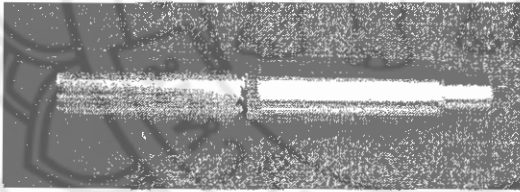
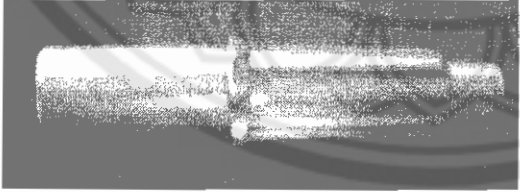
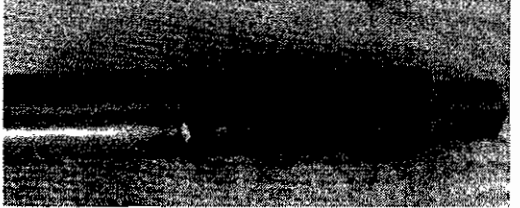


## บทที่ 4

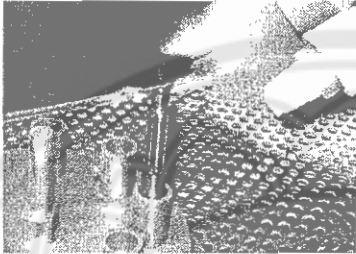
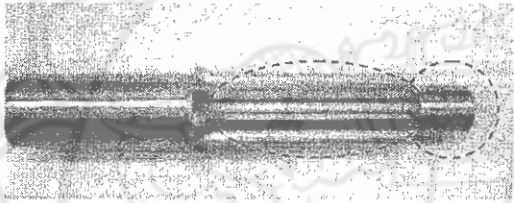
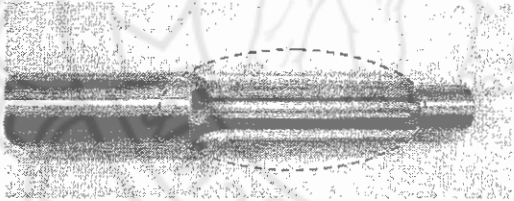
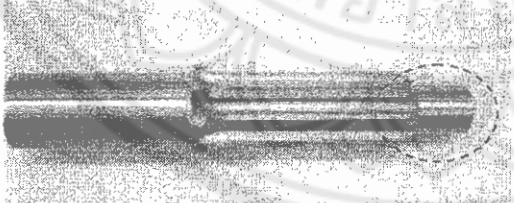
### ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์

จากการกำหนดวิธีการดำเนินงานเพื่อแก้ปัญหาการประกอบ รุ่น P772 หมุนติดนั้น ทางคณะผู้จัดทำโครงการจึงได้เริ่มต้นด้วยการเข้าไปศึกษากระบวนการผลิตในส่วนต่างๆ ของปั๊มสุญญากาศ กระบวนการประกอบปั๊มสุญญากาศ การเก็บข้อมูลของเพลตกับเรือนปั๊ม การทดลองประกอบปั๊มสุญญากาศ และข้อมูลของเพลตกับเรือนปั๊มหลังการแก้ไข รายละเอียดผลการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนมีดังต่อไปนี้


#### 4.1 กระบวนการผลิตเพลต (Shaft)

ลำดับที่	ชื่อกระบวนการ	เครื่องจักร	รายละเอียด
1	กลึง 	CNC FL 25	กลึงชิ้นงานให้ได้ตามขนาด
2	กัดเฟือง (Hobbing) 	Hobbing	ทำการกัดเฟืองสำหรับสวมกับ Rotor
3	การชุบแข็ง (Hardening) 	Hardening	ชุบแข็งตรงบริเวณเฟืองเพื่อเพิ่มความแข็งแรง

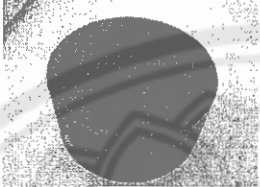




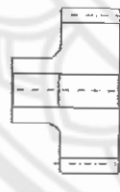
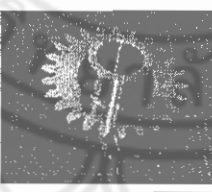
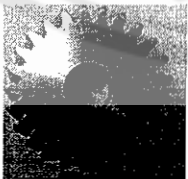

#### 4.1 กระบวนการผลิตเพลา (Shaft) (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อกระบวนการ	เครื่องจักร	รายละเอียด
4.	กระบวนการยิงทราย (Short Blast). 	Short Blast Machine	ยิงทรายเพื่อขัดผิวหลัง Hardening ของเพลา ตรงบริเวณที่ชุบแข็ง
5.	Grinding 	Grinding	ขัดหัวและเฟืองของ เพลาเพื่อลบครีบก
6.	Grinding 	Grinding	ขัดส่วนท้ายของเพลา
7.	Lapping 	Lapping	ขัดผิวเพิ่มความเรียบ ส่วนหัวของ Shaft อีก ครั้งหนึ่ง เพื่อสวมกับ รูบูช


#### 4.2 กระบวนการผลิตเฟืองทอน ( Helical Gear)

ลำดับที่	ชื่อกระบวนการ	เครื่องจักร	รายละเอียด
1	Cutting 	Cutting Machine	ตัดชิ้นงานให้ได้ตาม ขนาด

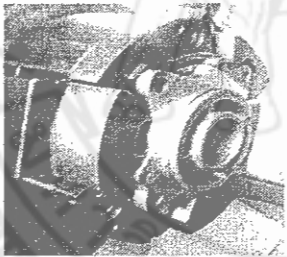
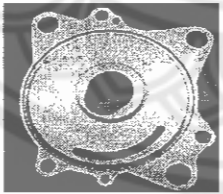
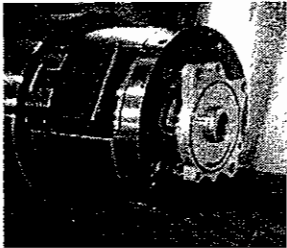
#### 4.2 กระบวนการผลิตเฟืองหนอน ( Helical Gear) (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อกระบวนการ	เครื่องจักร	รายละเอียด
2	ชุบแข็ง 	Hardening	นำชิ้นงานที่ได้ส่งไปชุบแข็งเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับชิ้นงาน
3	CNC OP1  	OKUMA OP1	กลึงปลอกผิวและคว้านรูชิ้นงานให้ได้ตามขนาด
4.	CNC OP2  	OKUMA OP2	กลึงปลอกผิวจนได้และมีลักษณะดังรูป
5.	การกัดเฟือง (Hobbing Gear)  	Hobbing Gear	กัดเฟืองเฉียง
6.	ขัดกริบ 1 	Chamfering	ลบกริบด้านบนและด้านล่างของเฟือง
7.	ขัดกริบ 2 	Chamfering	ลบกริบภายในร่องเฟือง


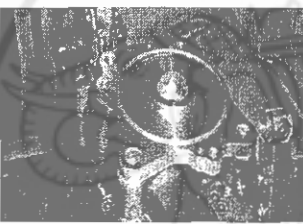

#### 4.2 กระบวนการผลิตเฟืองหนอน ( Helical Gear) (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อกระบวนการ	เครื่องจักร	รายละเอียด
8.	Shaving 	Shaving	เป็นกระบวนการที่นำเอาเฟืองมาขบกับใบ Cutter Shaving เพื่อให้เฟืองเข้ารูปตาม Profile ของเฟือง

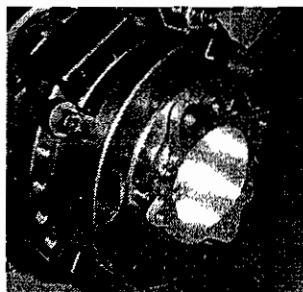
#### 4.3 กระบวนการผลิต Plate

ลำดับที่	ชื่อกระบวนการ	เครื่องจักร	รายละเอียด
1	Lathing OP 0 	OP 0	ปาดหน้าด้านนอก กลึงขอบ Ø 75
2	Lathing OP 1 	OP 1	ปาดหน้าด้านใน เซาะร่อง O-ring Ø 76
3	Lathing CNC 	CNC	ปาดหน้า Ø 32 กลึงขอบ ลบคมกริบ

### 4.3 กระบวนการผลิต Plate (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อกระบวนการ	เครื่องจักร	รายละเอียด
4	Lathing OP 2 	OP 2	ปาดหน้า Ø76 กลึงผิว ด้านใน
5	TAP&REAMER 	OP 3	คว้านรู ทำเกลียว ลบครีป
6	Washing 	เครื่องล้าง	นำชิ้นงานใส่ตะกร้า เครื่องล้าง รอนกว่า เครื่องทำงานเสร็จ นำ ชิ้นงานออกมาเป่าแล้ว Packing 50 ชิ้น/กล่อง

### 4.4 กระบวนการผลิต Housing

ลำดับที่	ชื่อกระบวนการ	เครื่องจักร	รายละเอียด
1	Lathing 	OP 1	คว้านเส้นผ่านศูนย์กลาง ด้านใน 69.5 mm ลึก 41 mm และปาดผิวหน้า Chamfer 0.3 mm เซาะ ร่องบริเวณขอบด้านใน ลึก 0.02-0.03 mm

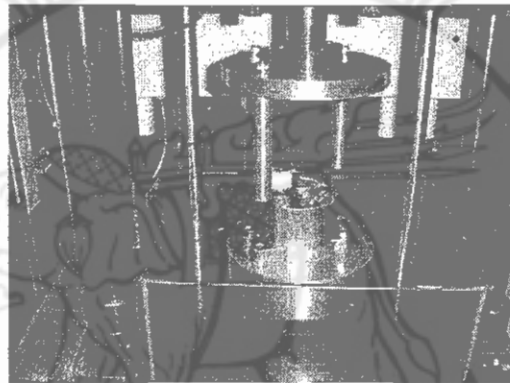
## 4.4 กระบวนการผลิต Housing (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อกระบวนการ	เครื่องจักร	รายละเอียด
2	Drill, Groove, Tap & Reamer 	OP 2	เจาะรู Pin 2 รูขนาด 4 mm และเจาะ Bush ขนาด $\varnothing$ 12 mm และคว้านรู และร่อง Groove
3	Drill, Groove, Tap & Reamer 	CNC	คว้านร่องด้านข้าง ทำเกลียว M 18×1.5 เจาะรูด้านใน R 24± 0.1mm เจาะรูด้านข้าง $\varnothing$ 4 mm ปาดหน้ารูขนาด $\varnothing$ 16 mm และ $\varnothing$ 28 mm ทำเกลียวด้านข้าง M 8 ×1.25
4	Bush Press fit & Reamer 	CNC	เจาะรูขนาด $\varnothing$ 4 mm บริเวณหู 2 รู สวม Bush ขัดผิวด้านใน
5	Washing 	เครื่องล้าง	ต้มในน้ำสะอาดอุณหภูมิ 60°C ชั้นสกรูล้างเกลียวด้วยน้ำสะอาด จัดเก็บลงกล่อง

## 4.5 กระบวนการประกอบปั๊มสูญญากาศ

### 4.5.1 กระบวนการตรวจการรั่ว (Bubble leak test)

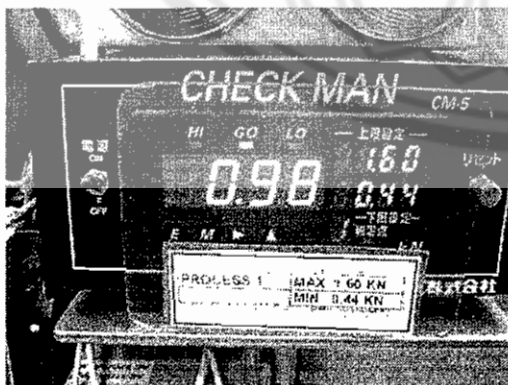
นำเรือนปั๊มมาทดสอบการรั่วโดยเอาเรือนปั๊มมาวางบน Jig ทำการอัดลมเข้าไปและในขณะที่ทดสอบบริเวณรอบนอกจะเป็นน้ำ สังเกตการรั่ว โดยดูจากฟองอากาศที่เกิดขึ้น ถ้าเกิดฟองอากาศขึ้นเกิน 5 ฟอง แสดงว่าไม่ผ่าน สังเกตโดยใช้สายตา



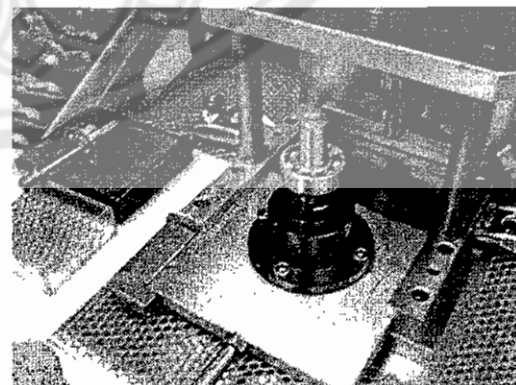
รูปที่ 4.1 การตรวจสอบจุดรั่วของเรือนปั๊ม

### 4.5.2 กระบวนการ Ball bearing press fit to shaft

เป็นกระบวนการสวมลูกปืนเข้ากับเพลา โดยนำเพลา มาทาน้ำมันและใช้ Load Cell ซึ่งตั้งค่าไว้ ที่ 0.44 ~ 1.60 kN เป็นเครื่องอัดลูกปืนเข้ากับเพลา ดังรูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3



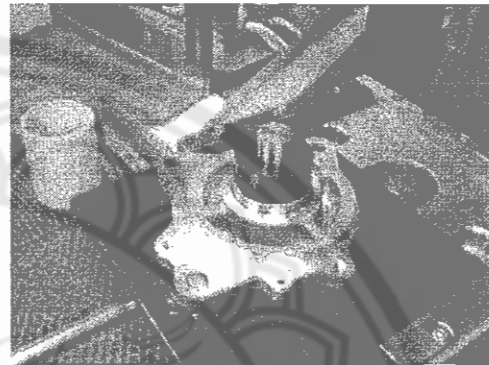
รูปที่ 4.2 Load Cell ตั้งค่าไว้ ที่ 0.44 ~ 1.60 KN



รูปที่ 4.3 ลูกปืนที่สวมเข้ากับเพลาเรียบร้อยแล้ว

#### 4.5.3 กระบวนการ Ball bearing press fit to plate

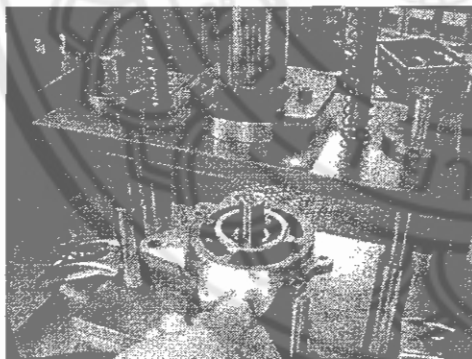
เป็นการนำเอาลูกปืนที่สวมกับเพลลา แล้วมาประกอบกับเพลทโดยใช้ Load Cell ที่ตั้งค่าไว้ 0.5 ~ 2.50 kN ดังรูปที่ 4.4 และรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.4 Load Cell ที่ตั้งค่าไว้ 0.5 ~ 2.50 KN รูปที่ 4.5 ขั้นตอนการ Press Ball Bearing ลงในเพลท

#### 4.5.4 กระบวนการ Press fit C - Ring

เป็นการใส่ C - Ring เข้าไปในร่องของเพลทบนลูกปืน โดยใช้แรงกด 0.5-0.7 MPa โดยใช้เครื่องมือวัด Load cell 0.5-0.7 MPa



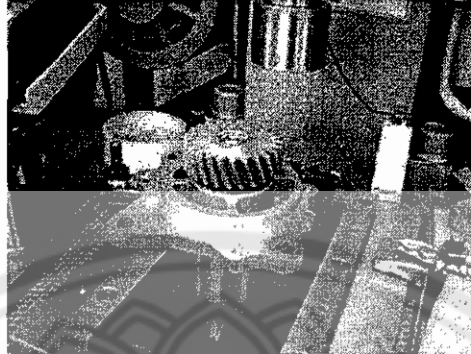
รูปที่ 4.6 การนำชิ้นงานใส่ในเพลท

รูปที่ 4.7 การนำ C-Ring ใส่ใน Jig

#### 4.5.5 กระบวนการ Helical Gear Press Fit

เป็นกระบวนการนำเอาเฟืองหนอน (Helical Gear) มาสวมกับเพลลา (Shaft) โดยตั้งค่าแรงกดไว้ที่ 11.5~25.0 kN และตรวจสอบระยะการ Press ของชิ้นงาน โดย Gauge ต้องอยู่ในช่วง  $23.4 \pm 0.5$  mm





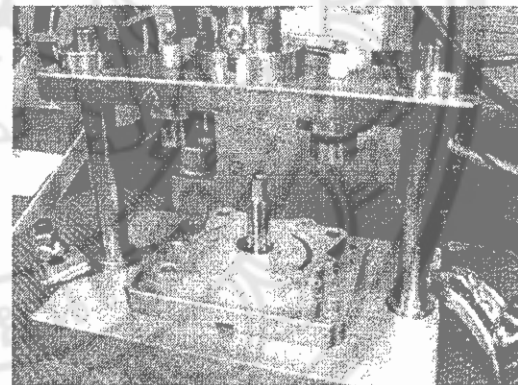
รูปที่ 4.8 การนำเฟืองหนอนสวมลงปลายเพลลา

#### 4.5.6 กระบวนการ Parallel Press Fit

เป็นกระบวนการนำเอา Pin มาสวมกับเพลลา โดยค่าแรงที่ใช้กดต้องอยู่ในช่วง 0.8 ~ 3.0 kN หลังจากนั้นวัดความสูงของ Pin กับเพลลาจะต้องอยู่ในระยะ 13.80 – 13.85 mm ตรวจสอบโดยใช้เวอร์เนีย



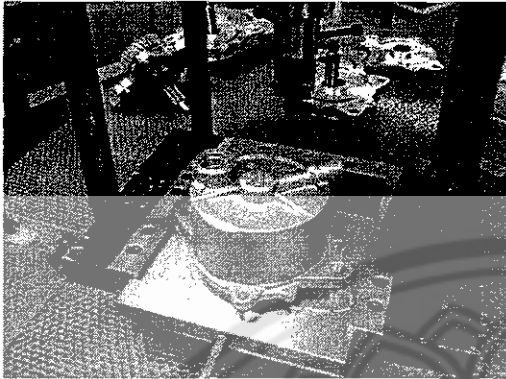
รูปที่ 4.9 ค่า Load Cell ที่ใช้ Press 0.8 ~ 3.0 kN



รูปที่ 4.10 การวางชิ้นงานใส่ลงใน Jig

#### 4.5.7 กระบวนการ Stamp Lot Number

เป็นกระบวนการลง วัน เดือน ปี ของการผลิตไว้บนเรือนปืม เพื่อให้สะดวกต่อการตรวจสอบในกรณีที่เกิดปัญหา สำหรับปีจะใช้ตัวเลขตัวสุดท้ายของปีเช่น ปี ค.ศ.2006 ก็จะเป็นหมายเลข 6 ส่วนเดือนจะกำหนดจากเดือนมกราคม – เดือนกันยายนแทนด้วยหมายเลข 1-9 เดือนตุลาคม แทนด้วยตัวอักษร X, เดือนพฤศจิกายน แทนด้วยตัวอักษร Y และเดือนธันวาคม แทนด้วยตัวอักษร Z สำหรับวันที่ผลิตวันที่ 1-9 ก็จะใช้ตัวเลข 1-9 ส่วนวันที่ 10 – 31 ก็จะแทนด้วยตัวอักษร A – W โดยยกเว้นอักษรตัว I



ตัวอย่างการ Stamp Lot Number

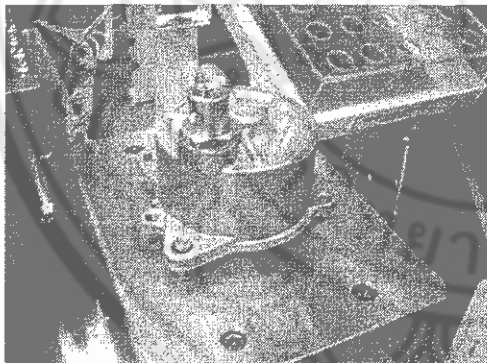
6 1 Q



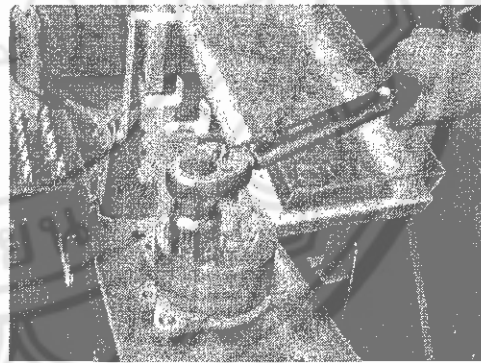
รูปที่ 4.11 การวางชิ้นงานใส่ลงใน Jig เพื่อ Stamp Lot NO

#### 4.5.8 กระบวนการ Check Valve Assembly Tightening

เป็นการนำเอา Check Valve มาประกอบกับเรือนปั๊ม โดยขั้นแรกนำ Packing ขนาด 8 X 24 วางลงบนเรือนปั๊มที่จุดจะใส่ Check Valve จากนั้นนำ Check Valve มาขันนำด้วยมือ ก่อน 3 ~ 4 รอบ ใช้ Air Screw Driver มาขันต่อให้สุด ให้แน่นและสนิท จากนั้นการขันด้วย Torque Wrench โดยค่าอยู่ที่ 306 ~ 357 kgf.cm



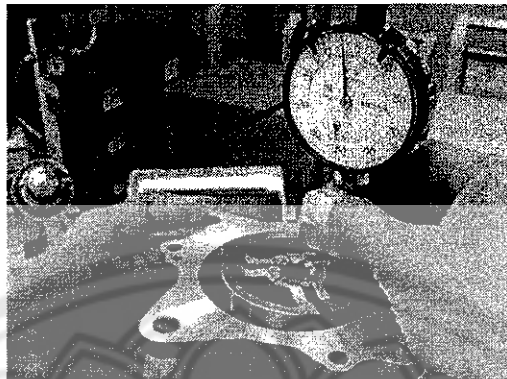
รูปที่ 4.12 การประกอบ Check Valve



รูปที่ 4.13 การขันด้วย Torque Wrench

#### 4.5.9 กระบวนการ Housing and Rotor Clearance Check

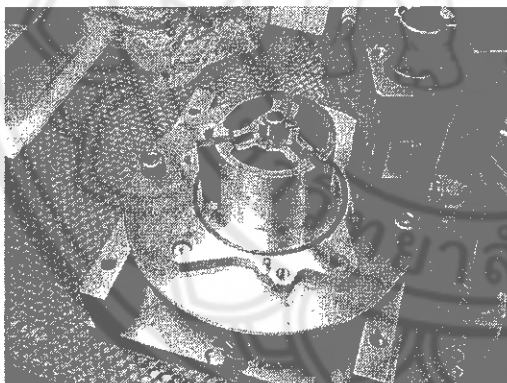
เป็นกระบวนการตรวจสอบระยะ Clearance ระหว่างเรือนปั๊มกับ Rotor โดยนำเรือนปั๊ม มาถือไว้ในระดับสายตาที่มองเห็นชัดเจนนำ Rotor Core มาวางในเรือนปั๊ม โดยต้องใส่ด้านเต็มไว้ ด้านล่าง ด้านที่มีส่วนเว้าอยู่ด้านบน นำ Dial Depth Gauge มาตรวจสอบค่า Clearance (3 จุด) โดยค่าจะต้องอยู่ในช่วง 0.04 ~ 0.06 mm



รูปที่ 4.14 การตรวจสอบ Clearance ของงาน

#### 4.5.10 กระบวนการ O-Ring, Rotor, Vane, Mounting to Plate and M6 Bolt Tightening

เป็นกระบวนการประกอบทั้งหมด โดยใส่ O-Ring , Rotor , Vane เข้ากับเพลทแล้วนำเอา เรือนปั๊มมาประกอบขันยึดด้วย Bolt โดย O-Ring จะต้องทาด้วยจารบี และ Vane จะต้องใส่ถูก ด้าน ขันยึด Bolt ด้วย Air Screw Driver จากนั้นขันด้วย Torque Wrench โดยค่าที่กำหนด 61 ~ 82 kgf.cm



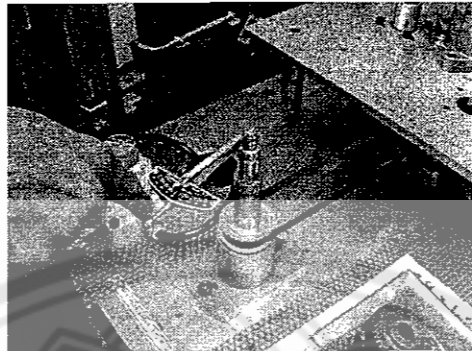
รูปที่ 4.15 ขั้นตอนใส่ O-Ring Vane, Rotor core



รูปที่ 4.16 การขันด้วย Air Screw Driver

#### 4.5.11 กระบวนการ Revolution Torque Check

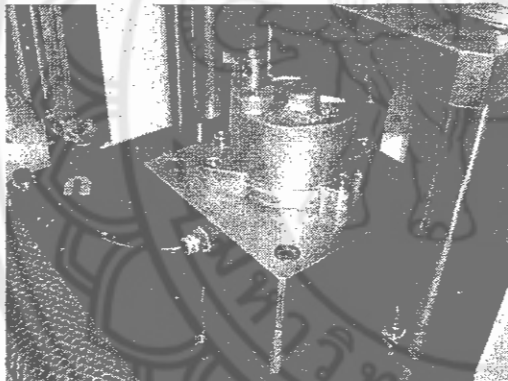
เป็นกระบวนการตรวจสอบค่า Torque ของปั๊มสุญญากาศโดยใช้ Spin Torque Check ทำ การหมุน Spin torque ไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ไม่ต่ำกว่า 3 รอบ ค่าที่ได้ต้องไม่เกิน 2 kgf.cm จากนั้นตรวจสอบเกลียว M8 X 1.25 ทั้ง 3 ตัวด้วย Tread Gauge ดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 การตรวจสอบ Spin Caulking

#### 4.5.12 กระบวนการ Vacuum Leak Test

เป็นกระบวนการทดสอบการรั่วของปั๊มสุญญากาศ โดยใช้เครื่อง Test Leak โดยค่าจะต้องไม่เกิน 800 Pa



รูปที่ 4.18 ขั้นตอนการ Test Leak



รูปที่ 4.19 เครื่อง Test Leak

4.5.13 กระบวนการ Performance Test เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของปั๊มสุญญากาศที่ประกอบแล้วดังรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 ขั้นตอนการ TEST PERFORMANCE

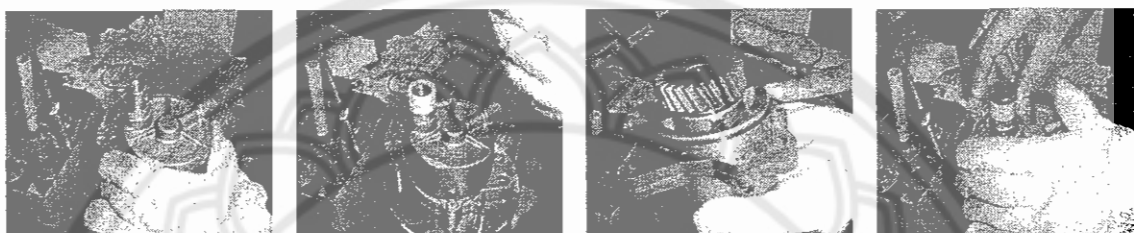
สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของปั๊มสุญญากาศจะมีค่ามาตรฐานต่างๆ กำหนดไว้ซึ่งได้แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงค่าทดสอบค่าต่าง ๆ ในกระบวนการประกอบปั๊มสุญญากาศ

ลำดับ	หัวข้อการตรวจสอบ	ค่ามาตรฐาน	เครื่องมือ	วิธีการควบคุม
1	Exhaust Characteristics 1	Attend Time 13 (S) Max 66.7 kPa (500 mmHg) At 1000 rpm $75 \pm 10$ °C	Test M/C	ทุกตัว
2	Exhaust Characteristics 2	Attend Time 4 (S) Max 66.7 kPa (500 mmHg)	Test M/C	ทุกตัว
3	ค่า Max Attained	90.7 kPa 5000 rpm	Test M/C	ทุกตัว
4	Vacuum Leak 15 sec. หลังจาก Vacuum หยุด ที่ 53 kPa	น้อยกว่า 2.67kPa	Test M/C	ทุกตัว
5	ความดังของ Vacuum Pump	ไม่ผิดปกติ	การฟัง	ทุกตัว

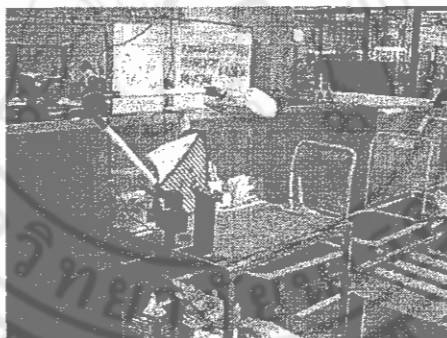
#### 4.5.14 กระบวนการ Final Assembly

เป็นการประกอบ Packing, Dust Seal Roller, Cap เข้ากับปั๊มสุญญากาศโดยใส่ Packing ขนาด  $18 \times 24$  จำนวน 1 ชิ้น ลงใน Connecting Valve, Dust Seal Roller จำนวน 1 ชิ้น, ใส่อัด Packing ขนาด  $24 \times 12$  จำนวน 1 ชิ้น และใส่ Cap แล้วขันให้แน่น จากนั้นใส่ Dust Seal ให้สนิทดังรูปที่ 4.21



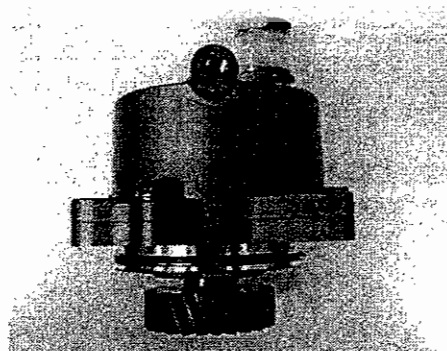
รูปที่ 4.21 ขั้นตอนการประกอบ Packing, Dust Seal Roller, Cap

4.5.15 การตรวจสอบขั้นสุดท้ายโดยฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ เป็นการตรวจสอบทุกอย่างซ้ำอีกครั้ง ก่อนการบรรจุลงกล่องส่งให้ลูกค้า ดังรูปที่ 4.22

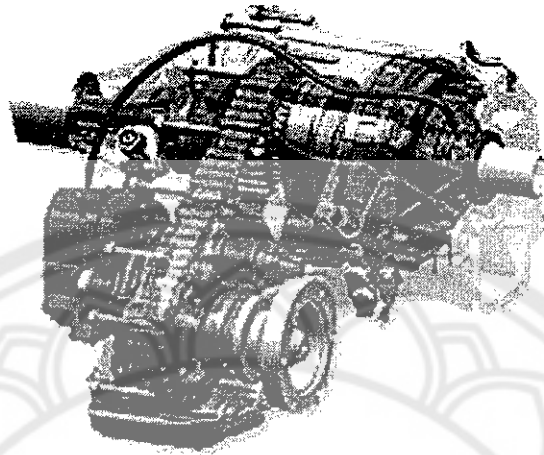


รูปที่ 4.22 การตรวจสอบคุณภาพโดยฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ

4.5.16 ลักษณะของปั๊มสุญญากาศที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์แล้ว



รูปที่ 4.23 ปั๊มสุญญากาศ



รูปที่ 4.24 แสดงตำแหน่งของปั้มสุญญากาศ





รูปที่ 4.25 แสดงปั้มสุญญากาศในเครื่องยนต์ดีเซลรุ่น "4JJ1-TC" ไอ-เทค  
ซูเปอร์คอมมอนเรล 3000 ซีซี

#### 4.6 การศึกษาเก็บข้อมูลปีมสุญญาภาค

จากที่ได้ทราบถึงขั้นตอนการทดลองในบทที่ 3 มาแล้วและได้ทำการบันทึกข้อมูลจาก  
ชิ้นงานที่ส่งไปให้ฝ่ายตรวจสอบคุณภาพตรวจวัด ซึ่งค่าที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงข้อมูลจากการวัดจุดที่สำคัญต่างๆของเพลท P772 ก่อนการแก้ไข

No.	Lot No.	Data Plate Machine					
		$5.25 \pm 0.05$	$5^\circ \pm 20'$	$R45 \pm 0.05$	$R47 \pm 0.05$	 0.01	 0.04
1	6A18B	5.244	4° 44'	45.035	46.971	0.007	0.008
2	6A18B	5.258	5° 37'	45.033	47.003	0.004	0.002
3	6A18B	5.264	5° 44'	45.018	47.001	0.016	0.003
4	6A18B	5.251	5° 43'	45.017	47.009	0.015	0.004
5	6A18B	5.254	5° 39'	44.972	47.044	0.013	0.005
6	6A19A	5.241	5° 33'	44.987	47.002	0.009	-
7	6A19A	5.267	5° 52'	44.966	47.036	0.003	-
8	6A19A	5.279	5° 36'	44.977	47.041	0.005	-
9	6A19A	5.268	5° 38'	45.002	47.003	0.001	-
10	6A19A	5.243	5° 29'	45.020	46.985	0.004	-
11	6A19B	5.254	5° 41'	45.003	47.010	0.013	0.003
12	6A19B	5.272	5° 41'	44.982	47.032	0.016	0.002
13	6A19B	5.252	5° 25'	45.049	47.042	0.013	0.008
14	6A19B	5.261	5° 41'	45.031	46.972	0.011	0.001
15	6A19B	5.262	5° 26'	44.999	47.028	0.014	-
16	6A20A	5.282	5° 35'	45.049	46.970	0.000	-
17	6A20A	5.256	5° 39'	44.980	47.022	0.000	-
18	6A20A	5.258	5° 41'	45.033	46.974	0.000	-
19	6A20A	5.248	5° 38'	45.003	46.996	0.002	-



ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงข้อมูลจากการวัดจุดที่สำคัญต่างๆของเพลท P772 ก่อนการแก้ไข (ต่อ)

No.	Lot No.	Data Plate Machine					
		5.25 ± 0.05	5° ± 20'	R45 ± 0.05	5.25 ± 0.05	∇ 0.01	⊥ 0.04
20	6A20A	5.258	5° 55'	45.000	47.004	0.007	-
21	6A20B	5.259	5° 35'	44.915	47.098	0.001	0.006
22	6A20B	5.266	5° 41'	45.004	47.014	0.015	-
23	6A20B	5.265	5° 31'	45.007	47.015	0.012	-
24	6A20B	5.274	5° 51'	44.995	47.025	0.015	0.005
25	6A20B	5.263	5° 49'	44.996	47.026	0.013	-
26	6A21A	5.256	5° 37'	44.997	47.011	0.015	0.002
27	6A21A	5.255	5° 47'	45.020	47.007	0.015	-
28	6A21A	5.279	5° 43'	44.985	47.028	0.014	0.004
29	6A21A	5.271	5° 39'	44.971	47.030	0.014	0.004
30	6A21A	5.271	5° 39'	45.008	47.012	0.014	-

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงข้อมูลจากการวัดจุดที่สำคัญต่างๆของเรือนปืน P772 ก่อนการแก้ไข

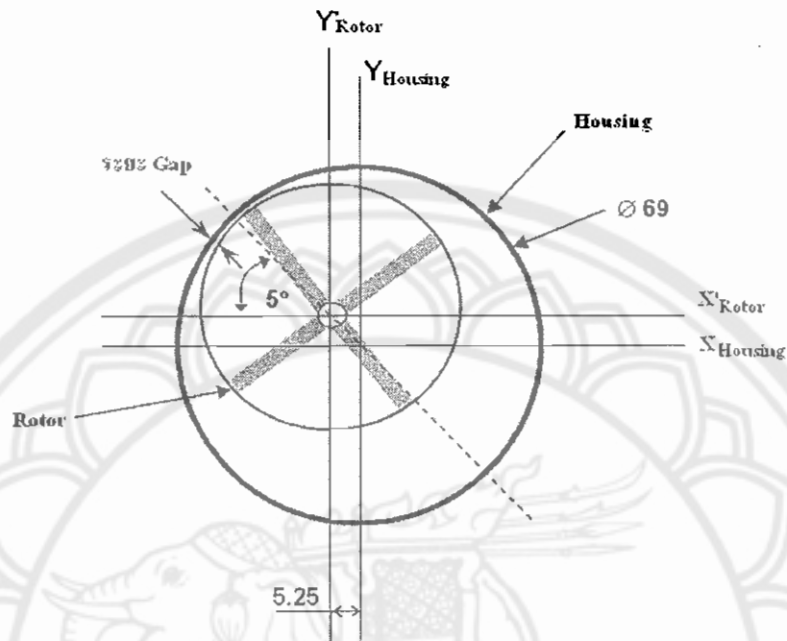
No.	Lot No.	Data Housing Machine								
		5.25±0.05	5°±20'	45±0.05	47±0.05	∅ 69.5	41.07-41.08	⊥0.01	∅0.01	∇ 0.02
1	6A18B	5.244	5°14'	44.933	47.018	69.528	41.080	0.013	0.013	0.007
2	6A18B	5.281	5°02'	44.988	47.024	69.529	41.080	0.028	0.005	0.001
3	6A18B	5.238	5°02'	45.004	47.000	69.516	41.079	0.038	0.007	0.006
4	6A18B	5.220	5°04'	45.040	46.967	69.522	41.081	0.006	0.009	0.004
5	6A18B	5.241	4°56'	44.985	47.008	69.518	41.079	0.007	0.016	0.011
6	6A19A	5.231	4°38'	44.975	47.020	69.513	41.083	0.008	0.007	0.004
7	6A19A	5.250	5°04'	44.961	47.032	69.522	41.086	0.017	0.019	0.006
8	6A19A	5.236	4°45'	44.962	47.033	69.522	41.083	0.007	0.014	0.005
9	6A19A	5.214	5°21'	45.013	46.969	69.523	41.084	0.009	0.009	0.007
10	6A19A	5.323	5°11'	45.029	46.987	69.526	41.087	0.007	0.007	0.004
11	6A19B	5.316	5°01'	45.019	46.993	69.532	41.079	0.017	0.007	0.007
12	6A19B	5.307	5°01'	45.036	46.990	69.535	41.079	0.011	0.012	0.003
13	6A19B	5.306	4°51'	45.020	46.986	69.528	41.080	0.007	0.007	0.001

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงข้อมูลจากการวัดจุดที่สำคัญต่างๆของเรือนป้อม P772 ก่อนการแก้ไข (ต่อ)

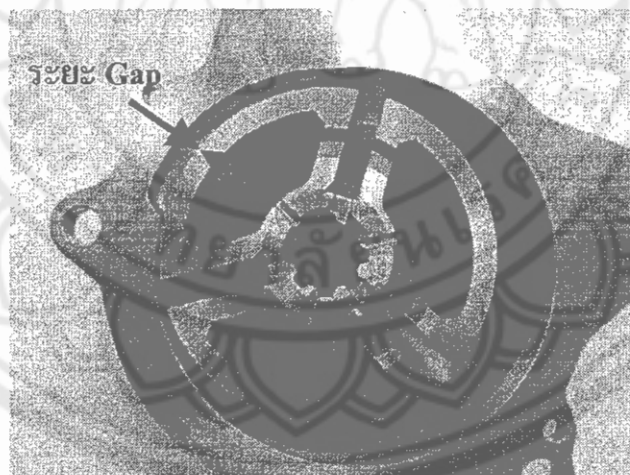
No.	Lot No.	Data Housing Machine								
		5.25±0.05	5° ±20'	45±0.05	47±0.05	Ø 69.5	41.07-41.08	└ 0.01	○ 0.01	▭ 0.02
14	6A19B	5.275	5°04'	45.013	47.002	69.520	41.081	0.006	0.020	0.009
15	6A19B	5.233	4°45'	44.981	47.022	69.518	41.082	0.013	0.015	0.006
16	6A20A	5.250	4°41'	44.981	47.023	69.514	41.089	0.020	0.013	0.006
17	6A20A	5.306	5°02'	45.022	46.982	69.519	41.079	0.014	0.012	0.003
18	6A20A	5.248	4°39'	44.977	47.041	69.524	41.085	0.012	0.007	0.005
19	6A20A	5.253	4°42'	44.980	47.029	69.517	41.078	0.009	0.020	0.006
20	6A20A	5.243	4°51'	44.991	47.015	69.521	41.110	0.023	0.009	0.010
21	6A20B	5.259	4°46'	44.970	47.024	69.528	41.081	0.013	0.014	0.005
22	6A20B	5.311	5°08'	45.000	47.005	69.531	41.078	0.005	0.009	0.003
23	6A20B	5.272	5°05'	44.979	47.019	69.518	41.081	0.018	0.012	0.010
24	6A20B	5.263	4°49'	44.978	47.023	69.518	41.081	0.018	0.022	0.009
25	6A20B	5.265	4°50'	44.991	46.992	69.522	41.078	0.009	0.007	0.005
26	6A21A	5.236	4°49'	44.986	47.006	69.523	41.083	0.006	0.031	0.006
27	6A21A	5.258	4°42'	44.979	47.010	69.527	41.078	0.011	0.007	0.001
28	6A21A	5.255	4°45'	44.992	47.008	69.531	41.070	0.015	0.010	0.002
29	6A21A	5.272	4°52'	44.989	47.029	69.530	41.091	0.049	0.012	0.023
30	6A21A	5.265	4°42'	44.989	47.012	69.528	41.078	0.003	0.006	0.002

เมื่อทำการเก็บข้อมูลจุดที่สำคัญที่มีผลต่อการหมุนติลของป้อมสุญญากาศครบทุกจุดแล้ว จึงได้นำค่าต่างๆเหล่านั้นมาพิจารณาเปรียบเทียบกับค่าพิถีคความเผื่อ โดยตรวจสอบจากค่าพิถีคความเผื่อที่กำหนดมาจากแบบมาตรฐาน ประกอบกับใช้ตารางค่าพิถีคความเผื่อมาตรฐานของประเทศญี่ปุ่น (JIS) ประกอบการพิจารณา ซึ่งบางตัวมีค่าพิถีคความเผื่อที่เกินจากแบบมาตรฐานที่กำหนดไว้ที่เห็นชัดเจนคือค่ามุมระหว่างจุดศูนย์กลางของ Rotor กับเพลทที่มีค่าพิถีคความเผื่อเกินจากแบบมาตรฐานถึง 29 ตัว และค่าระยะห่างจุดศูนย์กลางของเรือนป้อมถึงจุดศูนย์กลางของรูนุช มีค่าเกินกว่าค่าพิถีคความเผื่อที่ 5.20 ถึง 5.30 มิลลิเมตร จำนวน 5 ตัว (ตัวที่ 10, 11, 12, 13, 17, 21) ดังแสดงในตารางที่ 4.2

## Housing & Rotor V/P P772



รูปที่ 4.26 แสดงตำแหน่งมุมระหว่างจุดศูนย์กลางของ Housing กับ Rotor



รูปที่ 4.27 แสดงระยะห่างระหว่างเรือน้ำกับ Rotor

### 4.7 ผลการทดลองประกอบปั๊มสูญญากาศ

หลังจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บมาเปรียบเทียบกับแบบมาตรฐาน (Drawing) แล้วมีค่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้เป็นส่วนมาก จึงได้ทดลองนำงานที่จับคู่กันส่งเข้าประกอบและบันทึกค่าดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ตารางบันทึกข้อมูลการประกอบชิ้นส่วนสุดท้ายก่อนการแก้ไข

Process Name	Process Name	Spec	Actual														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ball Bearing Press fit to Shaft	press fit force	0.44~1.6 kN	0.64	0.79	0.61	0.88	0.92	0.54	0.64	0.73	0.46	0.95	0.62	0.76	0.85	0.82	0.56
Shaft sub ass'y press fit to plate	press fit force	0.25~2.5 kN	0.552	0.552	0.558	0.522	0.414	0.521	0.963	0.756	0.851	0.438	0.528	0.527	0.648	0.490	0.540
Helical Gear press fit	press fit force	6.0~25 kN	10.44	9.68	9.65	21.58	14.54	14.79	15.72	14.01	10.55	22.15	16.83	15.19	14.26	11.94	16.75
Parallel Pin press fit	press fit force	1.1~3.0 kN	2.64	2.35	2.45	2.49	2.92	2.92	2.52	2.12	2.83	2.28	2.51	2.60	2.57	2.64	2.46
Housing and Rotor Clearance Check	Clearance(3 Point)	0.04~0.06 mm	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.05	0.05	0.00	0.04	0.04
Rotating Torque Check	Spin Torque Check	2.0 kgf.cm.Max	1.2	0.8	1.0	0.8	0.7	0.8	0.5	1.0	1.1	4.00	5.00	4.00	5.00	1.0	1.2
Air Leak Test	Leak Test	79 Pa. Max	28	25	31	41	30	27	32	27	34	-	-	-	-	27	37
Performance Test	Testing	OK or NG	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NG	NG	NG	NG	OK	OK
Check Valve Ass'y Test	Testing	OK or NG	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NG	NG	NG	NG	OK	OK

Process Name	Process Name	Spec	Actual																													
			16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30															
Ball Bearing Press fit to Shaft	press fit force	0.44~1.6 kN	1.07	0.64	0.63	1.01	0.91	0.72	0.98	0.67	0.82	0.68	0.68	0.53	0.85	1.16	0.55															
Shaft sub ass'y press fit to plate	press fit force	0.25~2.5 kN	0.645	1.010	0.505	0.848	0.788	0.416	0.780	0.677	0.906	0.495	0.542	0.699	0.729	0.739	0.916															
Helical Gear press fit	press fit force	6.0~25 kN	13.53	11.54	18.48	20.84	22.42	14.41	19.13	11.83	17.49	11.06	13.05	23.48	12.86	17.64	12.26															
Parallel Pin press fit	press fit force	1.1~3.0 kN	1.96	2.58	2	2.27	2.37	2.17	1.85	2.18	2.02	1.77	2	1.77	2.09	1.4	1.93															
Housing and Rotor Clearance Check	Clearance(3 Point)	0.04~0.06 mm	0.03	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04															
Rotating Torque Check	Spin Torque Check	2.0 kgf.cm.Max	0.8	3.5	1.0	0.8	0.7	1	3	1	1	0.9	1	0.7	1.1	1	1.1															
Air Leak Test	Leak Test	79 Pa. Max	15	-	19	18	15	19	-	20	31	12	28	28	29	28	33															
Performance Test	Testing	OK or NG	OK	NG	OK	OK	OK	OK	NG	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK															
Check Valve Ass'y Test	Testing	OK or NG	OK	NG	OK	OK	OK	OK	NG	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK															

ทดลองประกอบ : 30 ตัว  
 OK : 24 ตัว  
 NG : 6 ตัว  
 % ของเสีย : 20 %

↑  
 เป้าหมายลดของเสียลง 2 %

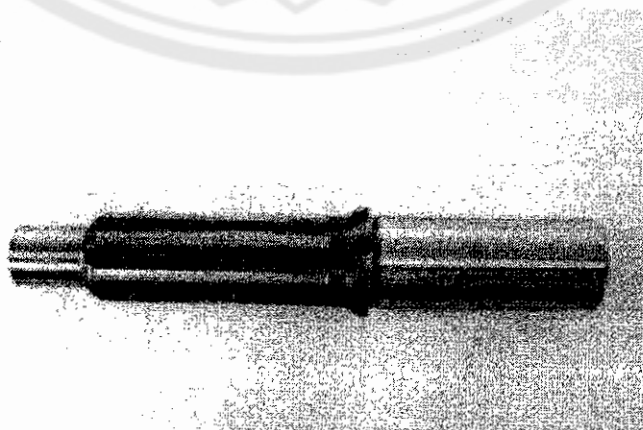


รูปที่ 4.28 แสดงการประกบตู้ชิ้นงานเพลทกับเรือนปั๊ม

#### 4.8 การวิเคราะห์งานหมุนคิด

##### 4.3.1 การวิเคราะห์งานหมุนคิดก่อนการแก้ไข

จากการที่ได้ศึกษารายละเอียดในส่วนต่างๆที่เกี่ยวกับการประกอบปั๊มสุญญากาศ พบว่าสาเหตุหลักของการหมุนคิดเกิดจาก เม็ดทรายที่ติดมากับเพลท รองลงมาคือขนาดของชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน และชิ้นงานมีครีบ ในที่นี้จะวิเคราะห์ประเด็นของเม็ดทรายเป็นหลัก เนื่องจากการทำความสะอาดตรงปลายเพลทนั้นทำได้ยากเพราะมีขนาดเล็ก และแบบมาตรฐาน (Drawing) ก็ไม่ได้กำหนดไว้ว่าให้ยิงทราย สาเหตุที่ทำให้ยิงทรายของเพลทนั้นก็เพื่อลบครีบและเพื่อความสวยงาม ดังนั้นจึงทดลองเพลทที่ไม่ได้ยิงทรายเข้ามาประกอบ 30 ตัวปรากฏว่าปัญหาหมุนคิดท้ายไลน์หมดไป ดังนั้นเพลทจึงถูกเปลี่ยนกระบวนการ โดยออกเป็นเอกสาร ECR (Engineer Change Request) เพื่อเปลี่ยนจากการยิงทรายเป็น ไม่ต้องยิงทราย



รูปที่ 4.29 ลักษณะของเพลทที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการยิงทราย

#### 4.3.2 การวิเคราะห์งานหมุนติดหลังการแก้ไข

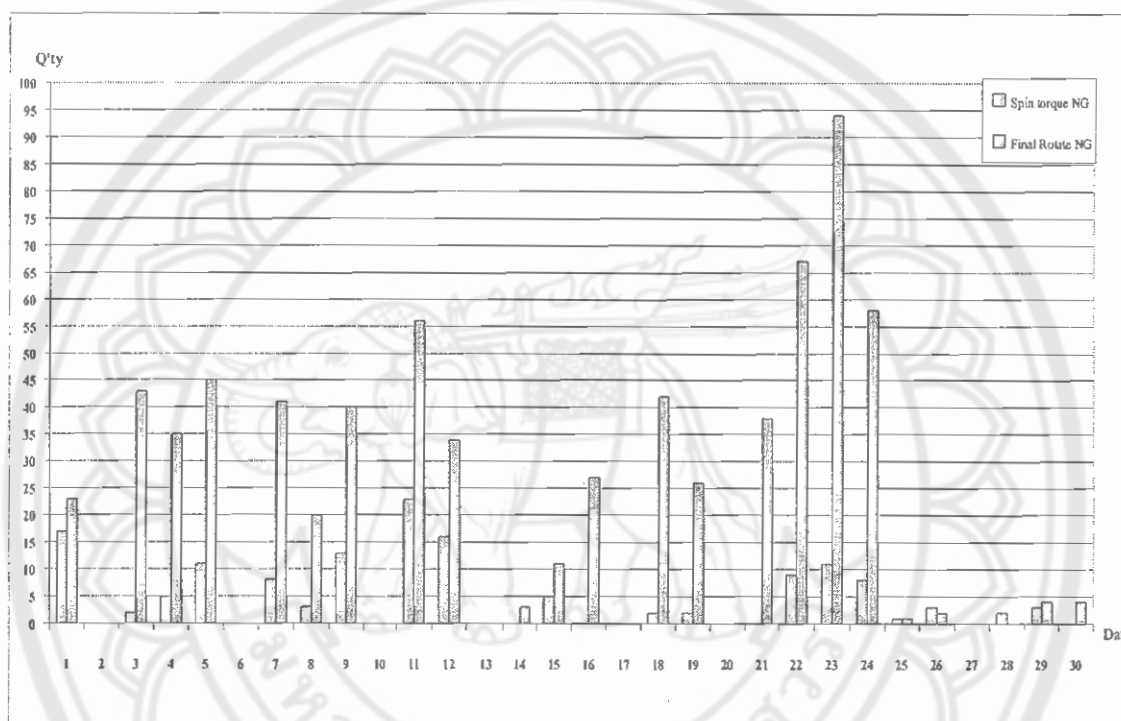
จากข้อมูลก่อนการแก้ไขเมื่อนำเรือน้ำมันและเพลทมาทดลองประกอบปั๊มสูญญากาศจำนวน 30 ตัว โดยจับคู่ตามลำดับหมายเลขมาประกอบเข้าด้วยกันปรากฏว่าประกอบแล้วหมุนติด 6 ตัว ดังนั้นจึงพิจารณาจากข้อมูลที่เก็บมาเปรียบเทียบกับขนาดของชิ้นงานมาตรฐาน ของปั๊มที่หมุนติดแต่ละตัว สาเหตุที่ยังมีงานหมุนติดเกิดจากค่าระยะห่างจุดศูนย์กลางของเรือน้ำมันถึงจุดศูนย์กลางของรูบูช มีค่ามากกว่าแบบมาตรฐาน (Drawing) กำหนดไว้ที่ 5.20-5.30 มิลลิเมตรทำให้เพลทที่นำมาประกอบเข้ากับ Plate เบียดติดกับขอบของ Plate ซึ่งก็เป็นไปตามการวิเคราะห์ไว้ในบทที่ 3 จึงสรุปได้ว่าค่าระยะห่างจุดศูนย์กลางของเรือน้ำมันถึงจุดศูนย์กลางของรูบูชนั้น เป็นสาเหตุที่ทำให้ปั๊มสูญญากาศหมุนติด การแก้ไขควรปรับระยะให้ลงมาอยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ซึ่งจะได้ติดตามผลหลังจากปรับค่าแล้วต่อไปอีก



รูปที่ 4.30 บริเวณที่เพลทเบียดติดกับเพลท

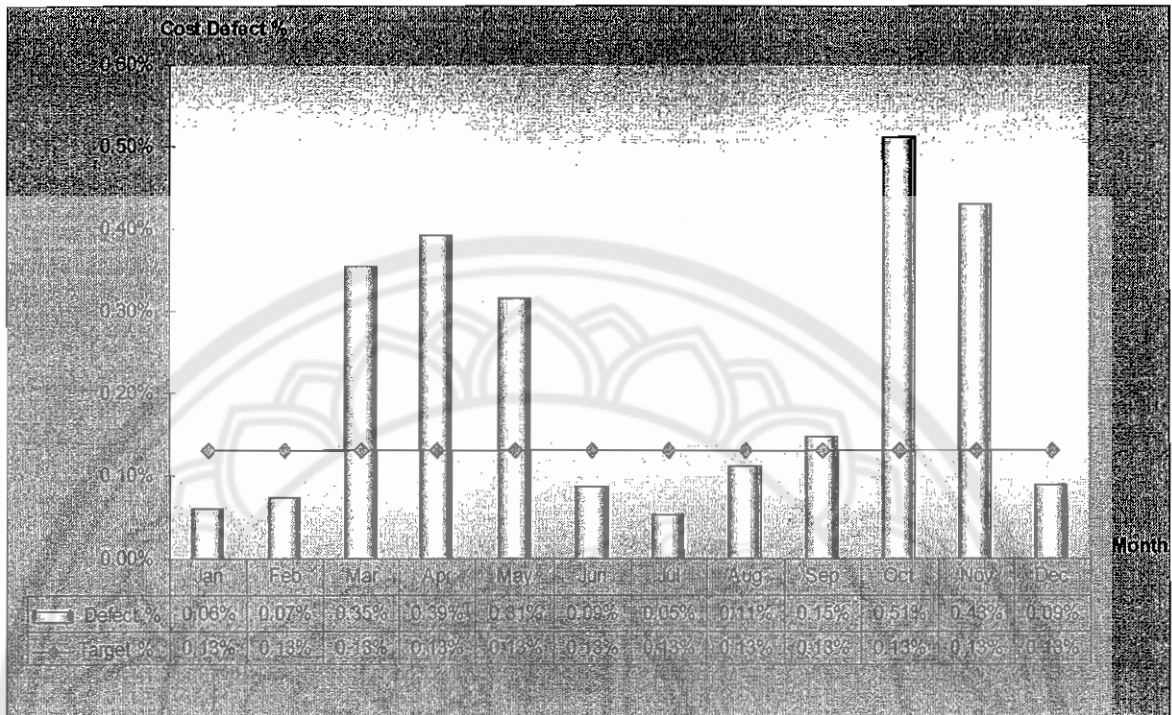
#### 4.3.3 ผลจากการแก้ไขปัญหาการหมุนติดยของปั๊มสุญญากาศ

จากการแก้ไขปัญหาการหมุนติดยของปั๊มสุญญากาศโดยการยกเลิกกระบวนการยิงทรายและกำหนดขนาดของชิ้นงานให้อยู่ในช่วงที่แคบลง ผลจากแก้ไขปัญหามีสามารถแสดงดังกราฟที่ 4.1 และกราฟที่ 4.2



กราฟ 4.1 จำนวนของปั๊มสุญญากาศที่หมุนติดย Spin torque และหมุนติดยท้ายไลน์ ที่เกิดขึ้นในแต่ละวันของเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2548

จากกราฟที่ 4.1 จะเห็นว่าตั้งแต่วันที่ 25 พฤศจิกายนเป็นต้นมา ซึ่งได้ดำเนินการยกเลิกกระบวนการยิงทรายของเพลแล้ว จำนวนของปั๊มสุญญากาศที่หมุนติดย Spin torque และหมุนติดยท้ายไลน์ มีปริมาณลดลงจากเดิมในช่วงวันที่ 1-24 พฤศจิกายน เกิดปัญหาการหมุนติดยเฉลี่ย 35 ตัวต่อวัน ลดลงเฉลี่ย 4 ตัวต่อวัน ในช่วงวันที่ 25-30 พฤศจิกายน



กราฟที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์มูลค่าของเสียเทียบกับต้นทุนการผลิตทั้งหมด

จากกราฟที่ 4.2 จากการยกเลิกกระบวนการยิงทรายเมื่อวันที่ 25 พฤศจิกายน และประกอบกับการกำหนดช่วงขนาดของชิ้นงานให้แคบลง พบว่าเปอร์เซ็นต์มูลค่าของเสียเทียบกับต้นทุนการผลิตทั้งหมดในช่วงเดือนธันวาคม มีค่าลดลงต่ำกว่าเป้าหมายที่ทางบริษัทตั้งไว้ จากเป้าหมายที่ทางบริษัทตั้งไว้ คือ 0.13% แต่ในเดือนธันวาคมจะเห็นว่าเปอร์เซ็นต์มูลค่าของเสียเทียบกับต้นทุนการผลิตทั้งหมดลดลงเหลือเพียง 0.09%

อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะได้ทดลองดำเนินการป้องกันและแก้ไข โดยการยกเลิกกระบวนการยิงทรายของเพลตาและกำหนดช่วงขนาดของชิ้นงานให้แคบลงแล้วก็ตาม ปัญหาการประกอบหมุนตีดก็ยังคงเกิดขึ้นแม้จะมีในจำนวนน้อย โดยอาจเกิดจากสาเหตุอื่นๆ (ดังแสดงในแผนภูมิข้างปลาที่ 3.1 และ 3.2) จึงควรดำเนินการตรวจสอบและวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางแก้ไขต่อไป