

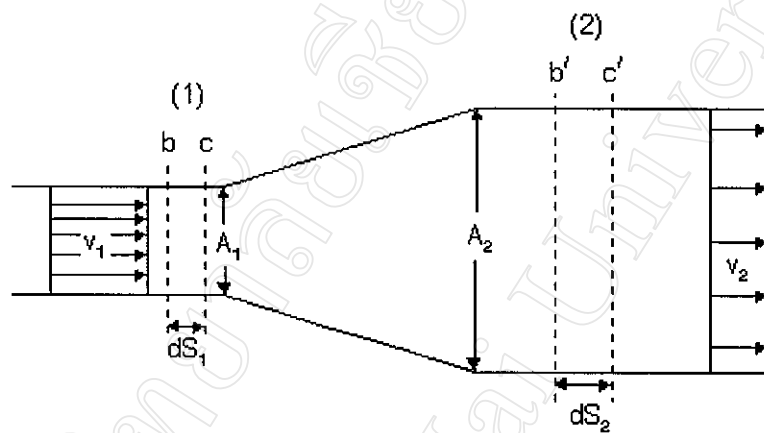
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ก.1 สมการที่เกี่ยวข้องกับอัตราการไหลของแก๊ส

ก.1.1 สมการต่อเนื่อง (Equation of Continuity)

เป็นการประยุกต์หลักของการอนุรักษ์มวล “ สสารสร้างขึ้นใหม่ไม่ได้และไม่มีการสูญหาย ” พิจารณา รูป แสดงภาคตัดขวางของของไหล



รูปที่ ก.1 ภาพแสดงการไหลของของเหลวที่มีพื้นที่หน้าตัดต่างกัน

ให้ A_1, A_2	คือพื้นที่หน้าตัดของของไหล ณ ตำแหน่ง 1 และ 2
V_1, V_2	คือความเร็วของของไหล ณ ตำแหน่ง 1 และ 2
dS_1, dS_2	คือระยะทางที่ของไหลเคลื่อนที่ได้ ณ ตำแหน่ง 1 และ 2 ในเวลาหนึ่ง
ρ_1, ρ_2	คือความหนาแน่นของของไหล ณ ตำแหน่ง 1 และ 2
dm_1, dm_2	คือมวลเปลี่ยนแปลงของของไหล ณ ตำแหน่ง 1 และ 2 ตามลำดับ

ถ้ามวลของของไหลเคลื่อนที่จากตำแหน่ง bb' ไปยัง cc' ในเวลา dt จะได้ว่า

$$dm_1 = \rho_1 A_1 dS_1 \quad \text{และ} \quad dS_1 = v_1 dt$$

$$dm_1 = \rho_1 A_1 v_1 dt$$

$$\frac{dm_1}{dt} = \rho_1 A_1 v_1 \quad \dots\dots\dots (1)$$

และ

$$dm_2 = \rho_2 A_2 dS_2 \quad \text{และ} \quad dS_2 = v_2 dt$$

$$dm_2 = \rho_2 A_2 v_2 dt$$

$$\frac{dm_2}{dt} = \rho_2 A_2 v_2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

จากหลักการของการอนุรักษ์ของมวล เหมือนกับว่าอยู่ในระบบปิด นั่นคืออัตราการเปลี่ยนมวลต่อหนึ่งหน่วยเวลา มีค่าคงที่ ดังนั้น

$$\frac{dm_1}{dt} = \frac{dm_2}{dt}$$

$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$$

ของไหลชนิดเดียวกัน

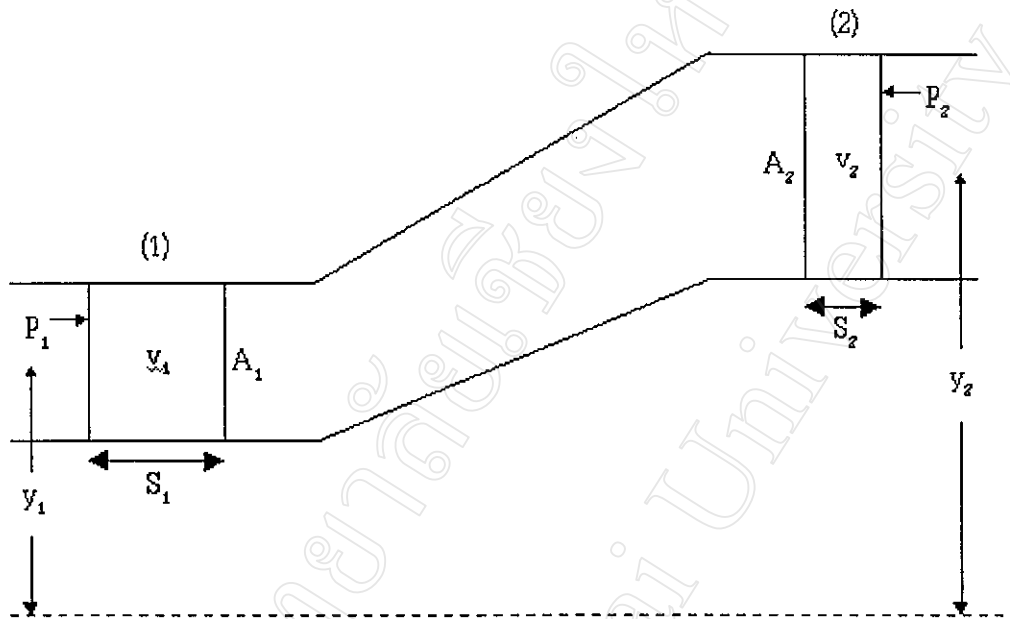
$$\rho_1 = \rho_2$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

สมการ (3) เรียกว่า สมการต่อเนื่อง (Equation of Continuity)

ก.1.2 สมการเบอร์นูลลี (Bernoulli's Equation)

พิจารณารูป



รูปที่ ก.2 ภาพแสดงการไหลของของเหลวที่มีระดับความสูงต่างกัน

ให้ของไหลประมาณ V ไหลจากตำแหน่งที่ 1 ไปยังตำแหน่งที่ 2

พิจารณางานของระบบ

$$\text{งานที่กระทำโดยแรงดัน} = P_1 A_1 S_1 - P_2 A_2 S_2$$

$$\text{งานที่กระทำเพื่อเอาชนะแรงโน้มถ่วง} = -mg(y_2 - y_1)$$

เนื่องจาก

$$\text{งานรวมทั้งหมด} = \text{การเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์}$$

$$P_1 A_1 S_1 - P_2 A_2 S_2 - mg(y_2 - y_1) = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2$$

$$P_1 A_1 S_1 + mgy_1 + \frac{1}{2} m v_1^2 = P_2 A_2 S_2 + mgy_2 + \frac{1}{2} m v_2^2 \quad \dots (4)$$

แต่ $AS = V = \frac{m}{\rho}$ แทนค่าลงในสมการที่ (4)

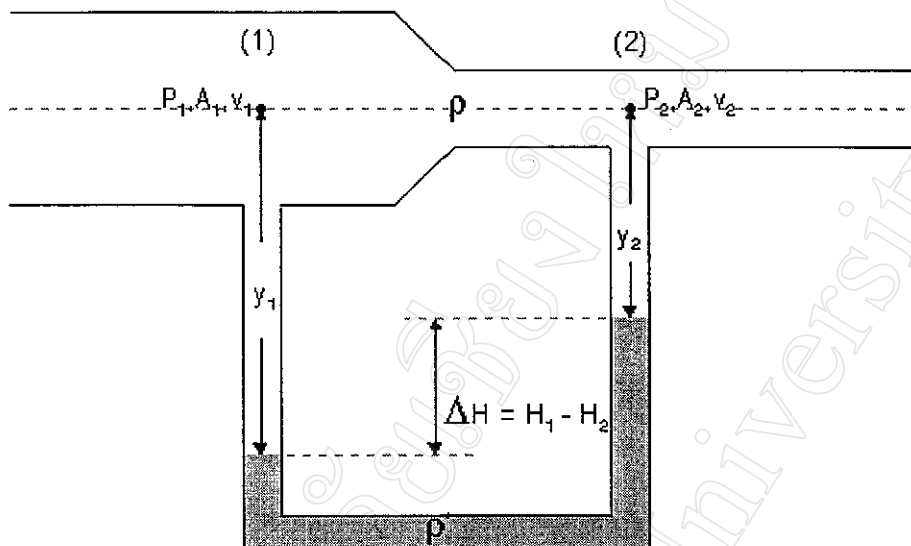
$$P_1 \frac{m}{\rho} + mgy_1 + \frac{1}{2} m v_1^2 = P_2 \frac{m}{\rho} + mgy_2 + \frac{1}{2} m v_2^2$$

$$P_1 + \rho gy_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \rho gy_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$$\therefore P + \rho gy + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{constant} \quad \dots (5)$$

สมการที่ (5) เรียกว่า สมการของเบอร์นูลลี

ก.1.3 เวนทูริมิเตอร์ (Venturi meter)



รูปที่ ก.3 ภาพแสดงเวนทูริมิเตอร์

พิจารณา	ความหนาแน่นของไหล =	ρ
	ที่ตำแหน่งที่ (1) ; พื้นที่หน้าตัด =	A_1
	ความเร็ว =	v_1
	ความดัน =	P_1
	ที่ตำแหน่งที่ (2) ; พื้นที่หน้าตัด =	A_2
	ความเร็ว =	v_2
	ความดัน =	P_2

พิจารณาหลอดตัวยู

ความหนาแน่นของของเหลว = ρ'

ระดับความลึกของของเหลวด้านที่ 1 และ 2 เท่ากับ H_1 และ H_2 ตามลำดับ

ผลต่างของระดับความสูงของของเหลวในหลอดทั้งสองข้าง = $\Delta H = H_1 - H_2$

พิจารณาระบบ

จากสมการของเบอร์นูลลี (ใช้ระดับแนวตำแหน่งที่ 3 เป็นระดับอ้างอิง) และ เมื่อ
พิจารณาต่อจะพบว่า ความสูงจากระดับอ้างอิงมีค่า H_1 เท่ากัน

$$P_1 + \rho g H_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \rho g H_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$$\text{ดังนั้น} \quad P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) \quad \dots\dots\dots (6)$$

ที่ระดับความลึก H_1 ของท่อรูปตัวยูทั้งสองข้าง จะมีความดันรวมเท่ากัน

$$P_1 + \rho g H_1 = P_2 + \rho' g \Delta H + \rho g H_2$$

$$P_1 - P_2 = \rho' g \Delta H + \rho g H_2 - \rho g H_1$$

$$\therefore P_1 - P_2 = g \Delta H (\rho' - \rho) \quad \dots\dots\dots (7)$$

สมการที่ (6) = (7)

$$\frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) = g \Delta H (\rho' - \rho)$$

$$(v_2^2 - v_1^2) = \frac{2g \Delta H (\rho' - \rho)}{\rho} \quad \dots\dots\dots (8)$$

จากสมการต่อเนื่อง

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$v_2 = \frac{A_1 v_1}{A_2}$$

แทนค่าลงในสมการที่ (8)

$$\frac{A_1 v_1^2}{A_2} - v_1^2 = \frac{2g\Delta H(\rho - \rho)}{\rho}$$

$$v_1^2 \frac{A_1^2 - A_2^2}{A_2^2} = \frac{2g\Delta H(\rho - \rho)}{\rho}$$

$$v_1^2 = \frac{2g\Delta H(\rho - \rho)}{\rho} \cdot \frac{A_2^2}{A_1^2 - A_2^2}$$

$$\therefore v_1 = A_2 \sqrt{\frac{2(\rho - \rho)g\Delta H}{\rho(A_1^2 - A_2^2)}} \quad \dots\dots\dots (9)$$

ให้ Q คืออัตราการไหลของแก๊ส (flow rate) ดังนั้น

$$Q = A_1 v_1 \quad \dots\dots\dots (10)$$

แทนค่าสมการ (9) ลงในสมการ (10)

$$Q = A_1 A_2 \sqrt{\frac{2(\rho - \rho)g\Delta H}{\rho(A_1^2 - A_2^2)}}$$

$$Q = \phi (\Delta H)^{1/2} \quad ; \quad \phi = \text{constant}$$

ดังนั้น

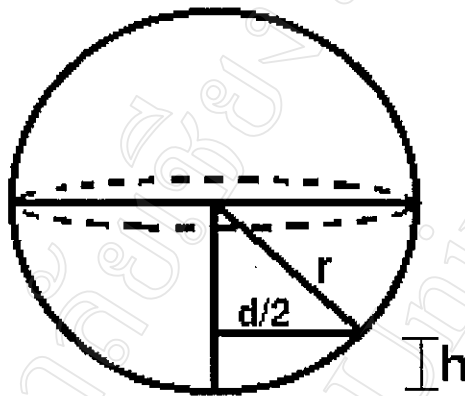
$$\log Q = m(\log \Delta H) + C \quad \text{..... (11)}$$

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ก.2 สมการที่ใช้คำนวณอัตราการสึกหรอ

ก.2.1 สมการอัตราการสึกหรอของหัวกด (Pin volume loss)

กำหนดให้ r = sphere radius
 d = wear scar diameter



รูปที่ ก.4 แสดงลักษณะหัวกด (Pin) ที่สึกกร่อน

จากรูปที่ 1 จะได้ว่า

$$r - h = r^2 - \frac{d^2}{4}$$

$$h = r - r^2 - \frac{d^2}{4}$$

$$h = r - r^2 - \frac{d^2}{4} \quad \dots\dots\dots (12)$$

กำหนดให้

h' = ความสูงเล็กๆ

d' = diameter เล็กๆ

ปริมาตรที่สูญเสียไปเมื่อส่วนที่ลึกเป็น dh'

$$dV = Adh' \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$A = \pi \frac{d^2}{4}$$

$$\frac{d^2}{4} = r^2 - (r-h')^2$$

$$\therefore A = \pi [r^2 - (r-h)^2] \quad \dots\dots\dots (14)$$

นำ (14) แทนใน (13) แล้วอินทิเกรตจะได้ว่า

$$V = \pi [r^2 - (r-h)^2] dh$$

$$V = \pi rh^2 - \frac{\pi h^3}{3} \quad \dots\dots\dots (15)$$

จาก (12) จะได้

$$r = h + \frac{d^2}{4} \quad \dots\dots\dots (16)$$

นำสมการที่ (16) แทนใน (15) จะได้ว่า

$$V = \pi \left[h + \frac{d^2}{4} \right] h^2 - \frac{\pi h^3}{3}$$

$$V = \pi \left[\frac{2h^3}{3} + h^2(r-h) \right]$$

$$V = \pi \frac{2h^3}{3} + h(rh - h^2)$$

$$V = \frac{\pi r h}{6} h^2 + \frac{3d^2}{4} \dots\dots\dots (17)$$

เนื่องจาก ในทางปฏิบัติไม่สามารถวัดความสูงส่วนที่ลึกได้ ดังนั้นต้องพยายามกำจัด h ออกไปจากสมการที่ (12) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} V &= \frac{\pi}{6} r - r^2 - \frac{d^2}{4}^{\frac{1}{2}} \frac{3d^2}{4} + r - r^2 - \frac{d^2}{4}^{\frac{1}{2}}^2 \\ V &= \frac{\pi}{6} r - r^2 - \frac{d^2}{4r^2}^{\frac{1}{2}} \frac{3d^2}{4} + 2r^2 - \frac{d^2}{4} - 2r r^2 - \frac{d^2}{4}^{\frac{1}{2}} \\ V &= \frac{\pi}{6} r - r^2 - \frac{d^2}{8r^2} \dots \frac{d^2}{2} + 2r^2 - 2r^2 - \frac{d^2}{8r^2} \dots \\ V &= \frac{\pi}{6} \frac{d^2}{8r} - \frac{3d^2}{4} \\ V &= \frac{\pi d^4}{64r} \dots\dots\dots (18) \end{aligned}$$

จากสมการที่ (18) สามารถเขียนอีกแบบหนึ่งได้ว่า

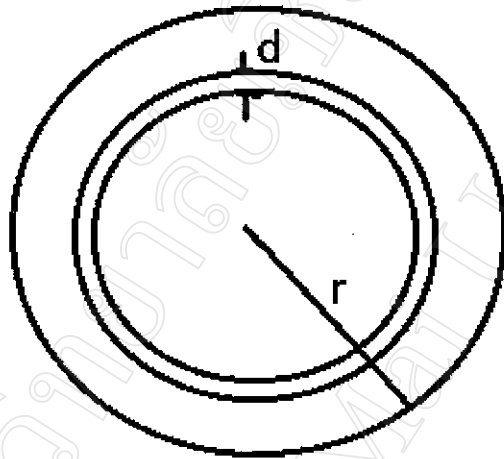
$$\text{Pin volume loss} = \frac{\pi(\text{wear scar diameter, mm})^2}{64(\text{sphere radius, mm})} \dots\dots\dots (19)$$

ก.2.2 สมการอัตราการสึกหรอของชิ้นงาน (Disc volume loss)

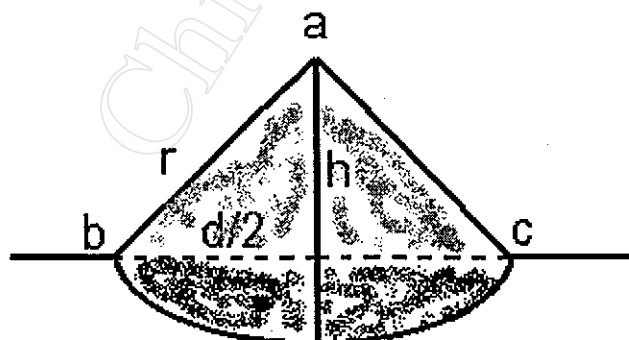
รูปที่ 2 กำหนดให้

d = wear track width

r = sphere radius



รูปที่ ก.5 แสดงพื้นผิวของชิ้นงาน



รูปที่ ก.6 แสดงภาพตัดขวางของ wear track

กำหนดให้ พื้นที่ส่วนที่แรเงาทั้งหมด = X พื้นที่แรเงาเข้ม = A และมุม $bac = \alpha$ จะได้ว่า

$$X = \frac{\alpha \pi r^2}{2\pi}$$

และ

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{d}{2r}$$

$$\frac{\alpha}{2} = \sin^{-1} \frac{d}{2r}$$

$$\therefore X = r^2 \sin^{-1} \frac{d}{2r} \dots\dots\dots (20)$$

แต่พื้นที่ส่วนที่ต้องการหา คือ A ดังนั้นจะต้องหาพื้นที่ของสามเหลี่ยม abc เพื่อที่จะนำไปลบออกจาก พื้นที่ X

พิจารณา Δabc

$$\text{พื้นที่ } abc = \frac{1}{2} \times d \times h$$

จากรูปที่ 3 จะได้ว่า

$$r^2 = h^2 + \frac{d^2}{4}$$

$$h^2 = r^2 - \frac{d^2}{4}$$

$$h = \sqrt{r^2 - \frac{d^2}{4}}$$

$$\therefore \text{พื้นที่ } \Delta abc = \frac{d}{4} (4r^2 - d^2)^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots (21)$$

นำสมการ (21) ลบสมการ (20) จะได้ว่า

$$A = r^2 \sin^{-1} \frac{d}{2r} - \frac{d}{4} (4r^2 - d^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$\therefore \text{Disk volume loss} = 2\pi R r^2 \sin^{-1} \frac{d}{2r} - \frac{d}{4} (4r^2 - d^2)^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots (22)$$

สมการที่ (22) อยู่ในรูปที่ยากต่อการคำนวณหาปริมาตรที่สูญเสีย ดังนั้นจึงจะทำให้อยู่ในรูปที่ง่ายจะได้ว่า

$$\text{Disk volume loss} = 2\pi R r^2 \sin^{-1} \frac{d}{2r} - \frac{d}{4} (4r^2 - d^2)^{\frac{1}{2}}$$

พิจารณา

$$\begin{aligned} \frac{d}{4} (4r^2 - d^2)^{\frac{1}{2}} &= \frac{dr}{2} \sqrt{1 - \frac{d^2}{4r^2}} \\ &= \frac{dr}{2} \sqrt{1 - \frac{d^2}{8d^2}} \dots ; r \gg d \\ &= \frac{dr}{2} - \frac{d^3}{16r} \end{aligned}$$

พิจารณาเทอม

$$\begin{aligned} r^2 \sin^{-1} \frac{d}{2r} &= r^2 \left(\frac{d}{2r} + \frac{d^3}{48r^3} \right) \\ &= \frac{dr}{2} + \frac{d^3}{48r} \end{aligned}$$

จากสมการที่ (22) จะได้ว่า

$$\text{Disk volume loss} = 2\pi R \left(\frac{dr}{2} + \frac{d^3}{48r} - \frac{dr}{2} + \frac{d^3}{16r} \right)$$

$$\therefore \text{Disk volume loss} = \frac{\pi(\text{wear track radius})(\text{track width})^3}{6(\text{sphere radius})} \dots\dots (23)$$

ภาคผนวก ข.
ข้อมูลการทดลอง

ข.1 ข้อมูลผลการทดลองอัตราการไหลของแก๊ส

ตารางที่ ข.1 ผลการทดลองอัตราการไหลของแก๊สอะเซทิลีน

ครั้งที่	$\Delta H(\text{cm})$	$t_{\text{เฉลี่ย}}(\text{s})$	$Q(\text{cm}^3/\text{s})$	$\log(\Delta H, \text{cm})$	$\log(Q, \text{cm}^3/\text{s})$
1	36.4000	49.6800	0.4026	1.5611	-0.3952
2	33.1000	53.6267	0.3729	1.5198	-0.4284
3	27.6000	61.4567	0.3254	1.4409	-0.4875
4	23.1000	71.1167	0.2812	1.3636	-0.5509
5	19.6000	81.3833	0.2458	1.2923	-0.6095
6	15.3000	103.0100	0.1942	1.1847	-0.7118
7	12.5000	128.9833	0.1551	1.0969	-0.8095
8	9.3000	188.5367	0.1061	0.9685	-0.9744

ตารางที่ ข.2 ผลการทดลองอัตราการไหลของแก๊สอาร์กอน

ครั้งที่	$\Delta H(\text{cm})$	$t_{\text{เฉลี่ย}}(\text{s})$	$Q(\text{cm}^3/\text{s})$	$\log(\Delta H, \text{cm})$	$\log(Q, \text{cm}^3/\text{s})$
1	33.7000	9.0200	2.2173	1.5276	0.3458
2	30.9000	9.4567	2.1149	1.4900	0.3253
3	28.2000	10.2033	1.9601	1.4502	0.2923
4	25.5000	10.7300	1.8639	1.4065	0.2704
5	23.5000	11.3133	1.7678	1.3711	0.2474
6	21.9000	11.8033	1.6944	1.3404	0.2290
7	19.6000	12.7467	1.5690	1.2923	0.1956
8	17.5000	13.7200	1.4577	1.2430	0.1637

ตารางที่ ข.3 ผลการทดลองอัตราการไหลของแก๊สแอมโมเนีย

ครั้งที่	$\Delta H(\text{cm})$	$t_{\text{เฉลี่ย}}(\text{s})$	$Q (\text{cm}^3/\text{s})$	$\log (\Delta H, \text{cm})$	$\log (Q, \text{cm}^3/\text{s})$
1	29.1000	6.5767	3.0411	1.4639	0.4830
2	26.7000	6.7967	2.9426	1.4265	0.4687
3	22.5000	7.6167	2.6258	1.3522	0.4193
4	19.2000	8.2533	2.4233	1.2833	0.3844
5	16.4000	9.0800	2.2026	1.2148	0.3429
6	14.9000	9.6633	2.0697	1.1732	0.3159
7	14.0000	10.4300	1.9175	1.1461	0.2827
8	12.2000	11.0533	1.8094	1.0864	0.2575
9	10.5000	11.6700	1.7138	1.0212	0.2340

ข.2 ข้อมูลผลการทดสอบความแข็ง

ข้อมูลความแข็งที่ได้ จะวัด 10 ครั้งแล้วจึงหาค่าเฉลี่ย

ตารางที่ ข.4 ผลการทดสอบความแข็งของสารตัวอย่าง MJ12 ใช้น้ำหนักกด 50 g

เวลา(h)	Non-coated	1000 K	1100 K	1200 K	1300 K
2	384.1 ± 21.8	755.1 ± 45.9	794.9 ± 39.0	943.5 ± 34.0	996.1 ± 26.8
5	384.1 ± 21.8	805.8 ± 65.0	872.9 ± 31.0	1085.2 ± 47.1	1138.1 ± 65.2
10	384.1 ± 21.8	903.3 ± 24.9	945.1 ± 36.5	1230.1 ± 64.0	1241.5 ± 79.0
15	384.1 ± 21.8	902.1 ± 27.1	965.0 ± 69.9	1256.4 ± 30.1	1285. ± 34.9

หมายเหตุ $a \pm b$: a คือ ค่าความแข็งนูนเฉลี่ย (kg.mm^{-2})

b คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ ข.5 ผลการทดสอบความแข็งของสารตัวอย่าง MJ12 ใช้น้ำหนักกด 100 g

เวลา(h)	Non-coated	1000 K	1100 K	1200 K	1300 K
2	351.7 ± 20.7	607.6 ± 22.0	730.5 ± 39.0	790 ± 30.7	860.8 ± 17.9
5	351.7 ± 20.7	748.0 ± 31.3	775.0 ± 24.7	951.4 ± 24.1	966.8 ± 35.5
10	351.7 ± 20.7	788.5 ± 23.5	827.1 ± 55.0	1023 ± 74.2	1051.9 ± 33.1
15	351.7 ± 20.7	779.3 ± 52.0	860.4 ± 19.1	1046.1 ± 28.9	1081.5 ± 29.3

หมายเหตุ $a \pm b$: a คือ ค่าความแข็งนูนเฉลี่ย (kg.mm^{-2})

b คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ ข.6 ผลการทดสอบความแข็งของสารตัวอย่าง MJ47 ใช้น้ำหนักกด 50 g

เวลา(h)	Non-coated	1000 K	1100 K	1200 K	1300 K
2	516.6 ± 45.2	646.6 ± 48.4	833.3 ± 39.7	930.7 ± 34.7	973.0 ± 33.6
5	516.6 ± 45.2	753.1 ± 63.3	909.6 ± 36.1	1108.3 ± 23.4	1191.5 ± 29.4
10	516.6 ± 45.2	813.2 ± 37.9	990.1 ± 41.2	1239.0 ± 40.8	1243.8 ± 52.7
15	516.6 ± 45.2	894.3 ± 49.6	1017.6 ± 34.1	1237.1 ± 42.1	1359.5 ± 33.4

หมายเหตุ $a \pm b$: a คือ ค่าความแข็งนูนเฉลี่ย (kg.mm^{-2})

b คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ ข.7 ผลการทดสอบความแข็งของสารตัวอย่าง MJ47 ใช้น้ำหนักกด 100 g

เวลา(h)	Non-coated	1000 K	1100 K	1200 K	1300 K
2	496.2 ± 36.2	619.9 ± 23.3	744.0 ± 58.9	814.0 ± 23.8	842.0 ± 26.2
5	496.2 ± 36.2	640.1 ± 12.0	815.6 ± 25.0	951.4 ± 24.1	1041.2 ± 94.7
10	496.2 ± 36.2	780.3 ± 40.2	892.8 ± 25.1	966.3 ± 53.3	1034.6 ± 37.5
15	496.2 ± 36.2	804.4 ± 12.7	910.9 ± 48.5	959.6 ± 31.3	1103.2 ± 28.2

หมายเหตุ a ± b : a คือ ค่าความแข็งนูนปลาย (kg.mm⁻²)

b คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ข.3 ข้อมูลผลการทดสอบการสึกหรอ

ตารางที่ ข.8 ผลการทดสอบการสึกหรอของสารตัวอย่าง MJ12

Samples	Temperature (K)	Mean wear track width (mm)	Disk volume loss (mm ³)	Sliding distance (mm)	Wear rate (mm ³ .mm ⁻¹)
Non-coated	--	0.8337	0.4296	200750	2.1400E-06
2 h	1000	0.3508	0.032	200750	1.5900E-07
	1100	0.2622	0.0134	200750	6.6600E-08
	1200	0.2517	0.0118	200750	5.8861E-08
	1300	0.2385	0.0100	200750	5.0108E-08
5 h	1000	0.2619	0.0133	200750	6.6400E-08
	1100	0.2545	0.0121	200750	6.0839E-08
	1200	0.2484	0.0114	200750	5.6600E-08
	1300	0.248	0.0113	200750	5.6300E-08
10 h	1000	0.2391	0.0101	200750	5.0500E-08
	1100	0.219	0.0078	200750	3.8800E-08
	1200	0.2141	0.0073	200750	3.6262E-08
	1300	0.2087	0.0067	200750	3.3600E-08
15 h	1000	0.2222	0.0081	200750	4.0500E-08
	1100	0.2094	0.0068	200750	3.3900E-08
	1200	0.2046	0.0063	200750	3.1600E-08
	1300	0.1596	0.0030	200750	1.5000E-08

ตารางที่ ข.9 ผลการทดสอบการสึกหรอของหัวกดที่ใช้ทดสอบสารตัวอย่าง MJ12

Samples	Temperature (K)	Mean pin scar (mm)	Pin volume loss (mm ³)	Sliding distance (mm)	Wear rate (mm ³ .mm ⁻¹)
Non-coated	--	0.7176	4.0950E-03	200750	2.0399E-08
2 h	1000	0.2818	9.7363E-05	200750	4.8500E-10
	1100	0.2475	5.7954E-05	200750	2.8869E-10
	1200	0.2466	5.7139E-05	200750	2.8463E-10
	1300	0.2330	4.5521E-05	200750	2.2675E-10
5 h	1000	0.2563	6.6673E-05	200750	3.3212E-10
	1100	0.2455	5.6127E-05	200750	2.7958E-10
	1200	0.2488	5.9134E-05	200750	2.9457E-10
	1300	0.2342	4.6466E-05	200750	2.3146E-10
10 h	1000	0.2541	6.4388E-05	200750	3.2074E-10
	1100	0.2413	5.2318E-05	200750	2.6062E-10
	1200	0.2402	5.1392E-05	200750	2.5600E-10
	1300	0.2327	4.5287E-05	200750	2.5600E-10
15 h	1000	0.2364	4.8216E-05	200750	2.4018E-10
	1100	0.2340	4.6307E-05	200750	2.3067E-10
	1200	0.2353	4.7365E-05	200750	2.3594E-10
	1300	0.2122	3.1331E-05	200750	1.5607E-10

ตารางที่ 1.10 ผลการทดสอบการสึกหรอของสารตัวอย่าง MJ47

Samples	Temperature (K)	Mean wear track width (mm)	Disk volume loss (mm ³)	Sliding distance (mm)	Wear rate (mm ³ .mm ⁻¹)
Non-coated	--	0.4347	0.4296	200750	2.1653E-06
2 h	1000	0.0319	0.032	200750	1.5913E-07
	1100	0.0218	0.0134	200750	1.0847E-07
	1200	0.0189	0.0109	200750	9.4301E-08
	1300	0.0169	0.0088	200750	8.4157E-08
5 h	1000	0.0163	0.0133	200750	8.1089E-08
	1100	0.0130	0.0119	200750	6.4608E-08
	1200	0.0115	0.0114	200750	5.7391E-08
	1300	0.0097	0.0113	200750	4.8149E-08
10 h	1000	0.0118	0.0101	200750	5.8773E-08
	1100	0.0095	0.0078	200750	4.7113E-08
	1200	0.0090	0.0094	200750	4.4734E-08
	1300	0.0073	0.0067	200750	3.6141E-08
15 h	1000	0.0115	0.0081	200750	5.7486E-08
	1100	0.0103	0.0068	200750	5.1259E-08
	1200	0.0091	0.0063	200750	4.5484E-08
	1300	0.0079	0.003	200750	3.9363E-08

ตารางที่ ข.11 ผลการทดสอบการสึกหรอของหัวกดที่ใช้ทดสอบสารตัวอย่าง MJ47

Samples	Temperature (K)	Mean pin scar (mm)	Pin volume loss (mm ³)	Sliding distance (mm)	Wear rate (mm ³ .mm ⁻¹)
Non-coated	--	0.8146	6.80E-03	200750	3.3881E-08
2 h	1000	0.2727	8.54E-05	200750	4.2516E-10
	1100	0.2679	7.96E-05	200750	3.9630E-10
	1200	0.2450	5.56E-05	200750	2.7709E-10
	1300	0.2416	5.26E-05	200750	2.6191E-10
5 h	1000	0.2587	6.92E-05	200750	3.4460E-10
	1100	0.2374	4.91E-05	200750	2.4437E-10
	1200	0.2342	4.65E-05	200750	2.3136E-10
	1300	0.2323	4.50E-05	200750	2.2414E-10
10 h	1000	0.2361	4.80E-05	200750	2.3896E-10
	1100	0.2310	4.40E-05	200750	2.1897E-10
	1200	0.2346	4.67E-05	200750	2.3285E-10
	1300	0.2331	4.56E-05	200750	2.2724E-10
15 h	1000	0.2353	4.73E-05	200750	2.3574E-10
	1100	0.2296	4.29E-05	200750	2.1390E-10
	1200	0.2325	4.51E-05	200750	2.2481E-10
	1300	0.2319	4.47E-05	200750	2.2260E-10

ตารางที่ ข.13 ผลการเปลี่ยนแปลงมวลต่อพื้นที่ของสารตัวอย่าง MJ47

Samples	Temperature (K)	Surface area (mm ²)	Δm (g)	$\Delta m/A$ (g.mm ⁻²)
2 h	1000	439.9226	4.0000E-04	9.0925E-07
	1100	426.5343	1.6000E-03	3.7512E-06
	1200	433.8074	1.6000E-03	3.6883E-06
	1300	425.6674	1.8000E-03	4.2287E-06
5 h	1000	410.3891	1.1000E-03	2.6804E-06
	1100	438.5095	1.8000E-03	4.1048E-06
	1200	422.4776	1.8000E-03	4.2606E-06
	1300	448.6304	2.1000E-03	4.6809E-06
10 h	1000	467.6146	1.4000E-03	2.9939E-06
	1100	444.6567	2.0000E-03	4.4979E-06
	1200	444.7382	2.0000E-03	4.4970E-06
	1300	433.3155	2.1000E-03	4.8464E-06
15 h	1000	455.8885	2.1000E-03	4.6064E-06
	1100	428.2974	1.9000E-03	4.4362E-06
	1200	447.9113	2.1000E-03	4.6884E-06
	1300	442.5797	2.5000E-03	5.6487E-06

ข.4 ข้อมูลผลการทดลองการเปลี่ยนแปลงมวลต่อพื้นที่

ตารางที่ ข.12 ผลการเปลี่ยนแปลงมวลต่อพื้นที่ของสารตัวอย่าง MJ12

Samples	Temperature (K)	Surface area (mm ²)	Δm (g)	$\Delta m/A$ (g.mm ⁻²)
2 h	1000	439.7404	8.00E-04	1.8200E-06
	1100	441.5855	1.40E-03	3.1700E-06
	1200	424.3099	1.40E-03	3.3000E-06
	1300	447.0202	1.90E-03	4.2500E-06
5 h	1000	453.9857	1.00E-03	2.2000E-06
	1100	442.8942	1.50E-03	3.3900E-06
	1200	455.8784	1.60E-03	3.5100E-06
	1300	441.3558	2.00E-03	4.5300E-06
10 h	1000	461.9358	1.20E-03	2.6000E-06
	1100	420.4253	1.50E-03	3.5700E-06
	1200	457.5544	1.70E-03	3.7200E-06
	1300	454.1133	2.40E-03	5.2900E-06
15 h	1000	466.9344	1.40E-03	3.0000E-06
	1100	454.4881	1.70E-03	3.7400E-06
	1200	438.2771	1.70E-03	3.8800E-06
	1300	438.2041	2.80E-03	6.3900E-06

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ

นายต่อพันธ์ พันดร

วัน เดือน ปี เกิด

18 พฤษภาคม 2521

ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลาย โรงเรียนสามัคคีวิทยาคม ปี
การศึกษา 2539
สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2543