบคุมคุณภาพไม่เหมือนกัน

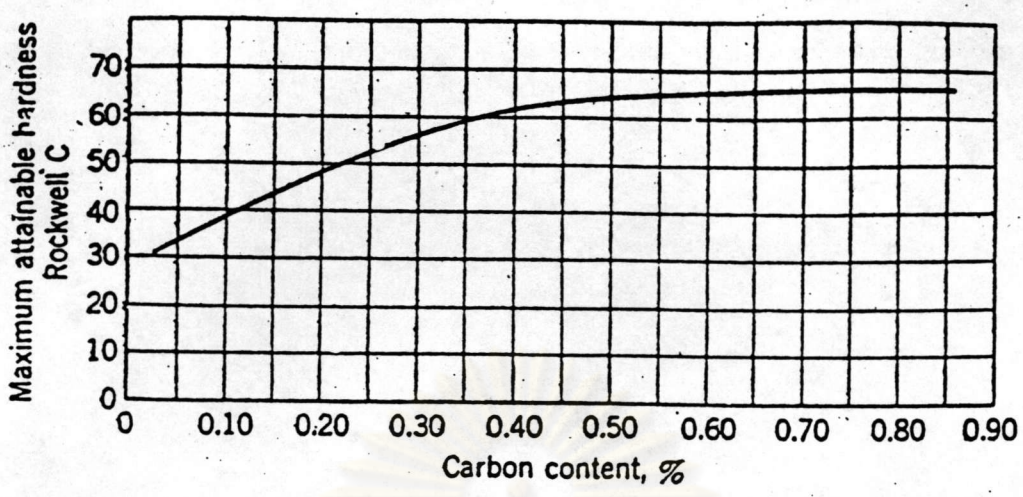
1.2.2 อิทธิพลของธาตุผสม

เหล็กเครื่องมือที่มีธาตุเหล็ก (Fe) อยู่มากที่สุด เหล็กชุบน้ำมันบางชนิดมี Fe อยู่98 %หรือมากกว่า และแม้แต่เหล็กกล้าผสมสูงก็ยังมี Fe อยู่มากกว่า 60% Fe สามารถเปลี่ยนแปลงโครงสร้างได้หลายแบบ เช่น เมื่อขณะอบจะเปลี่ยนมาเป็นเพอร์ไร (α) เป็นออกเทนไท์ (γ) และ เมื่อเย็นตัวลงจะเปลี่ยนมาเป็นเพอร์ไร (α)อีก จึงทำให้สามารถควบคุมให้มีความแข็งสูงและทนทานต่อการสึกหรอ ฯลฯ ได้ตามต้องการ การกำหนดส่วนผสมของเหล็กเครื่องมือโดยทั่วไป จะไม่บอกส่วนผสมของเหล็กเอาไว้ แต่จะบอกส่วนผสมที่เป็นธาตุอื่น ที่เหลือคือ Fe

ธาตุต่างๆ ที่กำหนดส่วนผสมของเหล็กเครื่องมือได้แก่ C , Mn,P S, Si, Ni, Cr, V, W. Mo และCo และยังมีธาตุอื่นอีกหลายชนิดที่ปะปนอยู่ด้วยเล็กน้อย แต่ไม่ได้กำหนดส่วนผสม บางคนอาจเติม Ai,Ti และZr จำนวนเล็กน้อยลงไปในน้ำเหล็กเพื่อลดออกซิเจนและควบคุมขนาดของเกรน ไนโตรเจนได้จากบรรยากาศและเศษโลหะผสมที่เติมลงไปในเตา โดยทั่วไปจะยอมให้มีอยู่ได้ในช่วง 0.03 - 0.1 % ทองแดงเป็นธาตุที่ไม่ต้องการให้มีในเหล็กเครื่องมือ แต่อาจจะปะปนเข้าไปกับเศษโลหะที่บรรจุเข้าเตา ไม่ควรให้มีมากกว่า 0.20 % ฟอสฟอรัสควรมีไม่เกิน 0.03 % กำมะถันก็เช่นเดียวกัน แต่มีคนทดลองใส่กำมะถันในเหล็กเครื่องมือผสมสูง เพื่อเพิ่มความสามารถตัดแต่งและคุณภาพของผิวงาน

1. ธาตุถ่าน (Carbon : C) โครงสร้างผลึก hex (กราไฟท์) ,fcc (เพชร)

คาร์บอนหรือธาตุถ่านเป็นธาตุที่สำคัญมากที่จะทำให้เหล็กมีความแข็งเพิ่มขึ้นเมื่อไปอบชุบ ในการอบชุบโลหะมักจะพบคำว่า “attainable hardness” และ “hardenability” อยู่เสมอ สองคำนี้มีความหมายต่างกัน เมื่อนำเหล็กที่มีปริมาณคาร์บอนต่างกันไปอบชุบเพื่อให้ได้โครงสร้างมาร์เทนไซท์แล้วนำไปวัดค่าความแข็ง ปรากฏว่ามาร์เทนไซท์มีความแข็งเพิ่มขึ้นตามปริมาณคาร์บอน (ดูรูปที่ 1.1) นี่คือ attainable hardness ส่วนคำว่า hardenability นั้น หมายถึงความสามารถของเหล็กที่จะเพิ่มความแข็งเข้าไปได้ลึกจากผิวมากน้อยแค่ไหนเมื่อนำไปอบชุบ เหล็กกล้าธรรมดา 1.0%C, 5%Cr จะมี attainable hardness ต่ำแต่ hardenability สูง (ต่อไปจะใช้คำว่า “ความแข็ง” แทน attainaable และ “ความสามารถชุบแข็ง “แทน hardnability)



รูปที่ 1 อิทธิพลของคาร์บอนที่มีต่อ attainable hardness

ในเหล็กเครื่องมือมีปริมาณคาร์บอนตั้งแต่ 0.05-2.35% เครื่องมือบางชนิด เช่น cold-hubbed Mold นิยมทำด้วยเหล็กที่มีปริมาณคาร์บอนต่ำ เพื่อให้เหล็กอ่อนสามารถขึ้นรูปได้ง่าย จากนั้นจึงเติมคาร์บอนที่ผิว (carburization) เพื่อให้ผิวมีคาร์บอนเสียดสีได้ดี

ความต้านทานต่อการสึกหรอของเหล็กมักจะเป็นสัดส่วนตรงกับความแข็งดังนั้น เครื่องมือส่วนมากที่ต้องการความต้านทานต่อการสึกหรอจึงต้องเพิ่มความแข็งขึ้น เช่นจาก 58 HRC เป็น 68 HRCเหล็กที่มีความแข็งยิ่งสูงยิ่งเปราะมาก บางครั้งจึงต้องให้มีทั้งความต้านทานต่อการสึกหรอและความเหนียวสูงซึ่งจะมีความแข็งอยู่ประมาณ 35 HRC- 40 HRC เครื่องมือที่ต้องการความต้านทานการสึกหรอต่ำ และจะต้องนำไปตัดแต่งด้วยเครื่องจักรเป็นขั้นตอนสุดท้าย ควรให้มีความแข็งน้อยๆ เช่นประมาณ 30 HRC

เราสามารถควบคุมเหล็กเครื่องมือให้มีความแข็งสูง หรือต่ำได้ตามต้องการโดยการควบคุมปริมาณคาร์บอน ความแข็งของเหล็กสูงสุดที่จะได้จากการอบชุบขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอน เช่นในรูปที่ 1 แสดงว่าถ้าเหล็กมีคาร์บอนอยู่ประมาณ 0.60% จะสามารถอบชุบให้มีความแข็งได้สูงมาก (66 HRC) แต่เหล็กเครื่องมือส่วนมากมักมีคาร์บอนมากกว่า 0.60 เพราะคาร์บอนจะต้องรวมตัวกับธาตุอื่น ๆ ที่ผสมในเหล็กเครื่องมือกลายเป็นสารประกอบเช่นเดียวกันรวมตัวกับเหล็ก เช่นรวมตัวกับ V, Mo, Cr กลายเป็นคาร์ไบด์ ที่อุณหภูมิต่ำคาร์ไบด์เหล่านี้จะไม่ละลายในเหล็ก แต่จะละลายได้เมื่อมีอุณหภูมิสูงจนมีโครงสร้างเป็นออสเทนไนท์ ขณะอบชุบเพื่อเพิ่มความแข็ง อนุภาคคาร์ไบด์ในเหล็กที่มีคาร์บอนสูงจะยังคงไม่ละลายและจะฝังตรึงอยู่ในมาร์เทนไซท์ ซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นหรือเมทริคซ์ (Matrix) ของเหล็ก หลังจากอบชุบปกติอนุภาคคาร์ไบด์จะแข็งกว่าเมทริคซ์ (Matrix) จึงทำให้เหล็กที่ผ่านการอบชุบแข็งมีความต้านทานต่อการสึกหรอได้ดีขึ้น ดังนั้นคาร์บอนจึงจำเป็นต่อเหล็กเครื่องมือมากเพราะ

1. คาร์บอนช่วยเพิ่มความแข็งแรงและความสามารถชุบแข็งแก่เหล็ก

2. คาร์บอนรวมตัวกับเหล็กและธาตุอื่น ๆ กลายเป็นคาร์ไบด์ ซึ่งจะช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการสึกหรอของเหล็ก แต่คาร์บอนจะลด elasticity, ความสามารถดึขึ้นรูป, ความสามารถในการเชื่อม และไม่มีผลต่อความต้านทานการกัดกร่อน

2. อลูมิเนียม (Aluminium:A1) จุดหลอมเหลว 660°ซ ;โครงสร้างผลึก ,fcc

อลูมิเนียมเป็นตัวดีออกซิไดเซอร์ (de-oxidizer) ได้ดีที่สุด, รวมตัวกับไนโตรเจนได้ดี จึงมีโอกาสเกิด Strain ageing น้อยลง ถ้าเติมจำนวนเล็กน้อยจะช่วยจำกัดการเติบโตของเกรน อลูมิเนียมทำปฏิกริยากับไนโตรเจนเกิดเป็นไนไตรด์ซึ่งมีความแข็งสูง จึงนิยมเติมอลูมิเนียมในเหล็กที่ต้องการทำไนไตรดิ้ง นอกจากนี้อลูมิเนียมช่วยปรับปรุงความต้านทานต่อการเกิดสเกล จึงนิยมเติมในเหล็กทนความร้อนเฟอร์ริติก และยังนิยมเติมอลูมิเนียมในโลหะผสม Fe-Ni-Co-Al เพื่อทำแม่เหล็กถาวร

3. โบรอน (Boron : B) จุดหลอมเหลว 2040°ซ ; โครงสร้างคีบุก rhom(LT) (α) , rhom(HT) (β) , tet (γ)

โบรอนช่วยเพิ่มความสามารถชุบแข็งแก่เหล็ก ที่ใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องจักรทั่วไป จึงทำให้ใจกลางของงานที่ทำด้วยเหล็กชุบผิวแข็งมีความแข็งสูงขึ้น เมื่อเติมโบรอนลงในเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนไนติก 18/8 (Cr-Ni Steel) จะสามารถอบบ่มเพิ่มความแข็งได้และมีช่วงจำกัดการยืดหยุ่นสูงกว่าเดิม แต่ทนการกัดกร่อนได้น้อยลง โบรอนสามารถดูดกลืนนิวตรอนได้สูง จึงนิยมเติมในเหล็กที่ใช้ทำฉากกั้นอุปกรณ์นิวเคลียร์

4. เบริลเลียม (Beryllium : Be) จุดหลอมเหลว 1283°ซ , โครงสร้างผลึก hcp (α) , bcc (β)

สปริงนาฬิกาซึ่งต้องต่อต้านอำนาจแม่เหล็ก และรับแรงแปรอยู่ตลอดเวลานั้นทำจากทองแดงผสมเบริลเลียม (Beryllium- Coppers alloys) โลหะผสมนิเกิลเบริลเลียมา (Ni-Be alloys) แข็งมาก ทนการกัดกร่อนได้ดี ใช้ทำเครื่องมือผ่าตัด

5. แคลเซียม (Calcium : Ca) จุดหลอมเหลว 850° โครงสร้างผลึก fcc

แคลเซียมจะใช้ในลักษณะแคลเซียมซิลิไซด์ (CaSi) เพื่อลดออกซิเดชั่น (deoxidation) นอกจากนี้แคลเซียมยังช่วยเพิ่มความต้านทานการเกิดสเกลของวัสดุที่ใช้เป็นตัวนำความร้อน

6. ซิเรียม (Cerium : Ce) จุดหลอมเหลว 775° ซ , โครงสร้างผลึก , fcc (α) hcp (β) , fcc (γ) , bcc (δ)

ซิเรียมเป็นตัวลดออกซิเจนและกำมะถันได้ดี ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติด้าน hot working ของเหล็กกล้าผสมสูง และปรับปรุงความต้านการเกิดสเกลของเหล็กทนความร้อน

7. โคบอลท์ (Cobalt : Co)จุดหลอมเหลว 1492°ซ , โครงสร้างผลึก ,hcp (α) , fcc (β)

โคบอลท์ไม่ทำให้เกิดคาร์ไบด์ แต่จะขัดขวางการเติบโตของเกรนที่อุณหภูมิสูง และช่วยปรับปรุงความต้านทานการอ่อนตัวขณะอบคืนไฟ และคงความต้านแรงดึงที่อุณหภูมิสูง ดังนั้นจึงนิยมเติมโคบอลท์ในเหล็กไฮสปีด เหล็กเครื่องมืองานร้อนและเหล็กทนร้อน โคบอลท์ช่วยส่งเสริมการเกิดกราไฟท์ และเพิ่มอำนาจแม่เหล็กตกค้างและความนำความร้อนได้ดี จึงนิยมเติมในเหล็กกล้าและโลหะผสมที่ใช้ทำแม่เหล็กถาวร เมื่อได้รับรังสีนิวตรอนจะเกิดเป็นโคบอลท์ 60 ซึ่งเป็นสารกัมมันตภาพรังสีอย่างรุนแรง ดังนั้นจึงไม่ควรเติมโคบอลท์ลงในเหล็กที่ใช้ทำเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู เหล็กเครื่องมือจะมีโคบอลท์ประมาณ 5 ถึง 12%

8. โครเมียม (Chromium : Cr) จุดหลอมเหลว 1920° ซ , โครงสร้างผลึก , Bcc

โครเมียมช่วยเพิ่มความแข็งและความแข็งแรงโดยลดความสามารถยืดหยุ่นเพียงเล็กน้อย ทั้งยังช่วยปรับปรุงความต้านทานต่อความร้อนและป้องกันการเกิดสะเกล ถ้ามีปริมาณโครเมียมสูงพอ เหล็กจะทนต่อการกัดกร่อนได้ดีและเกิดคาร์ไบด์ที่ทนต่อการสึกหรอได้ดี ในกรณีของเหล็กโครเมียมบริสุทธิ์ เมื่อปริมาณโครเมียมเพิ่มขึ้น ความสามารถในการเชื่อมจะลดลง โครเมียมเป็นธาตุที่ทำให้เกิดคาร์ไบด์ได้ดี เมื่อเพิ่มโครเมียม 1% เหล็กจะมีความต้านทานแรงดึงเพิ่มขึ้น 8-10 กก/มม. จุดจำนนจะเพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่ค่า Impact ลดลง เหล็กเครื่องมือมีโครเมียมตั้งแต่ 0.2-12% โดยธาตุโครเมียมยังช่วยเพิ่มความสามารถชุบแข็งอีกด้วย เหล็กที่มีโครเมียมมาก เมื่อนำไปอบชุบอนุภาคโครเมียมคาร์ไบด์จะฝังตรึงอยู่ในเมทริคซ์

9. ทองแดง (Copper : Cu) จุดหลอมเหลว 1084°ซ โครงสร้างผลึก , fcc

ทองแดงช่วยเพิ่มความแข็งแรงและจุดจำนน แต่ความยืดหยุ่นน้อยลง ถ้ามีทองแดงผสมอยู่ในเหล็กแม้เพียงเล็กน้อย เหล็กจะไม่เกิดสนิมเมื่อใช้งานในบรรยากาศ ทองแดงจะไม่มีผลเสียต่อความสามารถในการเชื่อมของเหล็กแต่อย่างไร

10. ไฮโดรเจน (Hydrogin : H) จุดหลอมเหลว -262 ° ซ,

ไฮโดรเจนนับว่าเป็นธาตุอันตรายต่อเหล็ก โดยจะลด elasticity , ductility

โดยไม่เพิ่มจุดจำนนหรือความต้านทานแรงดึง จึงทำให้เหล็กเปราะและแตกร้าวเป็นรอยคล้ายเส้นผม (hair line cracking)

11. แมงกานีส (Manganese : Mn) จุดหลอมเหลว 1244 ซ โครงสร้างผลึก Comp bcc (α), Comp cu (β), fcc (γ), bcc (δ)

แมงกานีสช่วยปรับปรุงความแข็งแรงของเหล็ก โดยมีผลเสียต่อ elasticity เล็กน้อย นอกจากนี้แมงกานีสยังมีอิทธิพลต่อการขึ้นรูปหรือเชื่อม เหล็กกล้าคาร์บอนที่มีปริมาณแมงกานีสเพิ่มขึ้นจะทนต่อการเสียดสีได้ดีขึ้นมาก เมื่อเพิ่มแมงกานีสจนถึง 3% เหล็กจะมีความต้านทานแรงดึง เพิ่มขึ้นประมาณ 10 กก/มม ต่อทุกๆ 1% ของแมงกานีสที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณแมงกานีส 3 ถึง 8% ความแข็งแรงจะเพิ่มด้วยอัตราต่ำลง และเมื่อมีปริมาณแมงกานีสมากกว่า 8% ความแข็งแรงของเหล็กจะลดลง จุดจำนนจะมีพฤติกรรมเช่น เดียวกับความต้านทานแรงดึง เมื่อปริมาณแมงกานีสเพิ่มขึ้น และแมงกานีสจะช่วยเพิ่มความสามารถชุบแข็ง ถ้าเหล็กมีแมงกานีสมากกว่าคาร์บอนประมาณ 10 เท่า (เช่น คาร์บอน 1.2% แมงกานีส 12-13%) เหล็กจะมีโครงสร้างเป็นออสเทนไนท์ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อได้รับแรงกระแทกออสเทนไนท์ที่ผิวงานจะเปลี่ยนเป็นมาร์เทนไซท์ ทนต่อการกระแทกได้ดี แต่ทนการเสียดสีไม่ดี

ในเหล็กเครื่องมือต่างๆ จะมี Mn และ Si ประมาณ 0.15-0.3% ถ้ามีปริมาณน้อยๆ Mn และ Si จะทำหน้าที่เป็นตัวลดออกซิเจนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ขณะหล่อหลอม) นอกจากนี้ Mn ยังรวมตัวกับกำมะถัน (S) ในเหล็กกลายเป็น MnS ถ้ามีมากกว่า 0.03% จะช่วยเพิ่มความสามารถชุบแข็งให้แก่เหล็ก ตอนแรก Mn จะรวมตัวอยู่กับเหล็กในลักษณะสารละลายของแข็งทั้งที่อุณหภูมิต่ำและสูง

12. โมลิบดินั่ม (Molybdenum : Mo) จุดหลอมเหลว 2610° ซ โครงสร้างผลึก bcc

โมลิบดินั่มช่วยปรับปรุงความตานทานแรงดึง ความทนทานต่อความร้อน และมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติในการเชื่อมของเหล็กพอปานกลาง เหล็กที่มีโมลิบดินั่มสูงจะตีขึ้นรูปยากบางคนเติมโมลิบดินั่มร่วมกับโครเมียม โมลิบดินั่มมีพฤติกรรมคล้ายกับทังสะเตน เมื่อใช้ร่วมกับโครเมียมและนิเกิล โมลิบดินั่มจะทำให้เหล็กมีจุดจำนนสูงและความต้านทานแรงดึงสูง โมลิบดินั่มฟอร์มคาร์ไบด์ได้ดีและ นับว่าเป็นธาตุผสมที่สำคัญในเหล็กไฮสปีด , เหล็กงานร้อน , เหล็กออสเทนไนติกทนการกัดกร่อน , เหล็กชุบแข็งที่ผิว และเหล็กทนความร้อน เหล็กเครื่องมือทั่วไปจะมีโมลิบดินั่มประมาณ 0.15 ถึง 10 %

โมลิบดินั่มมีน้ำหนักครึ่งหนึ่งของทังสะเตน เมื่อใช้โมลิบดินั่มเพียงครึ่งเดียวของทังสะเตนจะให้ผลออกมาเหมือนกัน โมลิบดินั่มช่วยเพิ่มความสามารถชุบแข็งได้ดีกว่าทังสะเตน แต่ทำให้เหล็กสูญเสียคาร์บอนที่อุณหภูมิสูงได้ง่ายกว่าปกติ

13. ไนโตรเจน (Nitrogen : N) จุดหลอมเหลว -210° ซ , โครงสร้างผลึก , Cu (α) , (β)

ในกรณีเหล็กออสเทนไนติก ไนโตรเจนช่วยทำให้โครงสร้างเสถียร , เพิ่มความแข็ง , จุดจำนนและคุณสมบัติเชิงกลที่อุณหภูมิสูง ขณะทำไนไตรติ้ง ไนโตรเจนจะรวมตัวกับธาตุบางชนิดในเหล็กเกิดเป็นสารประกอบไนไตรด์ ซึ่งทำให้ผิวงานที่ความแข็งสูงมากต้านทานการสึกหรอได้ผลเยี่ยม ในเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาหรือเหล็กผสมต่ำ ไนโตรเจนจุทำให้ toughness ต่ำลง ทำให้เกิด Blue brittteness

14. ไนโอเบียม/ โคลัมเบีย/แทนทาลัม (Niobium(Nb)/Columbium(Cb)) จุดหลอมเหลว 1950° ซ(Tantalum(Ta)) จุดหลอมเหลว 2977° ซ

ธาตุทั้ง 3 ชนิดนี้เกิดขึ้นด้วยกันเสมอ และแยกออกจากกันได้ยาก ดังนั้นจึงนิยมเติมร่วมกันเพื่อใช้เป็นตัว Stsbilisers

15. นิเกิล (Nickel : Ni) จุดหลอมเหลว 1458° ซ โครงสร้างผลึก , fcc

นิเกิลเพิ่มความแข็งแรงของเหล็กได้น้อยกว่าซิลิกอนหรือแมงกานีส และทำให้ Elasticety ลดลง นิเกิลช่วยเพิ่มความสามารถชุบแข็ง โดยเฉพาะเมื่อมีโครเมียมอยู่ด้วย เหล็กที่มีโครเยม-นิเกิลเป็นธาตุผสมร่วมกันได้แก่สเตนเลส, เหล็กทนความร้อนและเหล็กที่ต้านทานต่อการเกิดสเกล นิเกิลไม่ทำลายความสามารถในการเชื่อมของเหล็กทั้งยังช่วยเพิ่มความต้านแรงกระแทกของเหล็ก โดยเฉพาะเมื่อใช้งานที่อุณหภูมิต่ำ โดยทั่วไปจะเติมนิเกิลในเหล็กออสเทนไนติก เหล็กทนการกัดกร่อนและต้านทานการเกิดสเกลและเหล็กชุบผิวแข็ง หรือเหล็กอบชุบแข็งทั่วไปเพื่อเพิ่ม toughness

เหล็กกล้าส่วนมากมีนิเกิลปะปนอยู่เพียงเล็กน้อย (ติดเข้าไปกับเศษเหล็ก) มีเหล็กเครื่องมือ 3-4 ชนิดที่มีนิเกิลผสมมากกว่า 0.5% Ni จะช่วยเพิ่มความสามารถชุบแข็งของเหล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น ถ้าผลิตเหล็กเครื่องมือที่ต้องการอบชุบให้มีความแข็งเพียงตื้นๆ จะต้องเลือกใช้เศษเหล็กที่มีปริมาณนิเกิลต่ำ ถ้าเหล็กกล้าผสมสูงมีนิเกิลมากจะอบอ่อนได้ยาก

16. ออกซิเจน (Oxigen : O) จุดหลอมเหลว -218° ซ

ออกซิเจนเป็นอันตรายต่อเหล็ก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ ชนิด ส่วนผสม รูปร่าง และการกระจายตัวของสารประกอบที่เกิดจากออกซิเจนนั้น ออกซิเจนทำให้คุณสมบัติเชิงกลโดยเฉพาะอย่างยิ่งความต้านแรงกระแทกลดลง (ตามแนวขวาง) และเปราะยิ่งขึ้น

17. ฟอสฟอรัส (Phosphorus : p) จุดหลอมเหลว 44° ซ โครงสร้างผลึก , Comp cu (α ,ขาว) , Comp noncu (β , ขาว) , eco (ดำ)

ฟอสฟอรัสมีหลายชนิด เช่นฟอสฟอรัสขาว (เหลือง) ฟอสฟอรัสแดง (ม่วง) ฟอสฟอรัสดำและอื่นๆ ฟอสฟอรัสโดยทั่วไปจะเป็นอันตรายต่อคุณภาพของเหล็ก จึงต้องควบคุมให้มีน้อยที่สุด โดยเฉพาะเหล็กเกรดสูงจะต้องมีฟอสฟอรัสไม่เกิน 0.03 ถึง 0.05%

18. ตะกั่ว (Leab : Pb) จุดหลอมเหลว 327° ซ โครงสร้างผลึก, fcc

เหล็กฟรีแมชชีนนิ่ง (Free-Machining steel) มีตะกั่วผสมอยู่ประมาณ 0.20 ถึง 0.50% โดยตะกั่วจะเป็นอนุภาคละเอียดกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอภายในเนื้อเหล็ก เมื่อนำไปกลึงหรือตัดแต่งด้วยเครื่องมือกลทำให้ขี้กลึงขาดง่าย จึงทำให้ตัดแต่งได้ง่าย ตะกั่วไม่มีผลกระทบกระเทือนต่อคุณสมบัติเชิงกลของเหล็ก

19. กำมะถัน (Sulphur : S) จุดหลอมเหลว 118° ซ โครงสร้างผลึก , rhom

กำมะถันทำให้เหล็กเกิด Red Shortness จึงแตกเปราะง่าย โดยทั่วไปจึงจำกัดปริมาณกำมะถันในเหล็กไม่เกิน 0.025 หรือ 0.03% ยกเว้นเหล็กฟรีแมชชีนนิ่งที่เติมกำมะถันถึง 0.03 % เพื่อให้เกิดซัลไฟด์ขนาดเล็กกระจายทั่วเนื้อเหล็ก ทำให้ขี้กลึงขาดง่ายจึงตัดแต่งด้วยเครื่องมือกลได้ง่าย

20. เซเลเนียม (Selenium) จุดหลอมเหลว 217° ซ โครงสร้างผลึก, hex

เซเลเนียมช่วยปรับปรุงความสามารถตัดแต่ง ของเหล็กเช่นเดียวกับกำมะถัน ถ้าเติมในเหล็กทังสะเตนจะลดความต้านทานต่อการกัดกร่อนได้น้อยกว่ากำมะถัน

21. ซิลิกอน (Selicon : Si) จุดหลอมเหลว 1410° ซ โครงสร้างผลึก , fcc

ซิลิกอนจะปรากฏในเหล็กทุกชนิดเช่นเดียวกับแมงกานีส เนื่องจากสินแร่เหล็กมักมีซิลิกอนผสมอยู่ด้วยเสมอ นอกจากนี้ซิลิกอนอาจผสมอยู่ในอิฐหรือฉนวนที่ใช้บุผนังและจะผสมกับเหล็กขณะหลอมเหล็ก เหล็กบางชนิดมีซิลิกอนมากกว่า 0.40 % เรียกว่าเหล็กซิลิกอน (Silicon Steel

ซิลิกอนไม่ใช่โลหะ แต่มีสภาพเหมือนโลหะเช่นเดียวกับฟอสฟอรัสและกำมะถันซิลิกอนเพิ่มคุณสมบัติเชิงกล ความต้านทานต่อการเกิดสเกล และความหนาแน่น โดยเฉพาะเมื่อผสมในเหล็กเหนียวหล่อ แต่ละเปอร์เซนต์ของซิลิกอนที่เพิ่มขึ้น ทำให้ความต้านทานแรงดึงสูงขึ้นประมาณ 10 ก.ก. /มม และช่วยเพิ่มจุดจำนนเช่นเดียวกัน แต่มีผลกระทบกระเทือนต่อ elasticity เพียงเล็กน้อย เหล็กกล้าที่มีซิลิกอนสูงจะมีเกรนหยาบ ถ้ามีซิลิกอนสูงถึง 14% เหล็กจะทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมีได้ดีมาก แต่ตีขึ้นรูปไม่ได้

23. ไทเทเนียม (Titanium : Ti) จุดหลอมเหลว 1812° ซ โครงสร้างผลึก hcp (α), bcc (β)

ไทเทเนียมเป็นโลหะที่แข็งมาก ทำให้เกิดคาร์ไบด์ได้ดี เป็นธาตุผสมที่สำคัญในเหล็กสเตนเลส เพื่อป้องกันการผุกร่อนตามขอบเกรน นอกจากนี้ไทเทเนียมยังช่วยทำให้เหล็ก

มีเกรนละเอียด

24. วานาเดียม (Vanadium : V) จุดหลอมเหลว 1730° ซ โครงสร้างผลึก , bcc

หากเติมวานาเดียมเพียงเล็กน้อยจะช่วยเพิ่ม Hot hardness และลดการเติบโตของเกรน วานาเดียมมีบทบาทสำคัญมากในเหล็กอะไหล่และเครื่องมือ วานาเดียมในเหล็กไฮสปีดจะช่วยเพิ่มคุณภาพในการตัด วานาเดียมเป็นธาตุที่ทำให้เกิดคาร์ไบด์ได้ดี ช่วยเพิ่มความต้านทานแรงดึง , จุดจำนน และ Hot hardness ในเหล็กอะไหล่และเหล็กทนความร้อนนิยมเติมวานาเดียมร่วมกับโครเมียม และในเหล็กไฮสปีด และเหล็กงานร้อนนิยมเติมวานาเดียมร่วมกับทังสะเตน ถ้าเหล็กมีวามาเดียมประมาณ 0.20 % วานาเดียมจะช่วยขัดขวางการเติบโตของเกรนขณะอบชุบ ถ้ามีวานาเดียม 2 ถึง 5% จะเกิดวานาเดียมคาร์ไบด์ ช่วยให้เหล็กต้านทานการสึกหรอได้ดี ปกติจะเติมวานาเดียมร่วมกับโครเมียม โมลิบดินั่มหรือทังสะเตน

25. วุลแฟรม Wolfram : W จุดหลอมเหลว 3380° ซ โครงสร้างผลึก , bcc ทังสะเตน Tungsten : Tu

ทังสะเตนช่วยปรับปรุงความแข็งแรงของเหล็ก เพิ่มความแข็งและอายุการใช้งานของคมตัดและยังช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของเหล็กที่อุณหภูมิสูง ดังนั้นจึงนิยมเติมทังสะเตนในเหล็กไฮสปีด และเหล็กที่ต้องอบชุบแข็งโดยทั่วไป ทังสะเตนทุก ๆ เปอร์เซนต์ที่เติมลงไปจะทำให้เหล็กมีความต้านแรงดึงเพิ่มขึ้น 4 ก.ก. / มม

เหล็กเครื่องมือโดยทั่วไปมีทังสะเตนประมาณ 0.5 ถึง 20% โดยจะเกิดทังสะเตนคาร์ไบด์ ช่วยเพิ่มความแข็งและความต้านทานการสึกหรอที่อุณหภูมิสูงได้ดี

26. เซอร์โคเนียม (Zirconium : Zr) จุดหลอมเหลว 1860° ซ โครงสร้างผลึก hcp (α) , bcc (β)

เซอร์โคเนียมเป็นธาตุฟอรม์คาร์ไบด์ ช่วยลดออกซิเดชั่น , ลดกำมะถันและไนโตรเจน และช่วยยืดอายุการใช้งานของเหล็กที่ใช้เป็นตัวนำความร้อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 อิทธิพลของธาตุผสมต่อคุณสมบัติของเหล็กกล้า

อิทธิพลของธาตุผสมต่อคุณสมบัติเชิงกลของเหล็กกล้า

ธาตุผสม	คุณสมบัติเชิงกล								อัตราเย็นตัว Cooling rate	การก่อรูปคาร์ไบด์ Carbideformation	Verschleißfestigkeit Resistance à l'usure Resistance to wear	Schmiedbarkeit Forgeability Forgeability	Zerspanbarkeit Usinability Machinability	Verzunderung Calamination Scaling	Nitrierbarkeit Nitrurable Nitrurable	Rostbeständigkeit Resistance à la corrosion Resistance to corrosion	คุณสมบัติทางแม่เหล็ก				
	ความแข็ง	ความแข็งแรง	จุดจำนน Yield point	Dehnung Allongement Elongation	Einschnürung Striction Reduction of area	Kerbschlagzähigkeit Resilience Impact value	Elastizität Elasticité Elasticity	Warmfestigkeit Resistance à chaud Resistance à la chaleur High temp. stability									Hysterese Hysteresis Hysteresis	Permeabilität Perméabilité Permeability	Koerzitivkraft Force coercitive Coercive force	Remanenz Rémanence Remanence	Wahrverlust Perte en watt Loss of Watt
ซิลิกอน	↑	↑	↑↑	↓	~	↓	↑↑↑	↑	↓	↓	↓↓↓	↓	↓	↓	↓	–	↓↓	↑↑	↓↓	–	↓↓
แมงกานีสเหล็กเพิร์ลไลท์	↑	↑	↑	~	~	~	↑	~	↓	~	↓↓	↑	↓	~	~	–					
แมงกานีสเหล็กออสเทนไนติก	↓↓↓	↑	↓	↑↑↑	~	–	–	–	↓↓	–	–	↓↓↓	↓↓↓	↓↓	–	–	unmagnetisch not magnetic		non magnétique		
โครเมียม	↑↑	↑↑	↑↑	↓	↓	↓	↑	↑	↓↓↓	↑↑	↑	↓	–	↓↓↓	↑↑	↑↑↑			↑	↑↑	
นิเกิลในเหล็กเพิร์ลไลท์	↑	↑	↑	~	~	~	–	↑	↓↓	–	↓↓	↓	↓	↓	–	–			↑↑	↑↑	
นิเกิลในเหล็กออสเทนไนติก	↓↓	↑	↓	↑↑↑	↑↑	↑↑↑	–	↑↑↑	↓↓	–	–	↓↓↓	↓↓↓	↓↓	–	↑↑	unmagnetisch not magnetic		non magnétique		
อลูมิเนียม	–	–	–	–	↓	↓	–	–	–	–	–	↓↓	–	↓↓	↑↑↑	–			↑↑	↑↑	
ทังสะเตน	↑	↑	↑	↓	↓	~	–	↑↑↑	↓↓	↑↑	↑↑↑	↓↓	↓↓	↓↓	↑	–			↑↑↑	↑↑↑	
วานาเดียม	↑	↑	↑	~	~	↑	↑	↑↑	↓↓	↑↑↑↑	↑↑	↑	–	↓	↑	↑					
โคบอลท์	↑	↑	↑	↓	↓	↓	–	↑↑	↑↑	–	↑↑↑	↓	~	↓	–	–		↑↑	↑↑↑	↑↑↑	
ไนลิบดีนัม	↑	↑	↑	↓	↓	↑	–	↑↑	↓↓	↑↑↑	↑↑	↓	↓	↑↑	↑↑	–			↑		
ทองแดง	↑	↑	↑↑	~	~	~	–	↑	–	–	–	↓↓↓	~	~	–	↑		–			
ถ่านหิน	–	–	–	↓	↓	↓	–	–	–	–	–	↓↓↓	↑↑↑	–	–	↓					
ฟอสฟอรัส	↑	↑	↑	↓	↓	↓↓↓	–	–	–	–	–	↓	↑↑	–	–	–					

↑ เพิ่มขึ้น ↓ ลดลง ~ คงที่ = ไม่ทราบแน่ชัด ลูกศรหลายอัน = ยิ่งมีผลมากขึ้น

1.4 การจำแนกและการเลือกเหล็กเครื่องมือ

ตามปกติแล้ว เหล็กกล้าใดๆ ที่ใช้ทำเครื่องมืออาจเรียกได้ว่าเป็นเหล็กเครื่องมือแต่มีเหล็กกล้าผสมหลายชนิดที่มีส่วนผสมทางเคมีเหมือนกับเหล็กเครื่องมือ และผลิตโดยผู้ผลิตเหล็กเครื่องมือ แต่ใช้ทำชิ้นส่วนอื่นที่ไม่ใช่เครื่องมือ เช่น สปริงใช้งานที่อุณหภูมิสูงนิยมทำด้วยเหล็กไฮสปีด เพื่อไม่ให้อ่อนตัวขณะร้อน นอกจากนี้ยังนิยมใช้เหล็กเครื่องมือทำแม่เหล็ก วาล์วของเครื่องยนต์ สันดาปภายใน และแบริ่งบางชนิด ผู้ผลิตเหล็กเครื่องมือมีหน้าที่ผลิตเหล็กเครื่องมือให้ได้คุณภาพตามความต้องการ โดยไม่สนใจว่าจะมีผู้นำเหล็กเครื่องมือไปทำชิ้นส่วนอื่นที่ไม่ใช่เครื่องมือหรือไม่ อย่างไรก็ตาม ในที่นี้จะกล่าวถึงเหล็กเครื่องมือเท่านั้น

ปัจจุบันมีผู้ผลิตเหล็กนับร้อยราย และผลิตเหล็กเครื่องมือขึ้นมาหลายร้อยชนิดโดยยึดถือและตั้งมาตรฐานต่างๆ กันตามภูมิภาค ผู้ผลิตเหล็กเครื่องมือรายใหญ่ของโลกได้แก่ อเมริกา เยอรมัน ญี่ปุ่น สวีเดน ออสเตรีย ซึ่งแต่ละประเทศต่างๆมีมาตรฐานของตัวเอง ในหนังสือเล่มนี้จะยึดถือตามมาตรฐาน AISI (อเมริกา) เป็นหลัก แต่ได้เปรียบเทียบกับมาตรฐานของประเทศอื่นไว้ด้วย เพื่อให้สามารถเลือกใช้เหล็กจากประเทศอื่นได้ง่าย และถูกต้องตามความต้องการ

สถาบัน AISI ของอเมริกาจัดแบ่งเหล็กเครื่องมือออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

1. เหล็กเครื่องมือชุบน้ำหรือเหล็กแข็งชุบน้ำ (Water-hardening tool Steels)
2. เหล็กทนแรงช็อค (Shock-resistinh Tool Steels)
3. เหล็กทำแม่พิมพ์ (Mold Tool Steels)
4. เหล็กเครื่องมือใช้งานกรณีพิเศษ (Special-purpose Tool Steels)
5. เหล็กเครื่องมืองานเย็น (Cold Work Took Steels)
6. เหล็กเครื่องมืองานร้อน (Hot Work Tool Steels)
7. เหล็กไฮสปีด (High speed Tool Steels)

แต่ละประเภทยังสามารถแบ่งและกำหนดสัญลักษณ์ตัวอักษรดังนี้

- เหล็กเครื่องมือชุบน้ำ (เหล็กเครื่องมือคาร์บอน) : W
- เหล็กทนแรงช็อค : S
- เหล็กเครื่องมือใช้งานกรณีพิเศษ แบ่งเป็น 2 ตระกูลคือ
  - L - ชนิดผสมต่ำ
  - F - ชนิดคาร์บอน - ทังสะเตน

- เหล็กทำแม่พิมพ์

  P - เหล็กทำแม่พิมพ์ P1 - P6 เป็นชนิดคาร์บอนต่ำ

- เหล็กเครื่องมืองานเย็น

  O - เหล็กชุบน้ำมันหรือเหล็กน้ำมัน

  A - เหล็กกล้าผสมปานกลางชุบอากาศหรือเหล็กลม

  D - เหล็กเครื่องมือคาร์บอนสูง , โครเมียมสูง

- เหล็กเครื่องมืองานร้อน - H

  H1 ถึง H19 มีโครเมียมเป็นธาตุผสมหลัก

  H2 ถึง H39 มีทังสะเตนเป็นธาตุผสมหลัก

  H40 ถึง H59 มีโมลิบดินั่มเป็นธาตุผสมหลัก

- เหล็กไฮสปีด

  T - มีทังสะเตนเป็นธาตุผสมหลัก

  M - มีโมลิบดินั่มเป็นธาตุผสมหลัก

เหล็กเครื่องมือที่แบ่งตามมาตรฐาน AISI นั้น แบ่งออกเป็น 7 ประเภทใหญ่ๆ แต่ละกลุ่มหรือแต่ละตระกูลยังแบ่งเป็นเกรดต่างๆ อีกหลายเกรด

เหล็กเครื่องมืองานเย็นแบ่งเป็น 3 ตระกูลคือ O , L และ D โดยยึดถือตามวิธีอบชุบแข็ง (วิธีอบชุบแข็งใกล้เคียงกัน) หรือส่วนผสมทางเคมี (ส่วนผสมใกล้เคียงกัน) และคุณสมบัติ (มีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน) เหล็กเครื่องมืองานเย็นทั้ง 3 ตระกูลคือ เหล็กน้ำมัน (ตระกูล O) และเหล็กลม (ตระกูล A) ยึดถือตามวิธีชุบ และเหล็กคาร์บอนสูง - โครเมียมสูง (ตระกูล D) ยึดถือตามคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกัน

เหล็กเครื่องมือที่จำแนกตามมาตรฐาน AISI มีทั้งหมดประมาณ 100 ชนิด ที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปมีประมาณ 40 ชนิด เนื่องจากเฉพาะในอเมริกาเอง มีผู้ผลิตเหล็กเครื่องมือชนิดอื่นๆ อีกจำนวนมากในที่นี้จึงใช้ระบบที่สามารถจำแนกชนิดของเหล็กเครื่อมือได้ละเอียดกว่าระบบของ AISI ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งเหล็กบางชนิดอาจจะผลิตขึ้นมาใช้งานในกรณีพิเศษ และไม่ตรงตามมาตราฐาน AISI แต่สามารถจัดให้อยู่ในระบบใหม่ดังกล่าวนี้ได้ ระบบการจำแนกเหล็กเครื่องมือแบบใหม่นี้จะแบ่งเหล็กเครื่องมือออกเป็น 7 กลุ่มใหญ่ๆ แต่ละกลุ่มประกอบด้วย 1 Class หรือมากกว่า เหล็กในแต่ละ Class จะกำหนดสัญลักษณ์เป็นเลข 3 ตัว ตัวแรกหมายถึงกลุ่ม ตัวแรกและตัวที่ 2 หมายถึง Class ของเหล็ก และตัวเลขทั้งสามตัวหมายถึงชนิดของเหล็กที่จัดอยู่ใน Class นั้น

ระบบการจำแนกเหล็กเครื่องมือโดยกำหนดสัญลักษณ์เป็นตัวเลข 3 ตัวดังกล่าวนี้นับว่าค่อนข้างใหม่ จึงยังไม่แพร่หลายนัก แต่มีโรงงานหลายแห่งนำไปใช้แล้ว และบางครั้งใช้อ้างอิงในเอกสารหรือหนังสือต่างๆ ในหนังสือเล่มนี้จะใช้ระบบใหม่ในการจำแนกเหล็กเครื่องมือดังแสดงในตารางที่ 2 โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐาน AISI ถ้าไม่มีในมาตรฐาน AISI จึงอ้างถึงเฉพาะระบบใหม่ นอกจากนี้ยังได้เปรียบเทียบเหล็กชนิดต่างๆ ตามมาตรฐานของประเทศอื่นด้วย

ส่วนผสมของเหล็กในตารางที่ 2 ส่วนมากจะบอกเป็นช่วงซึ่งเป็นค่าเฉลี่ย เพื่อให้ครอบคลุมถึงผู้ผลิตรายอื่นด้วย ดังนั้นถ้ากำหนดปริมาณโครเมียม 5.00 ถึง 5.50% ผู้ผลิตบางรายอาจผลิตให้มีปริมาณโครเมียมเฉลี่ย 5.00% คือใช้ช่วง 4.75 ถึง 5.25% บางรายอาจผลิตให้มีปริมาณโครเมียมเฉลี่ย 5.50% คือใช้ช่วง 5.25 ถึง 5075% ในกรณีซิลิกอนและแมงกานีส ถ้าไม่วิกฤติจะมีปริมาณอยู่ในช่วง 0.10 ถึง 0.40% แต่ไม่แสดงค่ากำมะถันและฟอสฟอรัส ซึ่งโดยทั่วไปจะมีไม่เกิน 0.03% ถ้าเหล็กชนิดใดมีผู้ผลิตเพียงรายเดียวมักจะกำหนดส่วนผสมเป็นช่วงค่อนข้างกว้าง ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ธาตุผสม	Nominal, %	Range, %
คาร์บอน	0.1 ถึง 1.40	0.10
	มากกว่า 1.40	0.20
ธาตุอื่นๆ	0 ถึง 0.40	0.15
	0.41 ถึง 0.90	0.20
	0.91 ถึง 2.75	0.30
	2.76 ถึง 3.00	0.40
	3.01 ถึง 10.00	0.50
	มากกว่า 10.00	1.00

1.5 การเลือกเหล็กเครื่องมือ

การเลือกเหล็กเครื่องมือนั้นต้องพิจารณาถึงลักษณะทางโลหะวิทยาของเหล็กให้สอดคล้องกับคุณสมบัติของเครื่องมือที่ต้องการ เหล็กเครื่องมือหลายชนิดสามารถใช้กับงานหลายชนิดโดยให้ผลที่น่าพอใจ และอายุการใช้งานของเครื่องมือแต่ละอย่างควรพิจารณาจากการเปรียบเทียบผลผลิต ความยากง่ายในการผลิต และราคา ถ้าเลือกเหล็กเครื่องมือได้เหมาะสม เครื่องมือที่ทำด้วยเหล็กชนิดนั้นๆ ต้องสามารถผลิตชิ้นส่วนที่มีต้นทุนต่ำที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2 การจำแนกเหล็กเครื่องมือ

ตารางที่ 2 การจำแนกเหล็กเครื่องมือ

Group 100. Carbon Tool Steels											
Class 110 (Carbon) (With or Without Significant Additions of Vanadium, Chromium, Silicon, and Manganese)											
110	W1	0.60 to 1.40	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	...	...	...	...	...	...	...
Class 120 (Carbon-Vanadium)											
120	W2	0.60 to 1.40	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	...	...	0.15 to 0.35	...	...	...	...
121	...	0.90 to 1.10	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	...	...	0.35 to 0.50	...	...	...	...
122	W3	0.80 to 1.00	0.30 to 0.50	0.40 to 0.70	...	...	0.08 to 0.15	...	...	...	...
Class 130 (Carbon-Chromium)											
130	...	0.80 to 1.20	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	0.08 to 0.15	...	...	...	...	...	
131	W4	0.80 to 1.20	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	0.15 to 0.30	...	...	...	...	...	
132	W5	1.00 to 1.15	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	0.40 to 0.60	...	...	...	...	...	
133	W4	0.85 to 1.00	0.60 to 0.80	0.10 to 0.40	0.15 to 0.30	...	...	...	...	...	
Class 140 (Carbon-Chromium-Vanadium)											
140	W7	0.90 to 1.10	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	0.20 to 0.50	...	0.15 to 0.25	...	...	...	...
Group 200. Low-Alloy Tool Steels											
Class 210 (Based on Chromium up to 3% and Greater Than 0.65% Carbon)											
210	L1	0.90 to 1.10	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	1.20 to 1.60	...	...	...	...	...	...
211	L2, L3	0.85 to 1.10	0.10 to 0.90	0.10 to 0.40	0.70 to 1.70	...	0.10 to 0.30	...	...	...	...
212	L7	0.90 to 1.25	0.30 to 0.70	0.10 to 0.40	1.10 to 1.50	...	...	...	0.30 to 0.50	...	...
213	...	0.90 to 1.10	1.30 to 1.70	1.40 to 1.70	2.50 to 3.00	...	...	...	...	...	...
Class 220 (Based on Chromium up to 3% and Less Than 0.65% Carbon)											
220	L2	0.45 to 0.65	0.15 to 0.55	0.10 to 0.40	0.70 to 1.20	...	0.15 to 0.30	...	...	...	...
221	L2	0.45 to 0.65	0.60 to 1.00	0.10 to 0.40	0.70 to 1.20	...	0.15 to 0.30	...	0.25(a)	...	...
222	...	0.50 to 0.60	0.45 to 0.65	0.10 to 0.40	0.55 to 0.75	...	...	...	0.25 to 0.45	...	...
223	...	0.45 to 0.60	0.70 to 1.00	0.10 to 0.40	0.90 to 1.10	...	...	...	0.15 to 0.30	...	...
224	...	0.45 to 0.60	0.70 to 1.00	0.10 to 0.40	0.90 to 1.10	...	0.10(a)	...	0.30 to 0.50	...	...
225	...	0.35 to 0.45	0.70 to 1.00	0.10 to 0.40	1.00 to 1.30	...	0.10(a)	...	0.40 to 0.60	...	...
226	...	0.40 to 0.50	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	1.45 to 1.75	...	0.25	...	1.00 to 1.30	...	...

(a) Optional

(continued on the next page)

ตารางที่ 2 การจำแนกเหล็กเครื่องมือ (ต่อ)

ตารางที่ 2 การจำแนกเหล็กเครื่องมือ (ต่อ)

Type		C	Mn	Si	Ni	Cr	V	W	Mo	Co
Class 230 (Based on Nickel and Greater Than 0.65% Carbon)										
230		0.70 to 0.90	0.20 to 0.40	0.10 to 0.40	0.20 to 0.40	1.20 to 1.60	...	...	...	...
231		0.90 to 1.10	0.30 to 0.50	0.10 to 0.40	0.50 to 0.80	1.20 to 1.60	...	...	...	...
232	L6	0.65 to 0.75	0.25 to 0.80	0.10 to 0.40	0.60 to 1.20	1.25 to 2.00	...	...	0.20 to 0.40(a)	...
233		0.70 to 0.80	0.25 to 0.45	0.10 to 0.40	...	2.40 to 2.80	...	...	...	...
234		0.65 to 0.75	0.40 to 0.60	0.10 to 0.40	0.40 to 0.60	0.60 to 0.80	...	...	0.10 to 0.20	...
Class 240 (Based on Nickel and Less Than 0.65% Carbon)										
240		0.35 to 0.45	0.60 to 0.90	0.10 to 0.40	0.50 to 0.70	1.10 to 1.40	...	...	0.10 to 0.20	...
241		0.50 to 0.60	0.40 to 0.60	0.10 to 0.40	0.80 to 1.00	1.30 to 1.70	...	...	0.20 to 0.40	...
242		0.50 to 0.60	0.50 to 0.80	0.30 to 0.80	0.90 to 1.10	1.60 to 2.30	0.15(a)	...	0.45 to 0.90	...
243		0.50 to 0.60	0.70 to 1.10	0.60 to 1.20	0.30 to 0.50	2.50 to 2.90	0.10 to 0.20(a)	...	0.35 to 0.55	...
244		0.55 to 0.65	0.40 to 0.60	0.10 to 0.40	1.00 to 1.30	3.00 to 3.50	...	...	0.20 to 0.30	...
245		0.35 to 0.45	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	1.40 to 1.80	4.25 to 4.75	...	...	0.70 to 1.00	...
Group 300. Special-Purpose Tool Steels										
Class 310 (Silicon Tool Steels)										
310	S2	0.40 to 0.55	0.30 to 0.50	0.90 to 1.20	...	...	0.15 to 0.30(a)	...	0.30 to 0.60	...
311		0.60 to 0.70	0.40 to 0.60	0.70 to 1.20	...	...	0.15 to 0.30(a)	...	0.40 to 0.60	...
312	S4	0.50 to 0.65	0.60 to 0.95	1.75 to 2.25	0.15 to 0.30(a)	...	0.15 to 0.30(a)	...	...	...
313	S5	0.50 to 0.65	0.60 to 1.00	1.75 to 2.25	0.15 to 0.40(a)	...	0.15 to 0.30(a)	...	0.20 to 1.35	...
314	S6	0.40 to 0.50	1.20 to 1.50	2.00 to 2.50	1.20 to 1.50	...	0.20 to 0.40	...	0.30 to 0.50	...
315		0.50 to 0.60	0.75 to 1.00	1.75 to 2.25	0.15 to 0.30(a)	...	0.15 to 0.30(a)	...	1.00 to 1.40	...
Class 320 (Tungsten Chisel Steels)										
320	S1	0.40 to 0.55	0.10 to 0.40	0.15 to 1.20	1.00 to 1.80	...	0.15 to 0.30(a)	1.50 to 3.00	...	...
321	S1	0.50 to 0.60	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	1.15 to 1.65	...	0.15 to 0.30(a)	2.00 to 2.75	0.20 to 0.40(a)	...
322	S1	0.50 to 0.60	0.10 to 0.40	0.75 to 1.00	0.75 to 1.75	...	0.15 to 0.30(a)	2.00 to 2.50	0.40 to 0.60(a)	...
323		0.60 to 0.70	0.70 to 0.90	0.10 to 0.40	0.60 to 0.80	1.35 to 1.65	...	1.80 to 2.20	...	...
324	S3	0.45 to 0.55	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	0.75 to 1.15	...	...	0.85 to 1.15	...	...
325		0.45 to 0.55	0.10 to 0.40	0.85 to 1.15	0.85 to 1.15	...	...	0.85 to 1.15	...	...

(a) Optional.

(continued on the next page)

ตารางที่ 2 การจำแนกเหล็กเครื่องมือ (ต่อ)

ตารางที่ 2 การจำแนกเหล็กเครื่องมือ (ต่อ)

Class 330 (Nontempering Chisel Steels)											
330	...	0.30 to 0.40	0.60 to 0.80	0.35 to 0.55	0.70 to 0.90	...	...	...	0.20 to 0.35	...	0.20 to 0.35
331	...	0.30 to 0.40	0.60 to 0.80	0.10 to 0.40	0.75 to 0.95	...	...	0.40 to 0.60	0.30 to 0.45	...	...
Class 340 (Tungsten Finishing Steels)											
340	F2	1.20 to 1.40	0.10 to 0.40	0.10 to 0.50	0.20 to 0.40(a)	...	...	3.00 to 4.50	0.20 to 0.40(a)	...	...
341	F3	1.25 to 1.40	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	0.50 to 1.60	...	...	3.50 to 4.00	...	...	...
Class 350 (High-Carbon Low-Alloy Tool Steels)											
350	...	1.20 to 1.30	0.50 to 0.70	0.10 to 0.40	0.40 to 0.60	...	...	...	0.20 to 0.30	...	...
351	...	1.20 to 1.30	0.70 to 1.00	0.10 to 0.40	0.40 to 0.60	...	...	...	0.40 to 0.60	...	...
352	F1	0.95 to 1.25	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	...	...	...	1.00 to 1.75	...	...	...
353	F1	1.20 to 1.30	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	0.25 to 0.45	...	0.15 to 0.30	1.30 to 1.60	...	...	...
354	F1	0.85 to 0.95	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	0.25 to 0.45	...	0.15 to 0.30	1.30 to 1.60	...	...	...
355	...	0.95 to 1.05	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	...	...	...	1.25 to 1.75	...	1.25 to 1.75	...
Class 360 (Semi-high Speed Steels)											
360	...	0.75 to 0.85	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	3.75 to 4.25	...	1.00 to 1.20	...	4.00 to 4.50	...	...
361	...	0.85 to 0.95	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	3.75 to 4.25	...	1.75 to 2.05	1.00	4.00 to 4.50	...	...
362	...	1.15 to 1.25	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	3.75 to 4.25	...	3.00 to 3.30	...	4.00 to 4.50	...	...
363	...	1.35 to 1.45	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	3.75 to 4.25	...	3.90 to 4.40	...	4.00 to 4.50	...	...
364	...	0.90 to 1.00	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	3.75 to 4.25	...	2.15 to 2.45	2.60 to 3.00	2.25 to 2.75	...	...
365	...	0.85 to 0.95	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	3.75 to 4.25	...	2.10 to 2.40	0.80 to 1.20	1.80 to 2.20	...	...
366	...	1.15 to 1.25	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	3.75 to 4.25	...	2.70 to 3.10	1.25 to 1.55	1.45 to 1.75	...	...
367	...	0.90 to 1.00	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	3.75 to 4.25	...	2.05 to 2.35	1.75 to 2.05	1.00 to 1.20	...	...
368	...	1.05 to 1.15	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	3.75 to 4.25	...	3.75 to 4.25	2.30 to 2.70	2.40 to 2.80	...	...
369	...	0.90 to 1.00	0.20 to 0.35	0.20 to 0.35	3.75 to 4.25	...	1.05 to 1.35	1.55 to 1.85	4.75 to 5.25	...	...
Class 370 (Mold Steels for Hubbed and/or Carburized Cavities)											
370	P1	0.10 max	0.10 to 0.30	0.10 to 0.40	...	...	0.10(a)	...	...	...	...

(a) Optional.

(continued on the next page)

ตารางที่ 2 การจำแนกเหล็กเครื่องมือ (ต่อ)

ตารางที่ 2 การจำแนกเหล็กเครื่องมือ (ต่อ)

Class 370 (Mold Steels for Hubbed and/or Carburized Cavities) (*continued*)												
371	P3	0.10 max	0.20 to 0.60	0.10 to 0.40	0.40 to 0.75	1.00 to 1.50	...	...	...	...	...	...
372	P2	0.07	0.30 to 0.70	0.10 to 0.40	1.00 to 2.00	0.10 to 0.50	...	...	0.15 to 0.40	...	...	...
373	P5	0.10 max	0.20 to 0.60	0.10 to 0.40	2.00 to 2.50	...	...	...	...	...	...	...
374	P6	0.05 to 0.15	0.35 to 0.70	0.10 to 0.40	1.25 to 1.75	3.25 to 3.75	...	...	...	...	...	...
375	P4	0.07	0.20 to 0.60	0.10 to 0.40	4.00 to 5.25	...	...	...	0.40 to 1.00	...	...	...
376	...	0.07	0.20 to 0.40	0.10 to 0.40	4.75 to 5.25	...	0.15 to 0.30	...	0.80 to 1.00	...	...	...
Class 380 (Mold Steels for Machined Cavities)												
380	P20	0.28 to 0.40	0.60 to 1.00	0.20 to 0.80	1.40 to 2.00	...	...	...	0.30 to 0.55	...	...	...
381	...	0.40 to 0.50	0.80 to 1.00	0.10 to 0.40	1.00 to 1.30	...	0.10 to 0.20(a)	...	0.25 to 0.50	...	...	...
382	...	0.30 to 0.40	0.40 to 0.60	0.10 to 0.40	1.40 to 1.80	3.25 to 3.75	...	...	0.15 to 0.25	...	...	...
383	P21	0.18 to 0.22	0.20 to 0.40	0.20 to 0.40	0.20 to 0.30	4.00 to 4.25	0.15 to 0.25	...	...	...	1.05 to 1.25 Al	
384	...	0.10 to 0.15	0.30 to 0.50	0.10 to 0.40	12.00 to 14.00	...	...	...	...	...	...	...
385	...	0.30 to 0.40	0.30 to 0.50	0.10 to 0.40	12.00 to 14.00	...	...	...	...	...	...	...
386	...	0.60 to 0.75	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	16.00 to 18.00	...	...	...	...	...	...	...
Class 390 (Graphitic Tool Steels)												
390	...	1.40 to 1.60	0.40 to 0.60	0.50 to 1.00	...	...	...	...	...	...	...	...
391	...	1.40 to 1.60	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	...	...	...	...	...	...	0.15 Al	
392	...	1.40 to 1.60	0.25 to 0.60	0.55 to 0.75	...	...	...	2.60 to 3.00	0.40 to 0.60	...	...	
393	O6	1.25 to 1.55	0.30 to 1.10	0.55 to 1.50	0.20(a)	...	...	...	0.20 to 0.30	...	...	
394	...	1.40 to 1.60	1.10 to 1.40	0.90 to 1.10	0.40 to 0.60	1.60 to 1.90	...	...	0.40 to 0.60	...	...	
395	A10	1.25 to 1.50	1.60 to 2.10	1.00 to 1.50	...	1.55 to 2.05	...	...	1.25 to 1.75	...	...	

(a) Optional.

(continued on the next page)

ตารางที่ 2 การจำแนกเหล็กเครื่องมือ (ต่อ)

ตารางที่ 2 การจำแนกเหล็กเครื่องมือ (ต่อ)

Group 400. Die Steels for Cold Work

Class 410. (Oil-Hardening Cold Work Die Steels)											
410	O1	0.85 to 1.00	1.00 to 1.40	0.10 to 0.40	0.40 to 0.60	...	0.15 to 0.30(a)	0.40 to 0.60	...	...	...
411	O2	0.85 to 0.95	1.40 to 1.80	0.10 to 0.40	0.15 to 0.30(a)	...	0.10 to 0.25(a)	...	0.20 to 0.40(a)	...	...
412	...	0.95 to 1.05	1.00 to 1.25	0.50 to 0.70	0.80 to 1.20	...	...	...	...	...	...
413	O7	1.10 to 1.30	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	0.35 to 0.85	...	0.15 to 0.30	1.00 to 2.00	0.20 to 0.30(a)	...	...
414	...	1.00 to 1.10	0.60 to 0.80	0.10 to 0.40	1.45 to 1.75	...	...	0.40 to 0.60	...	...	...
Class 420 (Air-Hardening Cold Work Die Steels)											
420	A2	0.95 to 1.05	0.40 to 0.85	0.10 to 0.40	4.75 to 5.50	...	0.15 to 0.50	...	0.90 to 1.40	...	...
421	...	1.05 to 1.15	0.25 to 0.40	1.05 to 1.35	7.50 to 8.00	...	2.20 to 2.60	...	1.40 to 1.70	...	...
422	A3	1.20 to 1.30	0.40 to 0.60	0.10 to 0.40	4.75 to 5.50	...	0.60 to 1.40	...	0.90 to 1.40	...	...
423	A5	0.95 to 1.05	2.80 to 3.20	0.10 to 0.40	0.90 to 1.20	...	...	...	0.90 to 1.40	...	...
424	A4	0.95 to 1.05	1.80 to 2.20	0.10 to 0.40	0.90 to 2.20	...	...	...	0.90 to 1.40	...	...
425	...	0.95 to 1.05	1.75 to 2.25	0.10 to 0.40	1.75 to 2.25	...	...	...	0.80 to 1.20	...	...
426	A6	0.65 to 0.75	1.80 to 2.50	0.10 to 0.40	0.90 to 1.20	...	...	...	1.15 to 1.45	...	...
427	A8	0.50 to 0.60	0.10 to 0.50	0.75 to 1.10	4.75 to 5.50	...	0.40(a)	1.00 to 1.50	1.15 to 1.65	...	...
428	A9	0.45 to 0.55	0.10 to 0.50	0.95 to 1.15	4.75 to 5.50	1.25 to 1.75	0.80 to 1.40	...	1.30 to 1.80	...	...
429	...	0.95 to 1.05	0.50 to 0.70	0.20 to 0.35	2.80 to 3.20	...	0.20 to 0.35	0.90 to 1.20	0.95 to 1.25	...	0.85 Ti to 1.15
Class 430 (High-Carbon High-Chromium Cold Work Die Steels)											
430	D2	1.40 to 1.60	0.20 to 0.40	0.10 to 0.40	11.00 to 13.00	...	0.20 to 1.00	...	0.70 to 1.20	...	...
431	D4	2.05 to 2.40	0.20 to 0.40	0.10 to 0.40	11.00 to 13.00	...	0.20 to 0.80(a)	...	0.70 to 1.20	...	...
432	D3	2.00 to 2.35	0.20 to 0.40	0.10 to 0.40	11.00 to 13.50	0.50(a)	0.20 to 1.00(a)	...	...	...	...
433	D6	2.00 to 2.20	0.20 to 0.40	0.70 to 1.00	11.50 to 12.50	...	...	0.60 to 0.90	...	...	...
434	D5	1.40 to 1.60	0.20 to 0.40	0.40 to 0.60	11.00 to 13.00	0.15 to 0.50	0.40 to 0.60(a)	...	0.70 to 1.20	2.00 to 3.50	...
435	D1	0.90 to 1.10	0.20 to 0.40	0.10 to 0.40	11.50 to 12.50	...	0.30 to 0.80	...	0.70 to 0.90	...	...
436	...	0.60 to 0.90	0.20 to 0.40	0.10 to 0.40	11.50 to 12.50	0.90 to 1.10(a)	0.20 to 0.30(a)	...	0.40 to 0.60	...	...

(a) Optional

(continued on the next page)

ตารางที่ 2 การจำแนกเหล็กเครื่องมือ (ต่อ)

ตารางที่ 2 การจำแนกเหล็กเครื่องมือ (ต่อ)

Type												
Class 440 (Special Wear-Resistant Cold Work Die Steels)												
430	A7	2.00 to 2.85	0.30 to 0.80	0.30 to 0.80	5.00 to 5.75	...	3.90 to 5.15	0.50 to 1.50(a)	0.90 to 1.40(a)	...	...	
431	...	2.10 to 2.30	0.30 to 0.50	0.10 to 0.40	3.75 to 4.25	...	3.75 to 4.25	...	...	...	...	
432	D7	2.15 to 2.50	0.30 to 0.50	0.30 to 0.50	11.50 to 13.50	...	3.80 to 4.40	...	0.70 to 1.20(a)	...	...	
433	...	1.40 to 1.60	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	16.75 to 17.75	...	3.75 to 4.25	...	...	...	...	
434	...	1.40 to 1.60	1.80 to 2.20	0.10 to 0.40	0.80 to 1.00	...	...	3.75 to 4.25	0.90 to 1.10	...	...	
435	...	1.30 to 1.55	0.30 to 0.50	0.10 to 0.40	0.40 to 0.60(a)	...	3.25 to 4.25	...	...	...	...	
436	...	3.10 to 3.40	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	0.80 to 1.20	...	11.50 to 12.50	...	0.80 to 1.20	...	...	
437	...	2.60 to 2.80	0.60 to 0.80	0.30 to 0.45	8.00 to 8.50	...	4.25 to 4.75	...	1.00 to 1.30	...	...	
438	...	1.05 to 1.15	...	0.85 to 1.15	5.00 to 5.50	...	3.75 to 4.25	...	1.00 to 1.30	...	...	
439	...	2.35 to 2.55	0.40 to 0.60	0.80 to 1.00	5.00 to 5.50	...	9.50 to 10.00	...	1.00 to 1.30	...	...	
Group 500. Die Steels for Hot Work												
Class 510 (3 to 4% Chromium Die Steels for Hot Work)												
500	...	0.90 to 1.00	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	3.75 to 4.25	...	...	...	...	...	...	
501	...	0.90 to 1.00	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	3.75 to 4.25	...	0.40 to 0.60(a)	...	0.40 to 0.60	...	...	
502	...	0.55 to 0.70	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	3.75 to 4.25	...	0.55 to 0.90	...	0.45 to 0.70	...	...	
503	S7	0.45 to 0.55	0.20 to 0.80	0.20 to 1.00	3.00 to 3.50	...	...	...	1.30 to 1.80	...	...	
504	...	0.45 to 0.55	0.10 to 0.40	0.80 to 1.00	3.00 to 3.50	...	0.15 to 0.30	...	1.20 to 1.60	...	...	
Class 520 (Chromium-Molybdenum Hot Work Die Steels)												
520	H11	0.33 to 0.43	0.20 to 0.50	0.80 to 1.20	4.75 to 5.50	...	0.30 to 0.60	...	1.10 to 1.60	...	...	
521	H13	0.32 to 0.45	0.20 to 0.50	0.80 to 1.20	4.75 to 5.50	...	0.80 to 1.20	...	1.10 to 1.75	...	...	
522	H12	0.30 to 0.40	0.20 to 0.50	0.80 to 1.20	4.75 to 5.50	...	0.20 to 0.50	1.00 to 1.70	1.25 to 1.75	...	...	
523	...	0.35 to 0.45	0.50 to 0.70	0.85 to 1.15	3.25 to 3.75	...	0.85 to 1.15	1.10 to 1.40	0.85 to 1.15	...	...	
524	H10	0.35 to 0.45	0.25 to 0.70	0.80 to 1.20	3.00 to 3.75	...	0.25 to 0.75	...	2.00 to 3.00	...	...	
525	...	0.30 to 0.40	0.10 to 0.40	0.90 to 1.10	5.00 to 5.50	...	...	...	1.80 to 2.20	...	...	

a) Optional.

(continued on the next page)

เลขทะเบียน 05574 วันที่รับ ... เล่มที่ ... TS 930 ป 2549

ตารางที่ 2 การจำแนกเหล็กเครื่องมือ (ต่อ)

ตารางที่ 2 การจำแนกเหล็กเครื่องมือ (ต่อ)

Class 530 (Chromium-Tungsten Hot Work Die Steels)										
530	H14	0.35 to 0.45	0.20 to 0.50	0.80 to 1.20	4.75 to 5.50	...	0.20 to 0.30(a)	4.00 to 5.25	0.20 to 0.30(a)	0.50(a)
531	H19	0.35 to 0.45	0.20 to 0.50	0.20 to 0.50	4.00 to 4.75	...	1.75 to 2.20	3.75 to 4.50	0.30 to 0.55	4.00 to 4.50
532	...	0.40 to 0.50	0.65 to 0.85	0.90 to 1.10	4.75 to 5.25	...	0.40 to 0.60	3.50 to 4.00	0.85 to 1.15	0.40 to 0.60
533	...	0.30 to 0.40	0.50 to 0.70	1.35 to 1.65	7.00 to 7.50	...	...	7.00 to 7.50	...	...
534	...	0.40 to 0.50	0.50 to 0.70	1.35 to 1.65	7.00 to 7.50	...	...	7.00 to 7.50	...	...
535	H16	0.50 to 0.60	0.50 to 0.70	0.80 to 1.00	7.00 to 7.50	...	...	7.00 to 7.50	...	...
536	H23	0.25 to 0.35	0.15 to 0.40	0.15 to 0.60	11.00 to 12.75	...	0.75 to 1.25	11.00 to 12.75	...	...
Class 540 (Tungsten Hot Work Die Steels)										
540	H21	0.25 to 0.35	0.15 to 0.40	0.15 to 0.50	3.00 to 3.75	...	0.30 to 0.60	8.50 to 10.00	...	...
541	H20	0.25 to 0.35	0.10 to 0.40	0.10 to 0.75	1.80 to 2.20	...	0.40 to 0.60	9.00 to 10.00	...	...
542	...	0.25 to 0.35	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	2.55 to 2.95	1.50 to 2.00	0.30(a)	9.75 to 10.00	0.25(a)	...
543	H22	0.30 to 0.40	0.15 to 0.40	0.15 to 0.40	1.75 to 3.75	...	0.25 to 0.50	10.00 to 11.75	...	...
544	...	0.25 to 0.35	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	2.30 to 2.70	...	0.30 to 0.50	11.50 to 12.50	...	3.35 to 3.85
545	H25	0.20 to 0.30	0.15 to 0.40	0.15 to 0.40	3.75 to 4.50	...	0.40 to 1.00	14.00 to 16.00	...	...
546	...	0.37 to 0.42	0.15 to 0.40	0.15 to 0.40	2.50 to 3.50	...	0.40 to 0.60	14.00 to 16.00	...	...
547	H24	0.45 to 0.55	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	2.75 to 3.50	...	0.40 to 0.70	14.00 to 15.50	...	...
548	...	0.28 to 0.38	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	3.75 to 4.25	2.30 to 2.70	...	13.50 to 14.50	1.90 to 2.30	...
549	H26	0.45 to 0.55	0.15 to 0.40	0.15 to 0.40	3.75 to 4.50	...	0.75 to 1.25	17.25 to 19.00	...	...
Class 550 (Molybdenum Hot Work Die Steels)										
550	H15	0.30 to 0.40	0.10 to 0.40	0.25 to 0.50	3.50 to 4.00	...	0.65 to 0.85	0.85 to 1.15	5.75 to 6.25	...
551	H15	0.45 to 0.55	0.10 to 0.40	0.40 to 0.60	3.50 to 5.00	...	0.65 to 0.85	0.85 to 1.15	5.00 to 6.50	...
552	H43	0.50 to 0.65	0.15 to 0.40	0.20 to 0.40	3.75 to 4.50	...	1.80 to 2.20	...	7.75 to 8.50	...
553	H42	0.55 to 0.70	0.15 to 0.40	0.20 to 0.45	3.75 to 4.50	...	1.75 to 2.20	5.50 to 6.75	4.50 to 5.50	...

(a) Optional.

(continued on the

ตารางที่ 2 การจำแนกเหล็กเครื่องมือ (ต่อ)

ตารางที่ 2 การจำแนกเหล็กเครื่องมือ (ต่อ)

50 (Molybdenum Hot Work Die Steels) (*continued*)										
..... H41	0.60	0.15	0.20	3.50	...	1.00	1.40	8.00	...	...
	to	to	to	to		to	to	to		
	0.75	0.40	0.45	4.00		1.30	2.10	9.20		
....	0.15	0.40	0.10	...	2.80	...	...	2.80	...	...
	to	to	to		to			to		
	0.25	0.60	0.40		3.20			3.20		
....	0.10	0.10	0.10	3.25	...	0.40	3.75	4.75	24.00	...
		to	to	to		to	to	to	to	
		0.40	0.40	3.75		0.60	4.25	5.25	26.00	
Group 600. High Speed Steels										
0 (Tungsten Types)										
..... T1	0.65	0.10	0.20	3.75	...	0.90	17.25	0.70(a)	...	...
	to	to	to	to		to	to			
	0.80	0.40	0.40	4.50		1.30	18.75			
..... T2	0.80	0.20	0.20	3.75	...	1.80	17.50	0.50	...	...
	to	to	to	to		to	to	to		
	0.90	0.40	0.40	4.50		2.40	19.00	0.75(a)		
....	0.95	0.10	0.10	4.00	...	2.00	18.00	0.50	...	...
	to	to	to	to		to	to	to		
	0.98	0.40	0.40	4.25		2.15	18.50	0.75(a)		
....	0.97	0.10	0.10	3.75	...	2.80	13.50	0.65	...	...
	to	to	to	to		to	to	to		
	1.03	0.40	0.40	4.25		3.20	14.50	0.85		
..... T3	1.05	0.10	0.10	4.00	...	2.90	18.00	0.70	...	...
	to	to	to	to		to	to	to		
	1.13	0.40	0.40	4.25		3.30	18.50	0.90		
..... T9	1.22	0.10	0.10	3.75	...	3.75	18.00	0.75(a)	...	...
	to	to	to	to		to	to			
	1.28	0.40	0.40	4.25		4.25	18.50			
..... T7	0.70	0.10	0.10	4.50	...	1.50	13.50	...	...	...
	to	to	to	to		to	to			
	0.75	0.40	0.40	5.00		2.00	14.50			
0 (Tungsten-Cobalt Types)										
..... T4	0.70	0.10	0.20	3.75	...	0.80	17.50	0.60	4.25	...
	to	to	to	to		to	to	to	to	
	0.80	0.40	0.40	4.50		1.20	19.00	0.80(a)	5.75	
..... T5	0.75	0.20	0.20	3.75	...	1.80	17.50	0.65	7.00	...
	to	to	to	to		to	to	to	to	
	0.85	0.40	0.40	5.00		2.40	19.00	1.00(a)	9.50	
..... T6	0.75	0.20	0.20	4.00	...	1.50	18.50	0.40	11.00	...
	to	to	to	to		to	to	to	to	
	0.85	0.40	0.40	4.75		2.10	21.00	1.00	13.00	
..... T15	1.50	0.15	0.15	3.75	...	4.50	11.75	0.50(a)	4.75	...
	to	to	to	to		to	to		to	
	1.60	0.40	0.40	5.00		5.25	13.00		5.25	
..... T8	0.75	0.20	0.20	3.75	...	1.80	13.25	0.75(a)	4.25	...
	to	to	to	to		to	to		to	
	0.85	0.40	0.40	4.50		2.40	14.75		5.75	
0 (Molybdenum Types)										
..... M1	0.78	0.15	0.20	3.50	...	1.00	1.40	8.20	...	...
	to	to	to	to		to	to	to		
	0.88	0.40	0.50	4.00		1.35	2.10	9.20		
..... M10	0.84	0.10	0.20	3.75	...	1.80	...	7.75	...	...
	to	to	to	to		to		to		
	0.94	0.40	0.45	4.50		2.20		8.50		
..... M7	0.97	0.15	0.20	3.50	...	1.75	1.40	8.20	...	...
	to	to	to	to		to	to	to		
al	1.05	0.40	0.55	4.00		2.25	2.10	9.20		

(continued on the next page)

ตารางที่ 2 การจำแนกเหล็กเครื่องมือ (ต่อ)

ตารางที่ 2 การจำแนกเหล็กเครื่องมือ (ต่อ)

Class 640 (Molybdenum-Cobalt Types)											
640	M30	0.75 to 0.85	0.15 to 0.40	0.20 to 0.45	3.50 to 4.25	...	1.00 to 1.40	1.30 to 2.30	7.75 to 9.00	4.50 to 5.50	...
641	M34	0.85 to 0.92	0.15 to 0.40	0.20 to 0.45	3.50 to 4.00	...	1.90 to 2.30	1.40 to 2.10	7.75 to 9.20	7.75 to 8.75	...
642	...	0.55 to 0.65	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	4.75 to 5.25	...	1.10 to 1.40	...	7.75 to 8.25	2.30 to 2.70	0.25 E
643	...	0.55 to 0.65	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	4.00 to 4.50	...	1.60 to 1.90	1.65 to 1.75	8.15 to 8.50	8.00 to 8.50	0.50 E
644	M33	0.85 to 0.92	0.15 to 0.40	0.15 to 0.50	3.50 to 4.00	...	1.00 to 1.35	1.30 to 2.10	9.00 to 10.00	7.75 to 8.75	...
645	M42	1.05 to 1.10	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	3.50 to 4.00	...	1.05 to 1.25	1.30 to 1.70	9.25 to 9.75	7.75 to 8.25	...
646	M43	1.15 to 1.25	0.20 to 0.40	0.15 to 0.65	3.50 to 4.25	...	1.50 to 1.75	2.25 to 3.00	7.50 to 8.50	7.75 to 8.75	...
647	M46	1.22 to 1.30	0.20 to 0.40	0.30 to 0.65	3.70 to 4.20	...	3.00 to 3.30	1.90 to 2.20	8.00 to 8.50	7.80 to 8.80	...
648	M47	1.05 to 1.15	0.15 to 0.40	0.20 to 0.45	3.50 to 4.00	...	1.15 to 1.35	1.30 to 1.80	9.25 to 10.00	4.75 to 5.25	...
Class 650 (Tungsten-Molybdenum Types)											
650	M2	0.78 to 0.88	0.15 to 0.40	0.20 to 0.45	3.75 to 4.50	...	1.75 to 2.20	5.50 to 6.75	4.50 to 5.50	...	...
651	M3	1.00 to 1.10	0.15 to 0.40	0.20 to 0.45	3.75 to 4.50	...	2.25 to 2.75	5.00 to 6.75	4.75 to 6.50	...	...
652	M3	1.15 to 1.25	0.15 to 0.40	0.20 to 0.45	3.75 to 4.50	...	2.75 to 3.25	5.00 to 6.75	4.75 to 6.50	...	...
653	M4	1.25 to 1.40	0.15 to 0.40	0.20 to 0.45	3.75 to 4.75	...	3.75 to 4.50	5.25 to 6.50	4.25 to 5.50	...	...
654	...	0.80 to 0.85	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	4.00 to 4.50	...	1.35 to 1.65	5.25 to 5.75	4.30 to 5.00	...	...
Class 660 (Tungsten-Molybdenum-Cobalt Types)											
660	M35	0.80 to 0.85	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	3.90 to 4.40	...	1.75 to 2.15	6.15 to 6.65	4.75 to 5.25	4.75 to 5.25	...
661	M36	0.80 to 0.90	0.15 to 0.40	0.20 to 0.45	3.75 to 4.50	...	1.75 to 2.25	5.50 to 6.50	4.50 to 5.50	7.75 to 8.75	...
662	M6	0.75 to 0.85	0.15 to 0.40	0.20 to 0.45	3.75 to 4.50	...	1.30 to 1.70	3.75 to 4.75	4.50 to 5.50	11.00 to 13.00	...
663	M15	1.50 to 1.60	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	4.00 to 4.75	...	4.75 to 5.25	6.25 to 6.75	3.00 to 5.00	4.75 to 5.25	...
664	...	1.20 to 1.30	0.10 to 0.40	0.10 to 0.40	4.00 to 4.50	...	4.00 to 4.50	9.50 to 10.50	2.30 to 2.70	5.25 to 5.75	...

(a) Optional.

(continued on the next pa

ตารางที่ 2 การจำแนกเหล็กเครื่องมือ (ต่อ)

660 (Tungsten-Molybdenum-Cobalt Types) (*continued*)										
..... M41	1.05	0.10	0.10	4.00	...	1.80	6.50	3.50	4.75	...
	to	to	to	to		to	to	to	to	
	1.15	0.45	0.40	4.50		2.20	7.00	4.00	5.25	
..... M44	1.10	0.25	0.25	4.00	...	1.80	5.00	6.00	11.50	...
	to	to	to	to		to	to	to	to	
	1.20	0.40	0.40	4.50		2.20	5.50	6.50	12.50	
..... M45	1.20	0.25	0.25	4.00	...	1.45	7.75	4.75	5.25	...
	to	to	to	to		to	to	to	to	
	1.30	0.40	0.40	4.50		1.75	8.25	5.25	5.75	
....	1.10	0.25	0.25	3.50	...	1.15	9.75	5.00	11.50	...
	to	to	to	to		to	to	to	to	
	1.20	0.40	0.40	4.00		1.45	10.25	5.50	12.50	
....	1.40	0.25	0.25	3.50	...	2.85	9.75	5.00	8.75	...
	to	to	to	to		to	to	to	to	
	1.60	0.40	0.40	4.00		3.35	10.25	5.50	9.25	
....	1.22	0.25	0.25	3.95	...	2.85	6.15	4.75	8.25	...
	to	to	to	to		to	to	to	to	
	1.32	0.40	0.40	4.45		3.35	6.65	5.25	8.75	
....	2.20	0.25	0.35	3.75	...	6.25	6.25	6.75	10.00	...
	to	to	to	to		to	to	to	to	
	2.40	0.40	0.50	4.25		6.75	6.75	7.25	11.00	
Group 700. Tool Steels of Historical Interest										
710 (Wortle Die and Self-Hardening Steels)										
....	2.25	0.25	0.25	0.50	...	...	0.50	...	...	...
....	2.00	0.75	0.25	2.00	...	...	4.50	...	...	...
....	2.00	0.75	0.25	...	...	...	3.50	...	...	...
....	2.25	1.50	0.25	2.00	...	...	11.00	...	...	...
....	2.00	1.50	0.25	3.75	...	...	3.75	...	...	...

tional.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในตารางที่ 2 แสดงการแบ่งเหล็กเครื่องมือ ซึ่งที่สำคัญมี 14 กลุ่มด้วยกัน

1. เหล็กเครื่องมือชุบน้ำ (ตระกูล W หรือ Class 110, 120, 130, และ 140)

มีคาร์บอนเป็นธาตุผสมหลัก และเติม Cr เพื่อเพิ่มความสามารถชุบแข็งและความต้านทานการสึกหรอ , เติมวานาเดียมเอให้เกรนละเอียดและเพิ่มความเหนียว (เช่น W2 - W7) ปริมาณคาร์บอนจะมีตั้งแต่ 0.60 -1.40 % โดยเพิ่มขึ้นช่วงละ 0.1% แต่ที่นิยมกันมาก มีคาร์บอนประมาณ 1.00% ปกติแล้วเหล็ก W มีความสามารถชุบแข็งต่ำ ถ้างานมีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 1/2 นิ้ว หลังจากอบชุบแล้วจะมีผิวแข็งและใจกลางเหนียวแข็งแรง แต่เมื่อร้อนหรืออบคืนไฟจะอ่อนจึงเหมาะสำหรับงานเย็น, งานโลหะเครื่องมือ ตัดต่าง ๆ สมาคม SAE แบ่งเหล็กตระกูล W ออกเป็น 4 เกรดคือ : Special (เกรด 1) คุณภาพสูงสุด ,Extra (เกรด 2) คุณภาพสูง , standard (เกรด 3) คุณภาพดี และ Commercial (เกรด 4) คุณภาพพอใช้

2. เหล็กเครื่องมือทนแรงช็อค (ตระกูล S หรือ Class 310 และ 320)

ธาตุผสมที่สำคัญได้แก่ Si , Cr, W และบางครั้งรวมทั้ง Mo และ Ni โดย Si , Ni ทำให้เฟอร์ไรท์แข็งแรงและเพิ่มความสามารถชุบแข็ง , Cr ปรับปรุงความสามารถชุบแข็ง ทนความร้อน, เพิ่มความต้านทานเสียดสีเล็กน้อย , Mo เพิ่มความสามารถชุบแข็ง ถ้ามี C =0.5% จะมีความแข็งแรงสูง และทนการสึกหรอปานกลาง เครื่องมือที่ทำมาจากเหล็กชนิดนี้ จะมีความแข็งสูง 60 HRC โดยที่ยังสามารถวัด ductility ได้ นิยมใช้ทำสกัด , เครื่องมือย้ำหมุด , ฆ้อน และเครื่องมือที่รับแรงกระแทก

3. เหล็กน้ำมัน (ตระกูล O หรือ Class 410) ธาตุผสมที่สำคัญคือ W, Mn , Cr และ Mo ซึ่งช่วยเพิ่มความสามารถชุบแข็งจนสามารถชุบน้ำมันได้ , บิดตัวและแตกร้าวน้อยกว่าตระกูล W ชนิด 06 มี Si สูง เพื่อช่วยให้เกิดกราไฟท์ ซึ่งช่วยเพิ่มความสามารถตัดแต่งในสภาวะอบอ่อนและเพิ่มความต้านทานการสึกหรอเมื่อชุบแข็ง และยังมีส่วนเพิ่มความสามารถชุบแข็ง

4. เหล็กลม , ธาตุผสมปานกลาง (ตระกูล A หรือ Class 420) ธาตุผสมที่สำคัญคือ Mn , Cr, Mo และ V เพื่อเพิ่มความสามารถชุบแข็งจนสามารถชุบด้วยอากาศถ้ามี C สูงจะมีความต้านทานการสึกหรอสูง แต่เมื่อร้อนจะอ่อนลง (ยกเว้น A2 และ A7)

5. เหล็กงานเย็นโครเมียมสูง-คาร์บอนสูง (ตระกูล D หรือ Class 430)

ธาตุผสมที่สำคัญได้แก่ Cr และ C แต่อาจจะมี W, Mo, Co และ V ผสมอยู่ด้วย เหล็กตระกูล D มีความสามารถชุบแข็งลึก , ทนการสึกหรอดีมาก (เพราะมี Cr สูง, C สูง)

ถ้าเพิ่ม W และ Mo จะช่วยเพิ่มความสามารถชุบแข็ง โดยเฉพาะเกรด D7 จะมีคาร์ไบแข็งจำนวนมาก, มิติเปลี่ยนแปลงน้อยมาก และทนการอ่อนตัวขณะร้อนปานกลางจึงควรใช้งานที่อุณหภูมิต่ำกว่า 900 ฟ (482° ซ)

6. เหล็กเครื่องมืองานร้อนโครเมี่ยม (ตระกูล H11-H16 หรือ Class 520 และ 530 ธาตุผสมที่สำคัญคือ Cr, W และมี Mo, V เล็กน้อยทนการอ่อนตัวขณะร้อนได้ดี เพราะมี Cr ปานกลาง และยังมีธาตุฟอร์มคาร์ไบด์ (เช่น Mo. W และ V) เป็นธาตุเสริม ส่วนปริมาณ C และธาตุผสมทั้งหมดต่ำ จึงเหนียวและมีความแข็งอยู่ในช่วง 40-55 HRC ถ้าเพิ่ม W และ Mo จะเพิ่มความแข็งและความแข็งแรงขณะร้อน แต่ความเหนียวจะลดลงเล็กน้อย

7. เหล็กเครื่องมืองานร้อนทังสเตน (ตระกูล H20 - H26 หรือ Class 540)

ธาตุผสมที่สำคัญคือ C, W และ Cr และมี V เล็กน้อยความแข็งขณะร้อนได้ดีกว่าตระกูล H11 - H16 แต่เปราะกว่า (ที่ความแข็ง 45 - 55 HRC) ชุบลมก็ได้แต่นิยมชุบน้ำมันหรือเกลือเหลวเพื่อลดสะเก็ด ถ้าชุบลมจะบิดตัวน้อยมาก

8. เหล็กเครื่องมืองานร้อนโมลิบดินั่ม (ตระกูล H41 - H43 หรือ Class 550) ธาตุผสมที่สำคัญคือ Mo, Cr, V, C และ W มีลักษณะและการใช้งานเช่นเดียวกับตระกูล H20 - H26 และบางชนิดจะคล้ายกับเหล็กไฮสปีดโมลิบดินั่มแต่ C ต่ำกว่าและเหนียวกว่า

9. เหล็กไฮสปีดทังสะเตน (ตระกูล T หรือ Class 610 และ 612)

ธาตุผสมที่สำคัญคือ W, Cr, V, Co และ C เกรด T1 ค้นพบโดย taylor และ White ซึ่งพบว่าถ้า W มากกว่า 14%, Cr4% และ V = 0.3% จะคงความแข็งขณะร้อน และทนการสึกหรอได้ดีเมื่อชุบน้ำมันหรือเกลือเหลว จะมีความแข็งสูงถึง 65 HRC หรือมากกว่า เนื่องจาก C และธาตุผสมสูงจึงมีคาร์ไบด์แข็งจำนวนมากในโครงสร้างจุลภาค โดยเฉพาะเมื่อมี C สูงขึ้น และ V > 1.5% เกรด T15 จะทนการสึกหรอได้ดีที่สุด แต่ความเหนียวลดลง

10. เหล็กไฮสปีดโมลิบดินั่ม (ตระกูล M หรือ Class 630, 640, 650 และ660)

ธาตุผสมที่สำคัญได้แก่ Mo, W, Cr, V, Co และ C มีคุณสมบัติคล้ายตระกูล T แต่มีความเหนียวดีกว่า เมื่อความแข็งเท่ากับ เมื่อ C และ V เพิ่มจะทนการสึกหรอได้ดีขึ้นส่วน Co ช่วยรักษาความแข็งขณะร้อน เกรด M15 มีความต้านทานการสึกหรอสูงสุด

11. เหล็กกล้าผสมต่ำใช้งานกรณีพิเศษ (ตระกูล L หรือ Class 210, 220, และ 230 ธาตุผสมที่สำคัญคือ Cr และ Mn พร้อมด้วย V, Mo และ Ni มีลักษณะใกล้เคียงกับตระกูล W เกรด L6 จะเพิ่มความเหนียวและความสามารถชุบแข็งถ้าเติม Cr มากจะ

ทนการสึกหรอได้ดี (เกิดคาร์ไบด์ของ Fe - Cr) และ Mo, Mn จะเพิ่มความสามารถชุบแข็ง, V จะทำให้เกรนละเอียด

12. เหล็กเครื่องมือ C-W (ตระกูล F หรือ Class 340 และ 350)

ธาตุผสมที่สำคัญคือ W และ Cr ปกติจะชุบแข็งตื้น, เป็นเหล็กชุบน้ำที่มี C และ W สูงเพื่อเพิ่มความต้านทานการสึกหรอ เกรด F3 จะมีความสามารถชุบแข็งสูงสุดเพราะมี Cr สูงอาจชุบน้ำมันก็ได้ เมื่อใช้งานในสภาวะเดียวกันจะทนการสึกหรอดีกว่าตระกูล W 4-10 เท่า

13. เหล็กคาร์บอนต่ำสำหรับทำพิมพ์ (ตระกูล P Class 370 และ 380)

ธาตุผสมที่สำคัญคือ Cr และ Ni และธาตุพิเศษคือ V,Mo และ A1 ส่วนมากใช้เพิ่มคาร์บอนจนมีความแข็งเทียบเท่าเหล็กเครื่องมือ ในสภาพอบอ่อนจะมีความแข็งต่ำมาก และต้านทาน Work Hardening จึงเหมาะกับ Hubing Operation หลังจากนั้นให้เพิ่มคาร์บอนก่อนอบชุบแข็ง ธาตุ Ni และ Cr จะเพิ่มความสามารถชุบแข็ง ปกติเหล็กชนิดนี้จะไม่แข็งเมื่ออุณหภูมิสูง (ยกเว้น P4) สึกหรอง่าย (จนกว่าจะเพิ่มคาร์บอน)

14. เหล็กเครื่องมือชนิดอื่นๆ (ตระกูล 6G,6F และ 6H) ธาตุที่ผสมที่สำคัญคือ Ni, Mo และ Cr และอาจเติม V และ Si มี C ปานกลางและชุบแข็งได้ลึก นอกจากนั้นยังมีความเหนียวสูง, ทนร้อนได้ดี (6F4) ถ้ามี Ni และ Si สูงจะเพิ่มความแข็งของเฟอร์ไรท์และเพิ่มความสามารถชุบแข็ง (เติม Mo และ Cr เป็นตัวช่วย)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง.

- รายละเอียดต่างๆของหินเจียรช่วยการผลิตแม่พิมพ์เจาะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ล้อเจียระไน

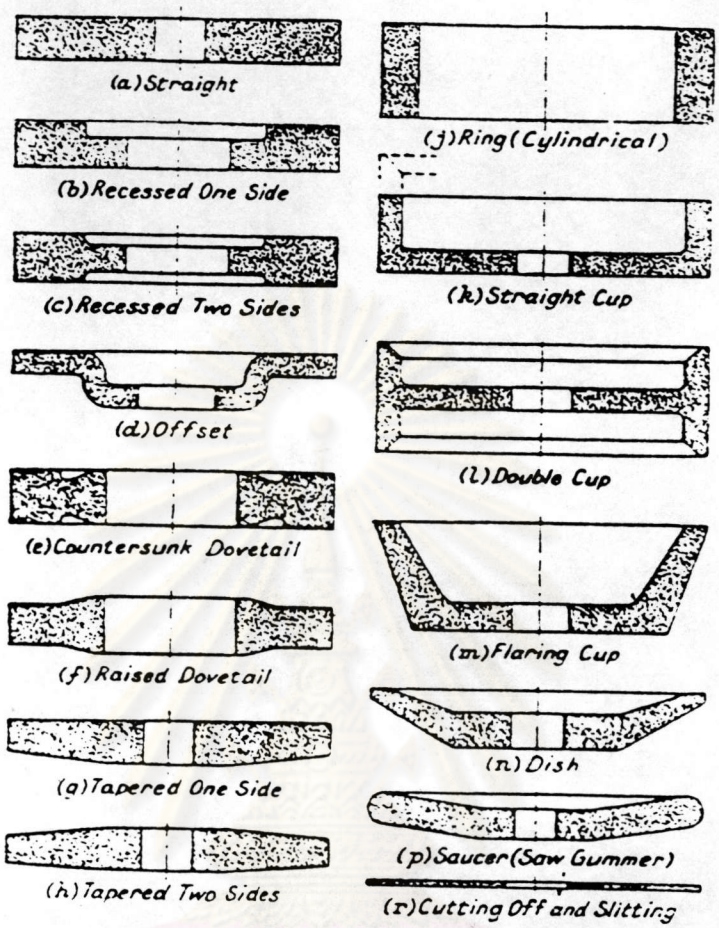
Grinding หรือที่นิยมเรียกกันว่า การเจียระไนเป็นกระบวนการขัดโลหะ ซึ่งเป็นที่รู้จักกันอย่างกว้างขวางที่สุด ในการเจียระไนนั้นเม็ดสารขัด จะถูกคลุกเคล้ากับสารยึด แล้วอัดเข้ารูปให้เป็นล้อเจียระไน ล้อเจียระไนจะสวมลงบนแกนหมุนของเครื่องจักร ซึ่งจะถูกหมุนโดยมอเตอร์ไฟฟ้า การเจียระไนโลหะจะเกิดขึ้นเมื่อนำเอาชิ้นงานเข้ามาสัมผัสกับล้อเจียระไนเม็ดสารขัดบนล้อเจียระไนจะขูด หรือขัดเอาเนื้อโลหะชิ้นงานออกไป

เป็นที่เข้าใจกันว่าในการเจียระไนนั้นเม็ดสารขัดจะทำหน้าที่เป็นใบมีดเล็ก ๆ คือคล้ายกับใบมีดในการกัดโลหะ แต่คมของเม็ดสารขัดมีรูปร่างและทิศทางไม่แน่นอน ในระหว่างการเจียระไนนั้น เม็ดสารขัดที่สึกหรอจนหมดคมแล้วจะแตกหักหรือหลุดออกจากล้อเจียระไนเผยให้เห็นคมใหม่ของสารขัดซึ่งคมกว่าคมเก่าซึ่งแตกหรือหลุดออกไป ดังนั้นจึงกล่าวกันว่าการเจียระไนโลหะเป็นกระบวนการซึ่งสามารถสร้างคมมีดใหม่ได้โดยตนเอง

ในการศึกษากระบวนการเจียระไนในโลหะนั้น เราต้องประสบกับปัญหามากมายซึ่งเกิดมาจากความไม่แน่นอน คุณสมบัติของเม็ดสารขัดยังไม่เป็นที่เข้าใจกันเท่าที่ควร รูปร่างของเม็ดสารขัดมีลักษณะไม่แน่นอน และไม่อาจจะบรรยายออกมาเป็นรูปลักษณะทางเรขาคณิตได้ การกระจายของเม็ดสารขัดในล้อเจียระไนก็ไม่เป็นที่ทราบอย่างแน่นอน นอกจากจะเข้าใจกันเอาเองว่าเป็นการกระจายแบบ Random คือไม่มีทิศทางแน่นอน

ในระดับโรงงานส่วนใหญ่แล้วผู้ใช้ล้อเจียระไนเพียงแต่แบ่งคุณสมบัติของล้อเจียระไนเป็น ๒ ประเภทใหญ่ ๆ ตามคุณสมบัติในการใช้งานว่า ล้อจะเป็นชนิด “อ่อน” ถ้าล้อนั้นสึกหรอโดยรวดเร็ว กล่าวคือ ล้อนั้นสามารถปล่อยเม็ดสารขัดให้หลุดออกไปโดยเร็ว จะจำแนกว่าล้อจะเป็นชนิด “แข็ง” ถ้าล้อนั้นสึกหรอช้าซึ่งก็หมายความว่าล้อนั้นจับเม็ดสารขัดไว้แน่นและปล่อยให้เม็ดสารขัดหลุดออกยาก

ความลึกของรอยตัดที่ถูกเม็ดสารขัดขูดหรือตัดออกไปนั้นมีขนาดเล็ก คือประมาณ ๑๐ -๔ ถึง $๑๐^{-๕}$ นิ้ว การจะวิเคราะห์กระบวนการขัดโลหะตามวิธีของกลศาสตร์ในการตัดโลหะ (๑,๒) จึงยากที่จะทำได้ แม้เราจะยังไม่เข้าใจถึงกลไกที่แท้จริงที่เกิดขึ้นในการเจียระไนโลหะ และยังจะต้องศึกษาค้นคว้าต่อไปอีกมากก็ตาม แต่การเจียระไนโลหะเป็นกระบวนการผลิตที่มีความสำคัญ มีการนำมาใช้ในการผลิตเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ เราจึงจำต้องรวบรวมเอาความรู้ต่าง ๆ เท่าที่มีอยู่มา ทำการศึกษา โดยหวังว่าความรู้เหล่านี้จะช่วยให้สามารถใช้กระบวนการเจียระไนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นไปอีก



รูปที่ 1 แสดงรูปแบบต่างๆของล้อเจียรไน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปร่างของล้อเจียระไน

ล้อเจียระไนมีรูปร่างมากมายหลายแบบเพื่อจะให้เหมาะสมกับงานประเภทต่าง ๆ นอกจากนี้เครื่องจักรบางเครื่องยังต้องการรูปร่างของล้อเป็นลักษณะพิเศษเพิ่มขึ้นอีก เนื่องจากจำนวนรูปร่างประเภทต่าง ๆ มากมายมหาศาลเหล่านี้เราจึงไม่สามารถศึกษาถึงล้อเจียระไนทุกรูปร่างลักษณะได้ และสามารถหยิบยกมาพิจารณาเฉพาะรูปร่างที่พบเห็นอยู่บ่อย ๆ เท่านั้น รูป 1 แสดงถึงรูปลักษณะต่างๆ ของล้อเจียระไนซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับลักษณะของงานดังจะได้อธิบายต่อไปนี้

1. Straight_ เป็นล้อที่พบมากที่สุด มีลักษณะเป็นแผ่นกลมแบน มีรูสวมกับเพลาของเครื่องเจียระไน

ล้อชนิดนี้ใช้กันมากที่สุด มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด ใช้ด้านขอบของวงล้อในการเจียระไนดังเช่นในการเจียระไนพื้นผิวเรียบ หรือพื้นผิวทรงกระบอก เป็นต้น

2. Recessed One Side เป็นล้อที่มีรอยบุ๋มหนึ่งด้าน

3. Recessed Two Sude เป็นล้อที่มีรอยบุ๋มสองด้าน

4. Offset หรือล้อเบี่ยงมีลักษณะคล้ายจานข้าว คือ บุ๋มหนึ่งด้าน และมีขอบกว้าง

5. Countersunk Dovetail_ล้อที่มีการเซาะร่องลึกลงไปทั้งสองหน้า

6. Raised Dovetail ล้อที่มีรอยนูนตรงกลาง และเซาะขอบสองข้างลงไป

7. Tapered One Side ล้อหน้าเรียบหนึ่งหน้า และหน้าเอียงจากตรงกลางไปยังขอบอีกด้านหนึ่ง

8. Tapered Two Side_ล้อเอียงจากตรงกลางไปยังขอบทั้งสองหน้า

ล้อรูปร่างประเภทต่าง ๆ จาก 1 ถึง 8 นี้ใช้ในงานเจียระไนด้วยขอบล้อ เช่นในกระบวนการเจียระไนผิวเรียบด้วยขอบล้อ และการเจียระไนผิวทรงกระบอก

9. Ring (Cylindrical) รูปวงแหวนทรงกระบอก

10. Straight Cup เป็นรูปถ้วยทรงกระบอกขอบตรงตั้งฉากกับหน้า

11. Double Cup มีลักษณะถ้วยทรงกระบอกแฝดหันก้นถ้วยชนกัน

ล้อรูปร่างต่าง ๆ จาก 9 ถึง 11 นิยมใช้ในงานเจียระไนด้วยขอบด้านหน้าของถ้วย และในงานเจียระไนผิวเรียบแบบแกนของล้อตั้งฉากกับผิวชิ้นงาน

12. Flaring Cup ลักษณะเป็นถ้วยเรียวปากอ้าก้นลึกมาก

13. Dish มีรูปร่างเหมือนชามปากอ้าก้นลึกมาก

14. Saaaaucer มีรูปร่างเหมือนจานแบบรองถ้วยกาแฟ ก้นตื้นมาก

รูปร่างของล้อแบบ 12 ถึง 14 ใช้ในการลับใบมีดตัดโลหะประเภทต่าง ๆ เช่นมีดกลึง มีดกัด มีดไส และดอกสว่าน เป็นต้น

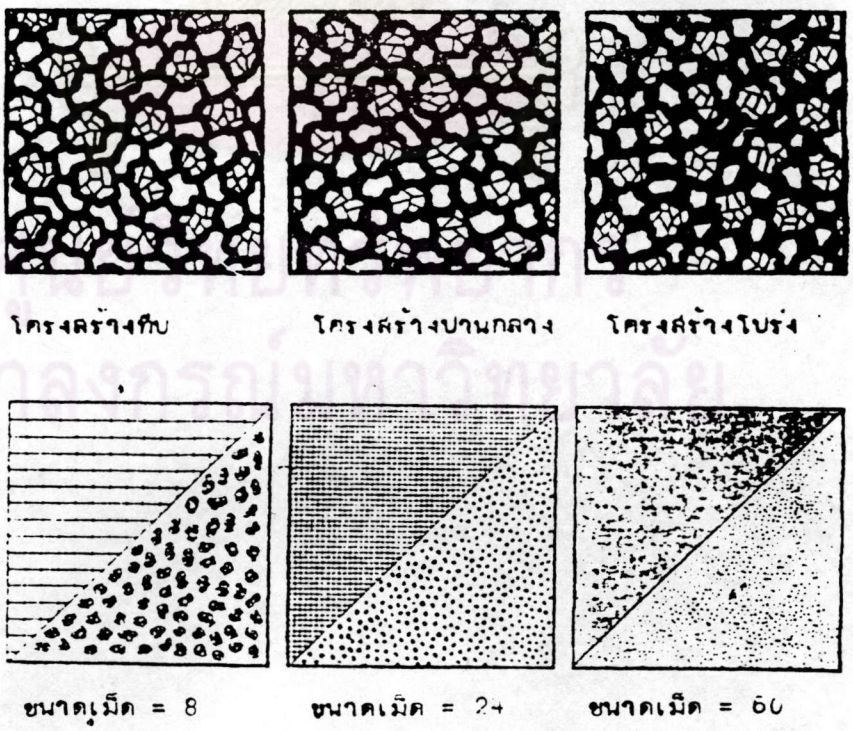
15. Cutting Off and Slitting เป็นล้อที่มีรูปร่างเป็นแผ่นกลมบาง ๆ ใช้ในการตัดชิ้นงาน หรือในการเซาะร่องในชิ้นงาน

สารขัด

ล้อเจียระไนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญยิ่งในการเจียระไน เราได้พิจารณาถึงรูปร่างลักษณะต่าง ๆ ของล้อเจียระไนไปแล้ว ต่อไปจะได้ศึกษาถึงสิ่งต่าง ๆ ที่ประกอบขึ้นมาเป็นล้อ สิ่งที่ประกอบขึ้นเป็นล้อเจียระไนมี 3 สิ่ง คือ

1. สารขัด ลักษณะเป็นเม็ดเล็ก ๆ มีความแข็งสูง
2. สารยึด เป็นสารที่จับยึดสารขัดให้รวมกันเป็นก้อนเป็นรูปร่างของล้อ
3. โพรงอากาศ เป็นฟองหรือโพรงของอากาศที่แทรกอยู่ทั่ว ๆ ไปของล้อเจียระไน

รูป (2) แสดงโครงสร้างของล้อเจียระไน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงสิ่งประกอบทั้ง 3 อย่างดังกล่าว ต่อไปนี้จะได้หยิบยกสารขัดขึ้นมาศึกษาในเรื่องทั่ว ๆ ไป เช่นคุณสมบัติ และชนิดของสารขัด เป็นต้น



รูป 2

โครงสร้างของล้อเจียระไน

คุณสมบัติของสารขัด

สารขัดเป็นเม็ดสารเล็ก ๆ มีความแข็งสูง ซึ่งจะทำหน้าที่คล้ายใบมีดขนาดเล็กซึ่งตัดขูดหรือขัดเนื้อสารชิ้นงานออกไปจากตัวชิ้นงาน สารขัดที่ดีควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. สารขัดควรมีความแข็งสูง เพื่อที่จะกด หรือขูดชิ้นงานให้เป็นรอยในขณะที่เริ่มการตัด

2. ควรมีความเหนียวสูง เพื่อจะรับแรงกระทบโดยไม่แตกหัก

3. มีความทนทานต่อการสึกกร่อน คือไม่สึกหรอโดยรวดเร็ว เพื่อจะได้มีอายุการใช้งานนาน ๆ

4. มีความเปราะ คือ สามารถแตกหักได้ นั่นคือ เมื่อเม็ดสารขัดถูกใช้งานนาน ๆ เข้าก็สึกกร่อนไร้คม จึงควรจะแตกหักได้เพื่อให้เกิดคมใหม่ขึ้นมาแทนที่

5. ราคาถูก และหาได้ง่าย หรือผลิตได้ง่าย

ในทางปฏิบัติแล้วเป็นการยากที่จะหาสารซึ่งมีคุณสมบัติสมบูรณ์ครบถ้วนทุกอย่าง สารแต่ละชนิดอาจจะมีคุณสมบัติเด่นในบางข้อ และด้อยในบางข้อ ยากที่จะนำมาเปรียบเทียบกันได้

ชนิดของสารขัด

สารขัดมีอยู่หลายชนิด เช่น

1. หินทราย (Sand stone)ซึ่งเป็นสารขัดธรรมชาติซึ่งใช้กันมากในสมัยแรกเริ่มของยุคอุตสาหกรรม เพราะหาได้ง่าย แต่ในปัจจุบันไม่นิยมใช้เพราะคุณภาพไม่ดีพอแก่การใช้งาน

2. คอรันดัม (Corundum) ซึ่งเป็นออกไซด์ชนิดต่าง ๆ ของอลูมิเนี่ยมซึ่งมีอยู่ในธรรมชาติ มีคุณสมบัติในการใช้งานดีกว่าหินทราย แต่มีปัญหาที่ว่าคุณภาพของคอรันดัมที่ได้จากธรรมชาติมีคุณภาพไม่แน่นอน เป็นเหตุให้มีการแสวงหาวิธีการที่จะสังเคราะห์สารขัดขึ้นมาโดยกระบวนการทางเคมี โดยไม่ต้องอาศัยสารขัดจากธรรมชาติ เพราะสารที่สังเคราะห์ขึ้นมาจะมีคุณสมบัติแน่นอนกว่าสารจากธรรมชาติ

3.Aluminium Oxide ใช้สัญญลักษณ์แทนว่า A เป็นสารสังเคราะห์ได้จากห้องทดลองประมาณปี พ.ศ. 2440 และนำมาเป็นสารขัดและใช้กันอยู่มากในปัจจุบัน

4.Silicon carbide (SiC) ใช้สัญญลักษณ์ C เป็นสารสังเคราะห์ได้พร้อมๆกับ Aluminum Oxide และใช้กันมากในปัจจุบันเช่นกัน เป็นที่รู้กันว่า Aluminum Oxide อ่อนกว่า Silicon carbide แต่เหนียวกว่า จากประสบการณ์ในการเจียรนัยได้พบกันว่า สารขัด Aluminum Oxide เหมาะสำหรับใช้เจียรนัยในชิ้นงานที่เหนียว เช่น เหล็กกล้า ส่วน Slicon carbide เหมาะที่จะใช้ขัดชิ้นงานที่มีความเปราะ เช่น ชิ้นงานที่ทำจาก Chilled Cast Iron ,Ceramics และ แก้ว หรือ ใช้กับชิ้นงานที่อ่อน เช่น Aluminum ,Brass และ Copper เป็นต้น

5.เพชร (Diamond) ทั้งเพชรธรรมชาติและเพชรสังเคราะห์สามารถใช้ตัดชิ้นงานที่แข็งมากเป็นพิเศษได้ดี เช่นใช้ตัดใบมีด Carbide tool หรือใช้ขัดหินเพชร เป็นต้น สารที่แข็งมากหรือสึกกร่อนได้ยาก แต่ก็แตกหักยากเช่นกัน เมื่อใช้งานไปนานจนคมสึกหรอจนไม่คม ก็ต้องหาวิธีดึงเอาเพชรออกจากล้อเจียรไน เพชรมีข้อเสียคือ ราคาแพงจึงสงวนไว้ใช้เฉพาะงานพิเศษเท่านั้น และสารยึดที่จะใช้กับเพชรจะต้องแข็งแรง เช่น สารประเภท Resinoid Bonds หรือ Metallic Bonds เพชรใช้สัญญลักษณ์ D

6.Cubic Boron Nitride ใช้สัญญลักษณ์ CBN บางทีเรียกว่า Borazon เป็นสารขัดชนิดใหม่ซึ่งผลิตโดยบริษัท General Electric สาร CBN นี้แข็งกว่า aluminium oxide และ silicon carbide แต่อ่อนกว่าเพชร เม็ดผลึก CBN จะถูกเคลือบด้วย nickel ก่อนที่จะนำไปผสมกับสารยึดเพื่อทำเป็นล้อเจียระไน ทั้งนี้เพื่อให้สารยึดจับเม็ด CBN ทำปฏิกริยากับไอน้ำที่อุณหภูมิ 900 °C ดังนั้นจะใช้ล้อ CBN กับน้ำยาหล่อเย็นที่ผสมน้ำไม่ได้

สารยึด

(Rond Materials)

สารยึดควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. สารยึดจะต้องคงความแข็งแรง (strength) ที่อุณหภูมิสูง ทั้งนี้ก็เพราะว่าในการเจียระไนนั้นพื้นผิวของล้อเจียระไนจะมีอุณหภูมิสูง สารยึดจะต้องไม่อ่อนตัวและสูญเสียความแข็งแรง อีกประการหนึ่ง ก็คือว่าล้อเจียระไนจะหมุนด้วยความเร็วสูงและจะเกิดมีแรงหนีศูนย์ขึ้น ทำให้ล้อขยายตัว สารยึดจะต้องมี tensile strength สูงพอที่จะป้องกันมิให้ล้อแตกกระจายเพราะแรงหนีศูนย์

นอกจากนี้แล้วในการเจียระไนจะมีแรงกดระหว่างชิ้นงานกับล้อ สารยึดจะต้องมี compressive strength สูงพอที่จะไม่ทำให้ล้อแตกเพราะแรงกด

2. มีความสามารถที่จะยึดเม็ดสารขัดไม่ให้หลุดในขณะที่เม็ดสารขัดกำลังขูดหรือขัดผิวชิ้นงาน

3. มีความเปราะพอสมควร สามารถปล่อยให้เมล็ดสารขัดที่สึกหรอแล้วให้หลุดออกไปได้

4. มีความคงรูป (rigidity) สูง นั่นก็คือมีความยืดหยุ่น (elasticity) ต่ำ ทั้งนี้ก็เพราะต้องการให้ความลึกของรอยตัดมีค่าแน่นอนในการเจียระไนแต่ละครั้ง

5. จะต้องไม่ทำปฏิกริยาทางเคมีกับน้ำยาหล่อเย็น ในการเจียระไนมีอยู่บ่อยครั้งต้องมีการฉีดน้ำยาหล่อเย็นช่วยลดอุณหภูมิบริเวณรอยตัด สารยึดจะต้องไม่ทำปฏิกริยาเคมีกับน้ำยาหล่อเย็นซึ่งอาจมีผลให้ความแข็งแรงของสารยึดลดลง

6. ราคาถูกและหาได้ง่ายหรือ ผลิตได้ง่าย ซึ่งจะเป็นการลดต้นทุนในการผลิตล้อเจียระไนนั่นเอง

ในทางปฏิบัติแล้วเป็นการยากที่จะหาสารยึดให้มีคุณสมบัติครบถ้วนทุกประการได้สารยึดแต่ละชนิดที่ใช้กันจึงเหมาะสมแก่งานแต่ละอย่างต่าง ๆ กันออกไป

ประเภทของสารยึด

สารขัดมีมากมายหลายชนิด ที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันพอจะจำแนกออกได้เป็น 6 ประเภท ใหญ่ ๆ ดังต่อไปนี้

1. Vitrified Bonds (V) ใช้ตัว V เป็นสัญญลักษณ์ได้แก่สารยึดประเภท ceramics ซึงอาจผสมขึ้นจากดินเหนียว (clay) ดินขาว (porcelains) แก้ว (glass) หินฟันม้า (feldspar) หินเหล็กไฟ (flint) และสาร ceramics ประเภทอื่น ๆ สารเหล่านี้จะถูกนำมาผสมกับเม็ดสารยึดคลุกเคล้าให้เข้ากันดีแล้วก็นำไปหล่อในเบ้าที่อุณหภูมิสูง ล้อเจียระไนทิ้งไว้ให้แห้งและแข็งตัว หลังจากนั้นก็นำไปอบที่อุณหภูมิสุงประมาณ 750 °C เป็นเวลา 12 ถึง 14 วัน เพื่อให้สารยึดต่าง ๆ รวมตัวเข้าด้วยกันกลายเป็นสารที่มีลักษณะคล้ายแก้วคือเปราะ หลังจากนั้นก็นำล้อเจียระไนไปตกแต่งขนาดให้ถูกต้องต่อไป

Vitrified bonds เป็นสารยึดที่ใช้กันมากที่สุดคือ ประมาณ 75% ทั้งหมด และนิยมใช้ในงานทั่ว ๆ ไป

ข้อดี

ก. ล้อเจียระไนที่ใช้สารยึดแบบ vitrified bonds นี้จะแข็งแรงมากและมีโพรงอากาศ (pore)อยู่มาก การที่มีโพรงอากาศคยู่มากจะช่วยให้ล้อสามารถปล่อยเม็ดสารขัดให้หลุดออกจากล้อได้สะดวกจะทำให้เกิดมีคมใหม่ ๆ ของเม็ดสารขัดโผล่ขึ้นมาทำหน้าที่คมมีคอย่างรวดเร็ว

ข. สารยึดประเภทนี้ไม่ทำปฏิกริยากับกรดหรือด่างและไม่ไวต่อ ปฏิกริยาเคมี ดังนั้นจึงสามารถใช้ได้กับน้ำยาหล่อเย็นทุกชนิด

ข้อเสีย

ก. เนื่องจากต้องใช้อุณหภูมิในการหล่อหลอมสูง ล้อเจียระไนที่ทำจากสารยึดประเภทนี้อาจจะมีปัญหาเกี่ยวกับการบิดเบี้ยวอันเนื่องมาจากความร้อน (thermal distortion) ในขณะใช้งานและอาจทำให้เกิดการร้าวขึ้นได้

ข. ล้อที่ทำจาก vitrified bonds จะไม่สามารถทนแรงกดหรือแรงกระแทกได้มากนัก ทั้งนี้เพราะสารยึดเปราะและแตกร้าวง่าย

ค. ล้อประเภทนี้ผลิตได้ช้า ล้อแต่ละตัวใช้เวลาผลิตนานประมาณ 30 วัน

ง. ล้อประเภทนี้ใช้งานได้ที่ความเร็วที่ขอบล้อไม่เกิน 7000 ฟุตต่อนาที

2. Silicate bonds (S) เป็นสารยึดประเภท sodium silicate นำมาคลุกเคล้ากับเม็ดสารขัดแล้วหล่อเข้ารูปในเบ้า ทิ้งไว้ให้แห้งเป็นเวลาหลายชั่วโมง จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิประมาณ 270° C เป็นเวลา 20-80 ชั่วโมง แล้วนำไปแต่งให้ได้รูปร่างและขนาดตามต้องการ

ข้อดี

ก. Silicate bonds ปล่อยให้เม็ดสารขัดหลุดออกจากล้อได้ง่ายยิ่งกว่า ในกรณีของ Vitrified bonds เสียอีก จังทำให้มีคมใหม่ ๆ ของเม็ดสารขัดทำหน้าที่คมมีดแทนคมมีดเก่า ๆ ที่ทื่อและหลุดออกไปแล้วอย่างรวดเร็วแรงในการเนียระไน จึงมีค่าน้อยและอุณหภูมิในการเจียระไนจึงต่ำ ดังนั้นจึงเหมาะแก่การลับใบมีดตัดโลหะ เช่นมีดกลึง มีดกัด มีดไส และดอกสว่าน เพราะไม่ทำให้คมมีดไหม้ และยังนิยมใช้เจียระไนเหล็กกล้าชุบแข็ง (hardened steel) อีกด้วย

ข. ล้อประเภทนี้ผลิตได้รวดเร็วกว่าล่อที่ใช้ vitrified bonds

ข้อเสีย

ก. ล้อประเภทที่ใช้ silicate bonds สึกหรออย่างรวดเร็ว จึงไม่เหมาะกับงานทั่ว ๆ ไป สำหรับงานทั่วไปควรใช้ล้อประเภท vitrified bonds

ข. ในการใช้งานจะต้องตรวจสอบว่าน้ำยาหล่อเย็นไม่มี sodium hydroxide เจือปนอยู่ เพราะสารยึดประเภทนี้จะทำปฏิกริยาเคมีกับ sodium hydroxide

3. Rubber Bonds (R) เป็นสารยึดประเภทยาง (rubber) เจือปนด้วยกำมะถัน (sulfur) เล็กน้อย หลังจากผสมกับเม็ดสารขัดและทำเป็นรูปล้อแล้วจะผ่านกรรมวิธี vulcanizing เพื่อทำให้ยางแข็งและคงรูป ล้อชนิด rubber bonds นิยมใช้ทำเป็นแผ่นแบน ๆ (disc) ซึ่งใช้ในการติดชิ้นงานให้ขาดในการ cut-off operations หรือใช้ทำล้อควบคุม (control wheel) ในการเจียระไนแบบไร้ศูนย์ (centerless grinding operatings) เนื่องจากเมื่อยางได้รับความร้อนจะอ่อนตัวอย่างรวดเร็วและปล่อยให้เม็ดสารขัดหลุดออกอย่างง่ายดายจนเกินพอดี ดังนั้นจึงควรใช้น้ำยาหล่อเย็นในการเจียระไนด้วยล้อประเภทนี้

4. Shellac Bonds (E) ใช้ตัว E เป็นสัญญลักษณ์ ในการทำล้อเจียระไนเขาจะนำแต่สารขัดมาคลุกเคล้ากับ Shellsc อุ่นส่วนผสมให้ร้อน ส่วนผสมนี้จะเหนียวเหนอะหนะและไม่สามารถนำไปหล่อเข้ารูปได้ ดังนั้นจะต้องอัดส่วนผสมในเบ้าให้เป็นรูปตามต้องการแล้วอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 150-300°C

ล้อที่ทำจาก sheellac bonds จะมีความยืดหยุ่นสูงและสารยึดจะอ่อนตัวลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นซึ่งทำให้ล้อแบบนี้สามารถขัดพื้นผิวให้ราบเรียบเป็นมันแวววาวดีเป็นพิเศษ จึงนิยมใช้ในงานที่ต้องการพื้นผิวที่ราบเรียบกว่าปกติ เช่น ในการขัดผิวครั้งสุดท้าย และในการเนียระไน cam shaft ตลอดจนการเจียระไนร่องใน ball bearing และ valves (ลิ้น) ต่าง ๆ เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้ในการเจียระไนเหล็กกล้าที่ผ่านการชุบแข็งแล้วได้อีกด้วย

เป็นที่น่าสังเกตว่า shellac จะทำปฏิกริยากับต่าง ๆ ดังนั้นจึงไม่ควรใช้ล้อเจียระไนที่ทำจาก shellac bonds กับ cutting fluid ที่มีฤทธิ์เป็นด่าง

5. Resinoid Bonds (B) เป็นสารยึดที่ทำจากเรซิ่นสังเคราะห์ (synthetic resin) เช่น bakelite และ redmanal ในการผลิตล้อเขาจะนำเอาผงของ synthetic resin มาคลุกเคล้ากับเม็ดสารขัดและผสมตัวทำละลาย(liquid solven) เพื่อไปละลาย resin ส่วนผสมจะถูกนำไปอัดเข้ารูปแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิประมาณ 205 ถึง 260 °C ก็จะกลายเป็นล้อเจียระไน

สารยึดประเภท resinoid bonds มีความแข็งสูงและความแข็งแรงสูง ดังนั้นจึงทนต่อความเร็วสูง ๆ ได้ดี คือ ทนความเร็วที่ขอบล้อได้สูงถึง 16,000 ฟุตต่อนาที นิยมใช้ในการเจียระไนที่ต้องการขัดเอาเนื้อชิ้นงานออกอย่างรวดเร็ว ในการเจียระไนอย่างหยาบ การตัดชิ้นงานให้ขาดจากกัน ดังนี้เป็นต้น resinoid bonds จะทำปฏิกริยาเคมีกับต่าง ๆ ดังนั้นล้อเจียระไนชนิดนี้จึงไม่ควรใช้กับน้ำยาหล่อเย็นที่มีฤทธิ์เป็นด่าง

6. magnesio Bonds (Mg) หรือ Oxychloride bonds (O) สารยึดประเภทนี้ทำจาก oxides และ chlorides ของ magnesium สารยึดประเภทนี้ไม่ต้องอุ่นให้ร้อนก่อนจะอัดเข้ารูป แต่สามารถคลุกเคล้ากับเม็ดสารขัดแล้วอัดในเบ้าให้เป็นรูปล้อได้เลย แล้วปล่อยให้แข็งตัวที่อุณหภูมิธรรมดา เป็นที่น่าสังเกตว่า oxychloride bonds จะทำปฏิกริยากับ cutting fluid แทบทุกชนิด ดังนั้นจังต้องใช้ในการเจียระไนแห้ง ๆ โดยไม่ใช้ cutting fluid

7. Metallic Bonds (M) เป็นสารยึดประเภทโลหะต่าง ๆ มีความแข็งแรงสูงมากแต่จะไม่ใคร่ปล่อยเม็ดสารขัดให้หลุดจากล้อ ไม่ค่อยนิยมใช้กันมากนัก ยกเว้นในกรณีที่ใช้เพชร(diamond) เป็นสารขัดเท่านั้น

การใช้สารยึดประเภทโลหะจะมีปัญหามากเมื่อต้องการปล่อยให้เม็ดสารที่สึกหรอแล้วออกจากล้อ ดังนั้นแม้ในกรณีของล่อที่ใช้เพราะเป็นสารขัดบางครั้งก็จะใช้ resinoid bonds แทน metallic bonds

โครงสร้างของล้อเจียระไน
(Wheel Structure)

เพื่อที่จะเข้าใจถึงกระบวนการเจียระไนและสามารถใช้งาน กระบวนการนี้ให้ได้ประสิทธิภาพเต็มที่ ผู้ใช้นอกจากจะต้องเข้าใจถึงคุณสมบัติของสารขัดและสารยึดต่าง ๆ แล้วยังจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของล้อด้วย เป็นที่รู้กันแล้วว่าโครงสร้างของล้อเจียระไนจะประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วนคือ

1. สารขัด มีลักษณะเป็นเม็ดเล็ก ๆ
2. สารยึด ยึดเม็ดสารขัดเข้าเป็นรูปล้อเจียระไน

3. โพรงอากาศ (pores หรือ air gaps) ซึ่งมีลักษณะเป็นช่องหรือโพรงเล็ก ๆ กระจายอยู่ทั่วไปในล้อ

โครงสร้างทึบและโครงสร้างโปร่ง

ส่วนผสมโดยปริมาตรของล้อเจียระไนอาจแสดงได้โดยสมการต่อไปนี้

$$Q_a + Q_b + Q_p = 100$$

เมื่อ Q_a = เปอร์เซนต์โดยปริมาตรของสารขัด

Q_b = เปอร์เซนต์โดยปริมาตรของสารยึด

และ Q_p = เปอร์เซนต์โดยปริมาตรของสารโพรงอากาศ การควบคุมสัดส่วนต่าง ๆ ของล้อในระหว่างการผลิตล้อจะมีผลต่อความแข็งและคุณภาพของล้อเจียระไน

ถ้าโครงสร้างของล้อมีค่า Q_a สูง โครงสร้างนั้นจะเรียกว่า "โครงสร้างทึบ" (dense structure) หรือบางทีเรียกว่าclose structure) แต่ถ้าโครงสร้างมีค่า Q_aต่ำโครงสร้างนั้นก็จะเป็น " โครงสร้างโปร่ง" (open structure) นั่นก็คือเราจะใช้เปอร์เซนต์ของปริมาตรเม็ดสารขัดในล้อเจียระไนเป็นค่าที่ตัดสินว่าโครงสร้างนั้นทึบหรือโปร่ง

มีระบบที่ระบุความโปร่งของโครงสร้างอยู่หลายระบบ เช่น

1. ระบบ American Standard ระบุความโปร่งของโครงสร้างล้อด้วยตัวเลขลงตัวจาก 1 ถึง 15 ตัวเลขยิ่งมากแสดงว่ายิ่งโปร่งมาก

2. ระบบ Norton Standard ซึ่งเป็นระบบที่บริษัทผู้ผลิตล้อรายใหญ่กำหนดขึ้นใช้โดยกำหนดตัวเลขลงตัวจาก 0 ถึง 12 ตัวเลขยิ่งมากยิ่งแสดงว่าโปร่งมาก

โครงสร้างของล้อจะเปลี่ยนไปถ้าเปลี่ยนเปอร์เซนต์ปริมาตรของสารขัด (Q_a) และสารยึด (Q_a) ดังนั้นล้อซึ่งแสดงได้โดยสมการต่อไปนี้

$$(Q_a - d_1) + (Q_b + d) + Q_p = 100$$

จะมีค่าความโปร่งเพิ่มขึ้น 1 ระดับตัวเลขเหนือกว่าล้อที่แสดงไว้ในสมการ (2-1) ค่าของ d ในสมการ (2-2) จะถูกกำหนดโดยระบบที่ใช้ระบุความโปร่ง ซึ่งในระบบ Norton Standard ใช่ค่า d = 2 ในการจัดระดับโครงสร้าง

เกรดของล้อเจียระไน

(Wheel Grade หรือ Wheel Hardness)

ในการใช้งานผู้ใช้ต้องรู้ว่าล้อเจียระไนมีคุณสมบัติอย่าไร การแบ่งเกรดของล้อนั้นแบ่งตามความแข็ง (hardness) ของล้อ ซึ่งความแข็งของล้อส่วนใหญ่แล้วจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารยึด ในการจับเอาเม็ดสารขัดไว้ ล้อที่แข็ง (hard wheel) คือ ล้อที่สารยึดจับเม็ดสารขัดไว้แน่นและปล่อยให้เม็ดสารขัดหลุดออกง่าย ๆ ซึ่งการที่สารยึดจับเม็ดสารขัดไว้แน่นนี้จะทำให้ล้อมีความแข็ง และสึกหรอยาก ส่วนล้อที่อ่อน (soft wheel) คือล้อที่สารยึดจับเม็ดสารไว้ไม่แน่นนักและปล่อยให้เม็ดสารหลุดออกได้ไม่ยากนัก ซึ่งจะส่งผลให้ล้อสึกหรออย่างรวดเร็ว คาดคะเนว่าถ้าล้อมีเปอร์เซ็นต์ของสารยึดสูง และเปอร์เซ็นต์ของโพรงอากาศต่ำล้อจะแข็ง ถ้าเป็นไปในทางตรงกันข้ามล้อจะอ่อน ดั้งนั้นล้อที่แสดงโดยสมการข้างล่างนี้

$$Q_a + (Q_b + d_1) + (Q_p + d_1) = 100$$

จะมีความแข็งสูงกว่าล้อที่แสดงไว้ในสมการ (2-1) ในระบบ Norton Standard กำหนดว่าในการจำแนกเกรดของล้อ

การระบุเกรดหรือความแข็งของล้อนั้นระบุด้วยตัวอักษรจาก A ถึง Z อักษร A หมายถึงวงล้อที่อ่อนมาก สามารถปล่อยให้เม็ดสารขัดออกจากล้อโดยง่าย ซึ่งทำให้ล้อสึกหรออย่างรวดเร็ว ส่วนอักษร Z หมายถึง ล้อที่แข็งมากซึ่งไม่ใคร่จะปล่อยให้สารขัดหลุด และสึกหรอช้ามาก

จากการพิจารณาดูสมการ (2-2)และ(2-3) จะพบว่า Q_p คงที่ เมื่อโครงสร้างของล้อคงที่ และ Q_a คงที่ แต่ความเป็นจริงแล้วย่อมจะมีการคลาดเคลื่อนได้บ้าง

การระบุล้อเจียระไน

(Wheel Specification)

ระบบการระบุล้อเจียระไนมีหลายระบบเช่นระบบ American Standard และระบบ Norton Standard และระบบของชาติต่าง ๆ ระบบเหล่านี้มีความคลายคลึงกันมาก และมีหลักกว้าง ๆ คือ จะระบุล้อด้วยตัวอักษรและตัวเลขเรียงตามลำดับดังนี้

1. **ชนิดของสารขัด** (abrasive type) แสดงด้วยตัวอักษรดังต่อไปนี้

A = alrminium oxide

c = silicon carbide ในระบบ International standard

บางครั้งผู้ผลิตล้อจะเติมตัวเลขหรือตัวอักษรข้างหน้าสัญญลักษณ์ A หรือ C เพื่ออธิบายรายละเอียดบางประการ ตัวอย่าง เช่น

WA = white aluminium oxide มีสีขาว

GC = green grit silicon carbide มีสีเขียว

23A = aluminium oxide ชนิดที่ "23" ซึ่งเป็นตัวเลขรหัสลับของผู้ผลิต

39C = silicon carbide ชนิด "39" ซึ่งตัวเลขเป็นรหัสลับของผู้ผลิตเช่นกัน

2. ขนาดของเม็ดสารขัด (grain size) แสดงด้วยตัวเลขแสดงความละเอียดของเม็ด ตัวเลขน้อยแสดงว่าละเอียดน้อยหรือหยาบมาก ตัวเลขมากแสดงว่าละเอียดมากมีลำดับตังเลขดังนี้

ขนาด	ตัวเลข
หยาบ (coarse)	10, 12, 14, 16, 20, 24,
ปานกลาง (medium)	30, 36, 46, 54, 60
ละเอียด (fine)	70, 80, 100, 120, 150, 180
ละเอียดมาก (very fine)	220, 240, 280, 320, 400, 500, 600

3. เกรดของล้อ (wheel grade) แสดงด้วยตัวอักษรจาก A ถึง Z โดย A เป็นล้อที่อ่อนที่สุดคือสึกหรอเร็วที่สุด ส่วน Z เป็นล้อที่แข็งที่สุดและสึกหรอช้าที่สุด

A B C D E G H	I J K L M N O P	Q R S T U V W X Y Z
ล้ออ่อน	ล้อแข็งปานกลาง	ล้อแข็ง

4. โครงสร้างของล้อ (Wheel Structure) โครงสร้างของล้อแสดงด้วยตัวเลขลงตัว ล้อที่ผลิตในอเมริกาจะใช้ตัวเลข 1 ถึง 15 ล้อที่ผลิตโดยบริษัท Norton ในอเมริกาใช้เลข 0 ถึง 12 ซึ่งแต่ละระบบแตกต่างกันไม่มากนัก ตัวเลขมากแสดงว่าโครงสร้างโปร่ง คือปลอดโปร่งจากเม็ดสารขัด ๆ มาก ตัวเลขน้อยแสดงว่าโปร่งน้อยหรือทึบ ดังที่ได้เคยกล่าวมาแล้ว

ในระบบมาตรฐานของอเมริกานั้น จำแนกได้ว่า

1 ถึง 8 = โครงสร้างทึบ (dense structure)

9 ถึง 15 = โครงสร้างโปร่ง (open structure)

ในระบบอื่นก็มีความคล้ายคลึงกัน ไม่แตกต่างกันมากนัก ถ้าโครงสร้างทึบล้อจะแข็งและสึกยาก ถ้าโครงสร้างโปร่งล้อจะสึกง่าย ล้อที่ขายตามท้องตลาดบางครั้งจะไม่บอกโครงสร้าง เพราะ

มาตรฐานไม่ได้บังคับว่าผู้ผลิตจะต้องระบุโครงสร้างไว้ด้วย แต่ถ้าเป็นล้อชนิดดีหรือผู้ผลิตมีชื่อเสียงก็มักจะระบุโครงสร้างเอาไว้

5. ชนิดของสารยึด (Type of bond) ใช้สัญญลักษณ์ตามที่เคยอธิบายมาแล้ว คือ V = vitrified , S = silicate, R = rubber , E = shellac, B = resinoid, Mg = magnesia หรือ oxychloride และ M = metallic.

6. สัญญลักษณ์ของผู้ผลิต (Manufacturer s symbol) ผู้ผลิตอาจจะเติมตัวอักษร ตัวเลขหรือสัญญลักษณ์อื่น ๆ ต่อท้ายสัญญลักษณ์สารยึดด้วยจุดประสงค์บางอย่างก็ได้

ตัวอย่างการระบุล้อเจียระไน

จะขอยกตัวอย่างมาพิจารณาพอเป็นแนวทางทำความเข้าใจดังต่อไปนี้

ตัวอย่างที่1

ล้อเจียระไนล้อหนึ่งมีสัญญลักษณ์ประทับไว้ที่ด้านข้างว่า A54 - H8V จงแปลความหมายเหล่านี้

เราสามารถทำการวิเคราะห์สัญญลักษณ์โดยอ่านจากซ้ายไปขวา โดยถืออักษรตัวแรกคือ A เป็นจุดเริ่มต้น แล้วพิจารณาตัวเลขที่อยู่ถัดไปทางขวาคือ 54 จากนั้นแปลความหมายของตัวอักษร H แล้วเลข 8 และสิ้นสุดด้วยการแปลความหมายของตัวอักษร V

โดยการแปลความหมายดังกล่าวนี้เราสามารถกล่าวได้ว่าล้อเจียระไนล้อ นี้มีสารขัดเป็น aluminium oxide โดยดูจากสัญญลักษณ์ A เม็ดสารมีขนาด 54 ซึ่งจัดว่าหยาบหรือละเอียดปานกลาง เกรดความแข็งของล้อ H แสดงว่าจัดว่าเป็นล้ออ่อน โครงสร้างหมายเลข 8 เป็นโครงสร้างที่จัดว่าโปร่งแต่อยู่ใกล้เคียงกับปานกลาง สารยึดเป็นประเภท vitrified โดยทราบจากสัญญลักษณ์ V

ตัวอย่างที่ 2

ล้อเจียระไนมีสัญญาลักษร์ระบุว่า 61A46 - H8VBE หมายความว่าอย่างไร

วิธีอ่านสัญญาลักษณ์ให้เริ่มโดยการพิจารณาดู " กลุ่มตัวอักษร ทางซ้ายมือกลุ่มแรก " ก่อนกลุ่มตัวอักษรหมายความถึงทั้งตัวเลขและตัวอักษรหมายความถึงทั้งตัวเลขและตัวอักษร นับจากซ้ายไปขวา ไปจบลงที่ตัวอักษรซึ่งมีตัวเลขอยู่ทางขวามือ ในกรณีนี้ 61A เป็นกลุ่มตัวอักษรกลุ่มแรก

61A 46 - H 8 V B E

กลุ่มตัวอักษรกลุ่มแรก

ตัวแรก 61 เป็นรหัสที่ผู้ผลิตตั้งขึ้นเพื่อใช้อธิบายว่าเม็ดขัดสาร นั้นมีความหมายพิเศษเพิ่มเติมอย่างไร แต่รหัสนี้เป็นความลับของผู้ผลิต จึงไม่อาจทราบความหมายที่แท้จริงได้ อักษรตัวสุดท้ายที่มีตัวเลขอยู่ทางด้านขวามือ คือ A เป็นสัญญาลักษณ์แสดงว่าสารขัดเป็น aluminium oxide ตัวเลขที่อยู่ถัดไปคือ 46 บอกว่าขนาดเม็ดสารหยาบปานกลาง ตัวอักษรถัดไปคือตัว H บอกว่าเกรดความแข็งของล้อจัดว่าเป็นล้ออ่อน อักษร V หมายความว่าสารยึดเป็น vitrified bonds สัญญลักษณ์ถัดไปทางขวาจากนั้นคือ BE เป็นสัญญลักษณ์ของผู้ผลิต ซึ่งเราไม่อาจทราบในรายละเอียดของความหมาย

ตัวอย่างที่ 3

สัญญลักษณ์ GC16 - P4S35 บนล้อเจียระไนหมายความว่าอย่างไร

ในการอ่านสัญญลักษณ์เราจะทำการแบ่งสัญญลักษณ์เป็นกลุ่ม ๆ คล้ายในตัวอย่างที่ 2 ดังต่อไปนี้

GC 16 - P 4 S 35

กลุ่มอักษรกลุ่มแรก คือ GC หมายความว่าสารขัดเป็นสารประเภท green grit silicon carbide เลข 16 บอกว่าขนาดสารขัดจัดว่าหยาบ อักษร P บอกให้ทราบว่าเกรดของล้อเป็นประเภทแข็งปานกลาง เลข 4 แสดงว่าโครงสร้างของล้อเป็นแบบทึบ อักษร S บอกว่าสารยึดเป็นประเภท silicate bonds ส่วนตัวเลข 35 เป็นรหัสของผู้ผลิตซึ่งไม่ทราบความหมาย

ล้อเพชร

(Diamond Wheels)

ล้อเจียระไนซึ่งใช้เพชร (diamond) เป็นสารขัดมีโครงสร้างคล้าย ๆ กับล้อเจียระไนที่ใช้สารขัดประเภทอื่น ๆ และใช้ความหนาแน่นของเม็ดเพชรต่อปริมาณของล้อเป็นการตัดสินโครงสร้างว่าทึบหรือโปร่งเช่นเดียวกัน เพียงแต่ว่าในกรณีของล้อเพชรความหนาแน่นของเม็ดเพชรจะมีผลโดยตรงกับอัตราการขัดเนื้อสารขึ้นงานออกจากขึ้นงานเด่นขัดกว่าสารขัดชนิดอื่น ๆ กล่าวคือยิ่งความหนาแน่นของเม็ดเพชรสูงเท่าไรอัตราการขัดยิ่งสูงขึ้นเท่านั้น

ความทึบ (ไม่ใช่ความโปร่งเหมือนกรณีสารขัดอื่น ๆ) ของโครงสร้างล้อเพชรแสดงด้วยตัวเลขสูงสุดเป็น 100 ซึ่งหมายถึงความหนาแน่นที่มีเพชร 72 กะรัดต่อลูกบาศก์นิ้วของเนื้อล้อส่วนตัวเลขขลุดหลั่นมาแสดงถึงความหนาแน่นของเพชรที่ลดลงมาตามส่วน เช่น

50 หมายความว่าความหนาแน่นของเพชร 36 กะรัดต่อลูกบาศก์นิ้ว

25 หมายความว่าความหนาแน่นของเพชร 18 กะรัดต่อลูกบาศก์นิ้ว

การระบุล้อเพชรใช้สัญญลักษณ์คล้าย ๆ กับล้อประเภทอื่น ๆ เพียงแต่มีการระบุความทึบของโครงสร้างด้วยระบบตัวเลขดังกล่าวแล้ว นอกจากนี้ยังนิยมระบุความลึกของผิวของล้อที่ฝังเม็ดเพชรไว้ (หน่วยเป็นนิ้ว) เป็นสัญญลักษณ์ตัวสุดท้ายคือถัดไปทางขวามือของสัญญลักษณ์ของ bond materials เช่น

1/8 หมายความว่าฝังเม็ดเพชรไว้ลึก 1/8 นิ้ว

1/4 หมายความว่าฝังเม็ดเพชรไว้ลึก 1/4 นิ้ว

(ไม่ระบุ) หมายความว่าล้อล้อเจียระไนเป็นเพชรทั้งก้อนตัวอย่าง เช่น

MD 100 - P 100B 1/8

ซึ่ง M เป็นสัญญลักษณ์รหัสของผู้ผลิต D หมายถึง สารยึดเป็นเพชร

100 หมายถึง ขนาดของเม็ดสารขัด P บอกเกรดของล้อ

100 บอกถึงความหนาแน่นของเพชร 72 กะรัดต่อลูกบาศก์นิ้ว

B หมายถึงสารยึดประเภท resinoid 1/8 บอกว่าฝังเพชรไว้ลึก 1/8 นิ้ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ.

- รายละเอียดปัญหาต่างๆในการชุบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปัญหาต่างๆในการอบชุบโลหะ

แม้ว่าจะเหล็กที่คิดว่าดีและเหมาะสมที่สุดแล้ว แต่อาจจะเกิดปัญหาขึ้นได้ได้ว่า เครื่องมือที่ผลิตขึ้นมามีอายุการใช้งานสั้นกว่าปกติ ซึ่งจากประสบการณ์ ถ้าหากการผลิตและการใช้งานถูกต้องแล้ว เครื่องมือดังกล่าวจะใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การวิเคราะห์ว่าทำไมอายุการใช้งานของเครื่องมือต่างๆจึงสั้นกว่าปกติ นั้นเรียกว่า Trouble Shooting ซึ่งนับว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญในการศึกษาพฤติกรรมของเครื่องมือ

จากประสบการณ์พบว่าเครื่องมือต่างๆ ที่เสียหายนั้นประมาณ 95 % มีสาเหตุมาจากการผลิตเครื่องมือ การอบชุบและการตัดแต่ง ส่วนข้อบกพร่องเนื่องจากผู้ผลิตเหล็กเครื่องมือนั้นน้อยมาก

สาเหตุที่สำคัญที่ทำให้เครื่องมือต่างๆเสียหาย อาจแบ่งได้ดังนี้คือ

1. การออกแบบไม่ดี ทำให้เกิดความเค้นมากเกินไป
2. อบชุบไม่ดี ทำให้เกิดโครงสร้างที่ไม่เหมาะสม
3. เจียระไนไม่ดี ทำให้เกิดความเค้นภายในและเกิดรอยร้าวตามผิวงาน

1.6.1 ปัญหาเนื่องจากการออกแบบ

การออกแบบเครื่องมือต้องหลีกเลี่ยงมุมคม , ผนังบาง หรือลักษณะอื่นใดที่จะทำให้เกิด Notch efect โดยส่วนใดที่จะเปลี่ยนทิศทางหรือขนาดควรออกแบบให้เป็นมุมมน ถ้าเครื่องมือต้องประกอบกับส่วนอื่น ต้องไม่เป็นสเหตุให้เกิดความเค้นในชิ้นส่วนอื่นในรูปต่อไปนี้เป็นตัวอย่างงานที่เสียหายเนื่องจากการออกแบบไม่ดี

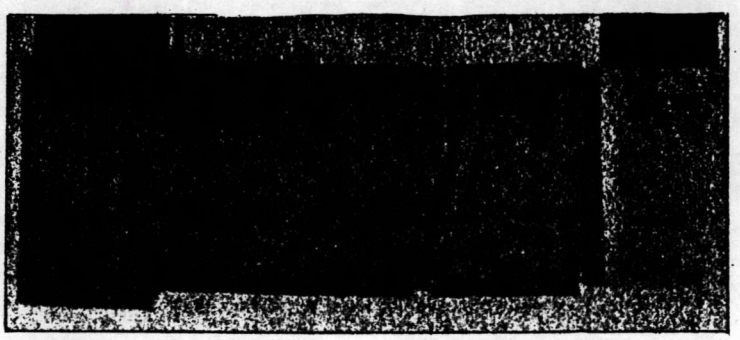
ในรูปที่ 1 เป็นเครื่องมือทีทำจากเหล็กคาร์บอนสูง , โครเมียมสูง ,แต่ออกแบบไม่ดีโดยผนังที่ก้นรูเกลียวบางเกินไป ขณะใช้งานจึงรับความเค้นสูงมากและแตก

รูปที่ 1 ผิวรอยแตกของพิมพ์ที่ทำด้วยเหล็กคาร์บอนสูง-โครเมี่ยมสูง ซึ่งแตกขณะใช้งานเนื่องจากการออกแบบไม่ดี ก้นรูเกลียวบางมากจึงเกิดความเค้นสูงเกินไป

ในรูปที่ 2 เป็นพั้นช์ทำด้วยเหล็กไฮสปีด แต่ออกแบบไม่ดีจึงแตกร้าวขณะอบชุบ พั้นช์ดังกล่าวมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 1/2 นิ้ว ยาว 5 นิ้ว แต่ส่วนบางมีความยาว 2 1/2 นิ้ว และหนาที่สุดเพียง 9/16 นิ้ว ซึ่งจะเห็นว่าในพั้นช์ตัวเดียวกัน แต่มีความหนาแตกต่างกันมากจึงเกิดความเค้นสูง และแตกขณะอบชุบ

รูปที่ 2 พั้นช์ทำด้วยเหล็กไฮสปีด ซึ่งแตกขณะอบชุบเนื่องจากความหนาแน่นแตกต่างกันมากเกินไป

การตอกเบอร์บนเครื่องมือต่างๆก็เช่นกันต้องใช้ความระมัดระวังหากตอก เบอร์ลึกเกินไป จะกลาย เป็นแหล่ง สะสม ความเค้น ซึ่งเป็นจุดอ่อนของ เครื่องมือ



ในรูปที่ 3 แสดงพิมพ์ที่แตกเนื่องจากตอกเบอร์ลึกเกินไป

ในรูปที่ 4 เป็นพิมพ์งานร้อน ทำด้วยเหล็ก 5%Cr แต่เนื่องจากพิมพ์แตกร้าวได้ง่าย

ในกรณีพิมพ์ที่มีหลายชิ้นส่วนประกอบกัน Die holder จะมีโอกาสแตกร้าวเช่นเดียวกัน เช่น ในรูปที่ 5 เป็น Die holder ทำด้วยเหล็กงานร้อน 5% Cr ขณะพยายามประกอบพิมพ์ปั๊มขึ้นหัวงานขณะเย็นเข้ากับ Die holder นั้นจะเกิดความเค้นสูงเกินไป Die holder จึงแตกร้าวเป็นรอยลึก

รูปที่ 5 Die holder ของพิมพ์ปั๊มขึ้นหัวงานขณะเย็น ซึ่งแตกขณะประกอบพิมพ์เข้ากับ Die holder เนื่องจากการออกแบบไม่ดี Die holder จึงมีความเค้นสูง

1.6.2 ปัญหาเนื่องจากการอบชุบ

ปัญหาสำคัญอีกอย่างหนึ่งที่ทำให้เครื่องมือเสียหายคือ การอบชุบที่ไม่ถูกวิธีซึ่งปัญหาแรกของการอบชุบได้แก่การควบคุมอุณหภูมิ ถ้าอบที่อุณหภูมิสูงเกินไปเครื่องมือจะร้อนจัด (Overheat) เนื้อหยาบ และเสียหายเร็วกว่าปกติมีดเซาะร่อง (Broach) ทำด้วยเหล็กไฮสปีด M2 (650) เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 3/4 นิ้ว เกิดรอยแตกร้าวขณะอบชุบ เมื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องทดลองพบว่ามีดเซาะร่องนั้นได้รับความร้อนไม่สม่ำเสมอ รูปที่ 6 (ซ้าย) เป็นโครงสร้างปกติ ซึ่งพบที่ปลายด้านหนึ่งของมีดเซาะร่อง ส่วนในรูปที่ 6 (ขวา) เป็นโครงสร้างของเหล็กที่ได้รับความร้อนสูงเกินไป (Overheat) ซึ่งพบในบริเวณปลายอีกด้านหนึ่ง โครงสร้างดังกล่าวมีคาร์ไบด์เกาะอยู่ตามขอบเกรนทั่วไป ซึ่งเป็นลักษณะของโครงสร้างเหล็กผสมสูงเมื่อร้อนจัด แสดงว่าอุณหภูมิในเตาไม่สม่ำเสมอ และบางส่วนมีอุณหภูมิสูงเกินไป

รูปที่ 6 โครงสร้างของมีดเซาะร่อง (Broach) ซึ่งทำด้วยเหล็กไฮสปีด M2, 400X (ซ้าย) โครงสร้างปกติของเหล็กไฮสปีด M2 ที่ร้อนจัดเกินไป (Overheat) พบที่ปลายด้านตรงข้ามกับรูปซ้ายมือ ในรูปขวาจะมีคาร์ไบด์จำนวนมากมาเกาะกลุ่มกันอยู่ตามขอบเกรน จะเห็นว่าถ้าอุณหภูมิภายในเตาไม่สม่ำเสมอ จะทำให้งานชิ้นเดียวกันมีโครงสร้างแตกต่างกัน

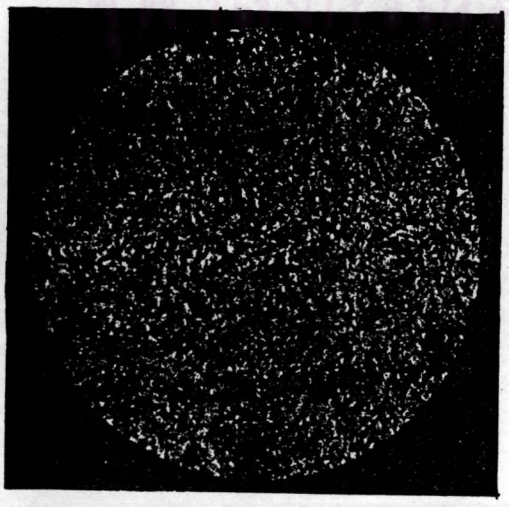
ตัวอย่างเครื่องมืออีกชนิดหนึ่งที่ทำด้วยเหล็กไฮสปีด M2 คือพั้นซ์ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/4 นิ้ว ยาว 3 นิ้ว หลังจากสึยหายแล้วนำไปตรวจสอบ พบว่ามีโครงสร้างจุลภาคดังแสดงในรูปที่ 7 ซึ่งประกอบด้วยมาร์เทนไซท์แท่งเข็ม (แสดงว่าอบคืนไฟไม่ดี)ขนาดเกรนและคาร์ไปหยาบ (แสดงว่างานร้อนจัด)

ปัญหาเกี่ยวกับ Overheat ไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะกับเหล็กไฮสปีดเท่านั้น ดังรูปที่ 8 แสดงโครงสร้างจุลภาคของพิมพ์ที่ทำจากเหล็กเครื่องมือคาร์บอนที่เสียหายเนื่องจากอบที่อุณหภูมิสูงเกินไป และอบคืนไฟไม่เหมาะสม

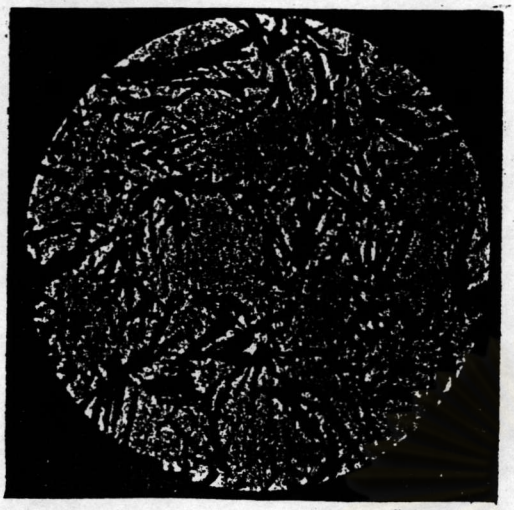
นอกจากนี้การอบเครื่องมือที่ทำด้วยเหล็กไฮสปีดที่อุณหภูมิสูงเกินไป ยังมีโอกาสเกิดรอยแตกเกล็ดปลา (fish scale) ดังแสดงในรูปที่ 9 แต่เอ็กสาเหตุหนึ่งอาจเกิดจากการทำงานที่อบชุบแล้วไปอบชุบอีกครั้งหนึ่งโดยไม่ได้อบอ่อนเสียก่อน

ปัญหาอีกอย่างหนึ่งที่มักเกิดขึ้นในการอบชุบโลหะเสมอ ได้แก่การควบคุมบรรยากาศในเตา ถ้าหากบรรยากาศภายในเตาไม่เป็นกลางมักจะเกิดปัญหาขึ้นกับผิวงานเสมอ เช่นผิวงานอาจได้คาร์บอนมากขึ้น (Carburization) หรือสูญเสียคาร์บอน (Decarburization) ถ้าผิวงานได้รับคาร์บอนมากขึ้นจะมีออสเทนไนท์ตกค้างมากเกินไป งานมีโอกาสเสียหายเร็วกว่าปกติ รูปที่ 10 เป็นด้ามที่ทำจากเหล็ก ไฮสปีด M2 เส้นผ่านศูนย์กลาง 7/16 นิ้ว เสียหายขณะใช้งาน ผลจากการวิเคราะห์ปรากฏว่าผิวงานมีออสเทนไนท์ตกค้างเป็นบริเวณที่ได้รับคาร์บอนเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน แต่ปริมาณคาร์บอนไม่สูงพอที่จะเกิดออสเทนไนท์ตกค้าง หลังจากกัดผิวจึงมีสีดำ และถัดเข้าไปอีกเป็นโครงสร้างปกติของเหล็ก M2

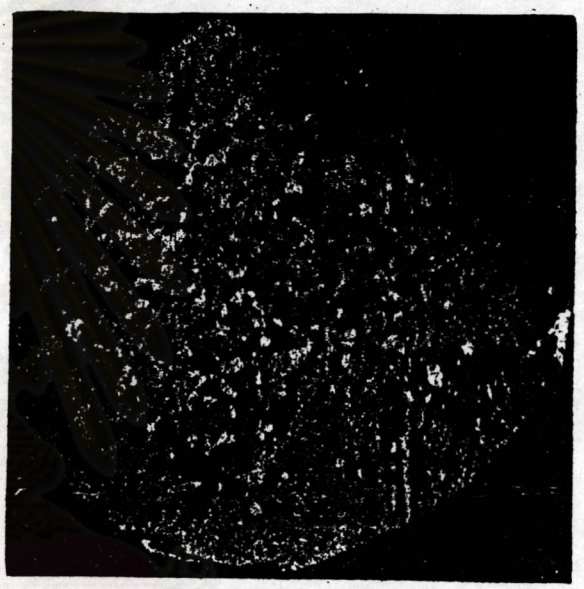
ถ้าควบคุมบรรยากาศภายในเตาไม่ดีขณะอบ จะทำให้ผิวเครื่องมือสูญเสียคาร์บอน (decarburization) ซึ่งเป็นสาเหตุของการแตกร้าวขณะอบชุบ และอายุการใช้งานสั้นเนื่องจากผิวงานสูญเสียความแข็งแรงและความต้านทานการสึกหรอ รูปที่ 11 แสดงโครงสร้างผิวของ form cutter ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 1/2 นิ้ว กว้าง 7/16 นิ้ว ทำด้วยเหล็กไฮสปีด T1 (610) และสูญเสียคาร์บอนที่ผิวขณะอบชุบ ชั้นสีขาวบนผิวงานคือเฟอร์ไรท์ลึกประมาณ 0.003 นิ้ว



รูปที่ 7 โครงสร้างจุลภาคของพั้นซ์ทำด้วยเหล็ก M2, 375X , ซึ่งอบอุณหภูมิสูงเกินไปและอบคืนไฟไม่พอ



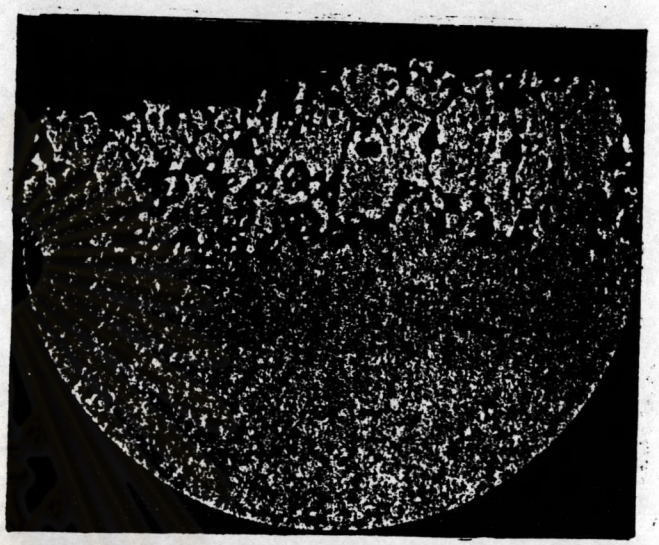
รูปที่ 8 โครงสร้างจุลภาคของเหล็กเครื่องมือคาร์บอน ซึ่งทำเป็นพิมพ์และแตกขณะอบชุบ, 375X ขนาดเกรนรอยแตกเบอร์ 5 ซึ่งค่อนข้างหยาบ แสดงว่ารอยแตกร้าวเกิดขึ้นเนื่องจาก OVER HEAT



รูปที่ 9 โครงสร้างเกล็ดปลาในเหล็กไฮสปีด (เกรนจะเติบโตไม่ต่อเนื่องกัน) ซึ่งทำให้เครื่องมือเสียหายก่อนที่กำหนด

บางครั้งงานชิ้นเดียวกันอาจได้รับคาร์บอนเพิ่มขึ้น และสูญเสียคาร์บอนดังในรูปที่ 12 เป็นโครงสร้างของมีดเซาะร่องทำด้วยเหล็กไฮสปีด T2 (611) ขนาด 2X 5/8*10 นิ้ว ซึ่งปรากฏว่าที่ผิวสูญเสียคาร์บอนอาจเนื่องจากการอบชุบ, รีดร้อน หรือตีขึ้นรูป เมื่อนำไปอบผิวงานจะได้รับคาร์บอนสูงขึ้นจนมีจุดหลอมเหลวต่ำลง และเยิ้มตัวแม้จะอบชุบที่อุณหภูมิปกติ เมื่อนำงานออกจากเตาอบชุบนั้น ผิวงานส่วนที่หลอมจะแข็งตัว และเกิดโครงสร้างกิ่งไม้ดังโครงสร้างชั้นบนสุดในรูปที่ 1.22 ชั้นถัดลงมาเป็นโครงสร้างที่ได้รับคาร์บอนเพิ่มขึ้นค่อนข้างรุนแรงเช่นเดียวกัน ส่วนเขตที่สามถัดลงมาอีกเป็นโครงสร้างที่สูญเสียคาร์บอนแต่เดิม และชั้นที่สี่ (ล่างสุด) เป็นโครงสร้างปกติของเหล็ก T2 เมื่อผิวงานได้รับคาร์บอนเพิ่มขึ้นอย่างรุนแรงจนกระทั่งผิวงานเยิ้มตัว ผิวงานจะมีลักษณะเหมือนรอยย่น ดังรูปที่ 1.23 ซึ่งสังเกตุเห็นได้ชัดเจน แม้กระทั่งตรวจสอบด้วยสายตา

รูปที่ 10 โครงสร้างที่ผิวดอกต๊าปทำด้วยเหล็กไฮสปีด M2 ซึ่งเสียหายขณะใช้งาน,500X, ผิวงานได้รับคาร์บอนเพิ่มขึ้น (Carburization) จึงมีออสเทนไนท์ตกค้างที่ผิวงาน



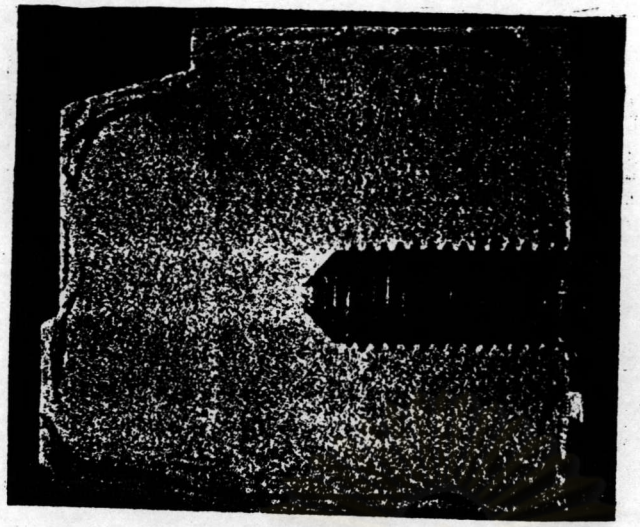
รูปที่ 11 บริเวณสีขาวชั้นบนเป็นผิว From Tool ที่ทำด้วยเหล็ก T1 และสูญเสียคาร์บอน

รูปที่ 12 โครงสร้างจุลภาคของมีดเซาะร่องทำด้วยเหล็ก T2 ซึ่งตอนแรกสูญเสียคาร์บอนพอนำไปอบชุบจะได้รับคาร์บอนเพิ่มขึ้น

สภาวะบรรยากาศขณะอบชุบ ยังมีผลกระทบกระเทือนต่อเหล็กชนิดอื่นนอกเหนือจากเหล็กไฮสปีด โรงงานหลายแห่งมักจะมีปัญหาเกี่ยวกับการบำรุงรักษาเครื่องมือที่ใช้แปรรูปงานร้อนเสมอ ซึ่งบางครั้งปัญหาดังกล่าวมีสาเหตุสืบเนื่องมาจากการควบคุมบรรยากาศภายในเตาขณะอบชุบ เช่นพิมพ์ในรูปที่ 16 จะมีโครงสร้างสีขาวที่บริเวณบ่า ซึ่งแสดงว่าเป็นบริเวณที่สูญเสียคาร์บอน และจะเห็นได้ชัดเจนในรูปที่ 17 พิมพ์ดังกล่าวอบในเตาควบคุมบรรยากาศ

การอบชุบเหล็กเครื่องมือบางชนิดที่มีความสามารถชุบแข็งตื้น เช่นเหล็กเครื่องมือคาร์บอน (W) ผิวงานที่ชุบแข็งแล้วอาจมีความแข็งไม่สม่ำเสมอ บางจุดอาจจะอ่อนเกินไป (Soft spot) เหล็กเครื่องมือคาร์บอน (W1 ,W2) ต้องชุบแข็งด้วยน้ำ ดังนั้นต้องตระหนักเสมอว่าขณะชุบจะมีม่านไอน้ำเกาะตามผิวงาน ถ้าชุบงานในน้ำนิ่งม่านไอน้ำจะเกาะผิวงานตลอดระยะการเย็นตัว ทำให้บริเวณม่านไอน้ำนั้นเย็นตัวช้ากว่าส่วนอื่นที่ไม่มีม่านไอความแข็งจึงต่ำ เรียกว่า Soft spot รูปที่ 18 เป็นตัวอย่างงานที่เกิดจุดอ่อนบริเวณที่อบชุบได้ถูกต้องนั้นมีความแข็ง 63 HRC ส่วนบริเวณที่มีจุดอ่อนนั้น มีความแข็งเพียง 45HRC การเกิดจุดอ่อนดังกล่าว สามารถหลีกเลี่ยงได้โดยการเคลื่อนไหวชิ้นงานหรือทำให้สารชุบเคลื่อนไหว เพื่อไล่ม่านออกจากผิวงาน ทำให้สารชุบสัมผัสผิวงานทุกส่วนพร้อมกัน งานจึงเย็นตัวสม่ำเสมอ และมีความแข็งเท่ากันทุกส่วน

รูปที่ 16 ผิวงานสูญเสียคาร์บอน (decarburized) เนื่องจากควบคุมบรรยากาศบนเตาไม่ดี (ดูรูปที่ 17)



รูปที่ 18 ลักษณะหน้าตัดของเหล็กเครื่องมือคาร์บอนที่เกิดจุดอ่อนขณะอบชุบ

1.6.3 ปัญหาเนื่องจากการเจียระไน

แม้ว่าจะออกแบบและอบชุบเครื่องมือได้ถูกต้องแล้วก็ตาม แต่เครื่องมืออาจใช้งานได้ไม่ดีเท่าที่ควร หรือเสียหายเร็วกว่าปกติถ้าหากเจียระไน (หลังอบชุบ) ไม่ถูกวิธีลักษณะที่เสียหายเนื่องจากการเจียระไนนั้น จะเห็นได้ชัดเจนหลังจากกัดผิว รูปที่ 20 เป็นพิมพ์ปั๊มขึ้นรูปทำด้วยเหล็กคาร์บอนสูงที่เสียหายขณะใช้งาน เมื่อตรวจสอบโดยการกัดผิวแล้วปรากฏว่าการเสียหายนั้นเกิดขึ้นเนื่องจากเจียระไนไม่ถูกวิธี

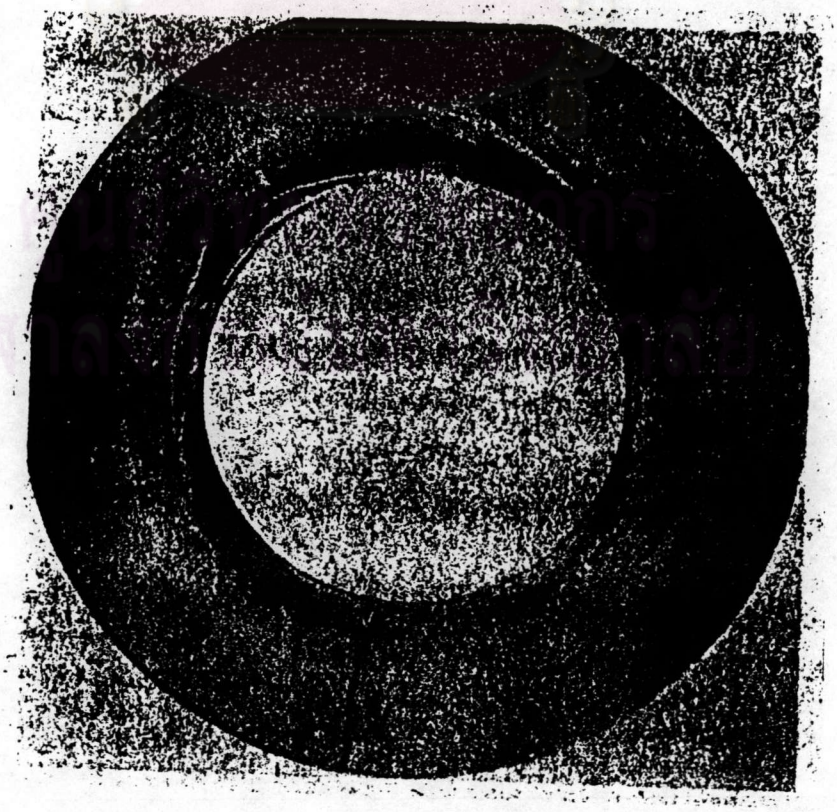
รูปที่ 17 โครงสร้างจุลภาคของผิวพิมพ์ที่สูญเสียคาร์บอนดังแสดงในรูปที่ 16, 300X ดอกต๊าปเกลียวแอ็กเม่ทำด้วยเหล็ก T1 (610) ถ้าหากเจียระไนไม่ถูกวิธี จะเกิดรอยร้าวดังแสดงในรูปที่

มีดซอยแผ่นโลหะ (Slitter knife) ทำด้วยเหล็กคาร์บอนสูงโครเมียมสูง หากเจียระไนไม่ถูกวิธี จะกระเทาะและหลุดออกมาขณะใช้งาน เมื่อตรวจสอบดูพบว่ามีรอยร้าวจำนวนมากปรากฏตามผิวงาน ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการเจียระไนไม่ถูกวิธี ดังแสดงในรูปที่ 22

การเจียระไนเหล็กเครื่องมือต้องทำด้วยความระมัดระวัง ไม่กินลึกเกินไป และไม่เจียระไนจนเกินความร้อนมากเกินไป เพราะจะทำให้งานไหม้และแตกร้าวได้ง่าย ถ้าเหล็กแข็งต้องเจียระไนด้วยหินชนิดอ่อนเหล็กอ่อนสามารถเจียระไนด้วยหินชนิดแข็ง

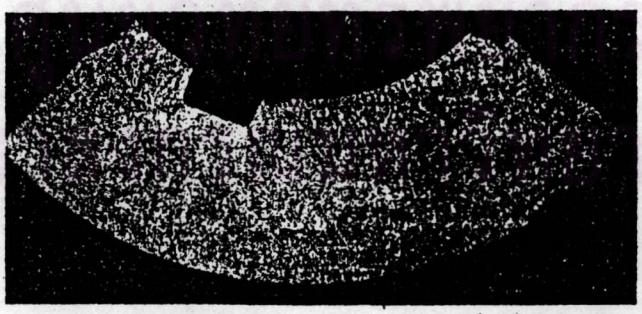
ตัวอย่างที่กล่าวมานี้เป็นปัญหาที่มักพบอยู่เสมอในงานอุตสาหกรรม และในทางปฏิบัติอาจเกิดสภาวะต่าง ๆ หลายอย่างรวมกัน ก่อนอื่นจึงควรตรวจสอบก่อนว่าเหล็กที่ใช้ทำเครื่องมือมีตำหนิอย่างไรหรือไม่ หลังจากนั้นจึงพิจารณาสาเหตุอื่น ตามปกติแล้วผู้ผลิตเครื่องมือต่างก็พยายามสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ที่ทรงคุณภาพ และ ให้มีคุณสมบัติตรงตามข้อกำหนด ดังนั้นปัญหาที่เกิดขึ้นมาจะมีสาเหตุเนื่องจากเหล็กหรือวัตถุดิบด้อยคุณภาพนั้น มีโอกาสเป็นไปได้น้อยมาก สาเหตุส่วนใหญ่จึงมาจากการออกแบบ การอบชุบ การผลิต และการใช้เครื่องมือ ถ้าเลือกเหล็กถูกต้อง ออกแบบดี อบชุบดี ควบคุมบรรยากาศในเตาได้ถูกต้อง เจียระไนถูกวิธี และนำไปใช้งานได้ถูกหลักเครื่องมือจะมีอายุการใช้งานได้นานด้วยประสิทธิภาพสูงสุด

รูปที่ 20 ผิวพิมพ์ขึ้นรูปงานที่เจียระไนไม่ถูกวิธีจึงเกิดรอยแตกร้าวโดยทั่วไป และเสียหายได้ง่ายขณะใช้งาน



รูปที่ 21 ภาพขยายคอกต๊าปเกลียวแอ็กเม่ทำด้วยเหล็ก t1 เสียหายขณะใช้งาน เนื่องจากเจียระไนไม่ถูกวิธี

รูปที่ 22 มีดผ่าโลหะแผ่น (Slitter knife)ทำด้วยเหล็กคาร์บอนสูง - โครเมียมสูงแตกกระเทาะขณะใช้งาน เมื่อตรวจสอบดูพบว่ามีรอยร้าวขนาดเล็กเกิดขึ้นมากเนื่องจากเจียระไนไม่ถูกวิธี



ตารางเปรียบเทียบเหล็กตามมาตรฐานต่างๆ

AISI	WEST GERMANY			BÖHLER AUSTRIA	ASSAB SWEDEN	JAPAN				YB
USA	DIN	RÖCHLING	THYSSEN			JIS	HITACHI	KOSHU	DAIDO	CHINA
1022	1.1133					SMnC21				20Mn(GB)
1045	1.1191, CK45	R4	THYRODUR 1730			S45C		45C		45(GB)
1049	1.1201					S50C		50C		
3310	1.5752 14NiCr14	RAE3	TEW5752	ES SPECIAL		SNC22		NC815		12CrNi3(YB)
4115	1.7131 20CrMo5		TEW 7131			SCM21	SCM 415	CM415		20CrMo(YB)
4140	1.7225 42CrMo4	Mo40	TEW7225	VCL140	709	SCM4	SCM 440	CM440	SCM 440	42CrMo(YB)
4340	1.6582	Monix15	TEW 6582	VCN150	705	SNCM8		NCM439	SNCM 439	40CrNiMo(YB)
9840		Monix10		VCN100						
1052	1.1226 52Mn5			2M	760	S50C		50C		
6150	1.8159 50CrV4	F2K		CRV		SUP10				50CrV(YB)
9260	1.0909 65Si7			2Si ; KHS		SUP6				60Si2Mn(YB)
W1	1.1545 C105W1	RT10	THYRODUR 1545	EXTRATOUGH & HARD	K-100	SK3	YC	K3	YK3	
01	1.2510 100MnCrW4	RUS3	THYRODUR 2510	AMUTIT	ARNE	SKS3	SGT	KS3	GO3	MnCrWV(GB)
A2	1.2363 X100CrMoV51	RKCM	THYRODUR 2363	SPECIAL K5	RIGOR	SKD12	SCD	KD12	DC12	
D2	1.2379 X155CrVMo121	RCC SUPRA	THYRODUR 2379	SPECIAL KNL	SVERNER 21	SKD11	SLD	KD11	DC11	Cr12MoV(GB)
D3	1.2086 X210Cr12	RCC EXTRA	THYRODUR 2080	SPECIAL K	SVERNER 3	SKD1	CRD	KD1	DC1	C 12
D6	1.2436 X210CrW12	RCC EXTRA	THYRODUR 2436	SPECIAL KR	SVERNER 3	SKD2			DC2	
S1	1.2550 60WCrV7	RTW 2H	THYRODUR 2550	MY EXTRA	M-4	SKS41		KS41	GS41	
H10	1.2365 X32CrMoV33	RPG3	THYRO THERM 2365	WMD	HWT11	SKD7	YEM	KDH1	DH72	
H13	1.2344 X40CrMoV51	RDC2V	THYRO THERM 2344	US ULTRA 2	OVAR M SUPREME	SKD61	DAC	KDA	DHA1	4 Cr 5 MoV 1 Si
H21	1.2581 X30WCrV93	RCW2H	THYRO THERM 2581	WKZ		SKD5	HDC	KD5		3 Cr 2 W 8 V
L6	1.2721 50NiCr13		THYRODUR 2721	NBS	M-14	SKS51		KS51		
T1	1.3355 S18-0-1	GIANT50	THYRARID 3355	SUPER RAPID EXTRA		SKH2	YHX2	H2	WH2	W18Cr4V(YB)
T15	1.3202					SKH10	XVC3	HV51	VH10	W12Cr4V4Co5(YB)
M2	1.3343 S6-5-2	GIANT M5	THYRAPID 3343	SRE MO	HSP41	SKH9	YXM1	HV1	MH51	W6Mo5Cr4V2(YB)
M35						SKH55	YXM4	HM35	MH55	Mo6W6V2Co5(YB)
P2	1.2162 21MnCr5	BP28		EBM						
P20	1.2311 40CrMnMo7	MOULREX A	THYROPLAST 2311	K456	IMPAX SUPREME			KPM25	PDS5	
6F2	1.2713 55NiCrMoV6		THYRO THERM 2713			SKT4	DM	KTV	GF4	
420	1.4021 X20Cr13	RNOH SW	THYROPLAST 2083	ANTINIT KW40	STAVAX ESR	SUS420 J1		U420	DSR20F	2Cr13(GB)
440A	1.4140 X40CrMo15					SUS440A				
440B	1.4112 X90CrMoV18		REMANIT 4112			SUS440B		SM2		9Cr18MoV(GB)

ประวัติผู้เขียน

ร้อยเอก นิวัฒน์ ประดับวงศ์ เกิดวันที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2508 จังหวัด ระยอง สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต(ทบ.) จากโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า เมื่อปีการศึกษา 2533 และเข้าศึกษาต่อในระดับมหาบัณฑิตสาขา วิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2536

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย