บทที่ 3
การดำเนินงาน

3.1 การวางแผนการดำเนินงาน

1 เก็บข้อมูลเกี่ยวกับการสร้างเครื่องอัตราการไหลของพลาสติก

2 เสนอราคา พร้อมกับรายละเอียดต่างๆเกี่ยวกับวัสดุ ให้แก่อาจารย์ที่ปรึกษา

3 สั่งซื้อวัสดุอุปกรณ์ทั้งหมด

4 จัดสร้าง

5 ทำการทดสองการทำงานของเครื่อง

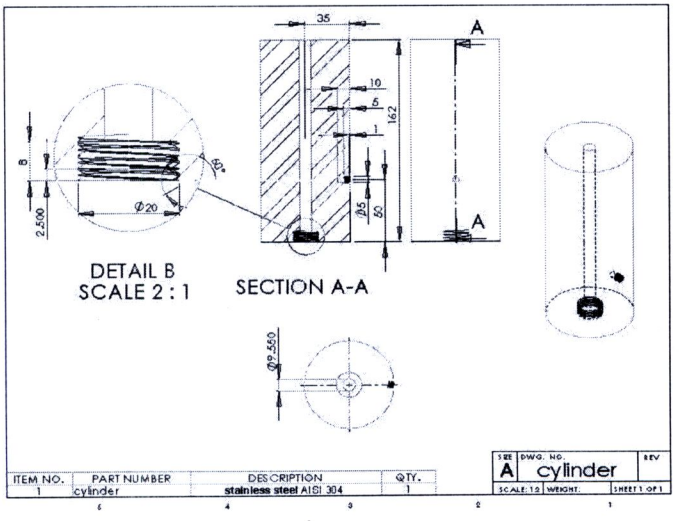
6 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

3.2 การออกแบบ

การออกแบบเครื่องทดสอบอัตราการไหลของพลาสติก ได้ออกแบบตาม ASTM D 1238 และ ISO 1133 เพื่อให้เครื่องทดสอบเพื่อให้เครื่องสามารถทดสอบได้ตามมาตรฐานและทำการปรับปรุงแบบในบางส่วนที่ไม่ส่งผลกระทบต่อผลการทดลอง เพื่อให้ง่ายต่อการดำเนินงาน แบบเครื่องทดสอบอัตราการไหลของพลาสติก มีดังนี้

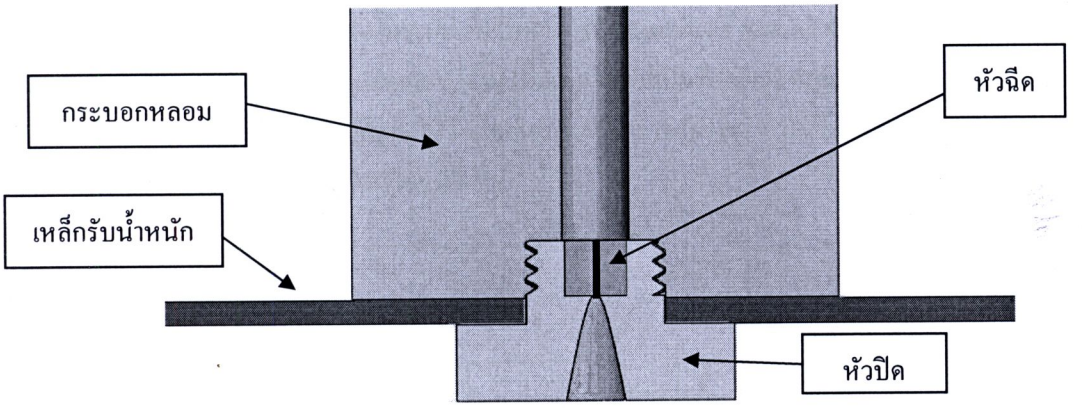
3.2.1.แบบของชุดกระบอกหลอม

ออกแบบกระบอกหลอมใหม่ เพราะ แบบของกระบอกหลอมตามมาตรฐานนั้น ต้องเจาะรูเพื่อใส่เทอร์โมคัปเปิลที่ลึกมาก จึงเปลี่ยนมาเจาะด้านข้าง แล้วเลือกเทอร์โมคัปเปิลแบบเกลียวแทน ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 กระบอกหลอม

3.2.2.ออกแบบหัวปิดด้านล่างใหม่ เพื่อให้ง่ายต่อการทำความสะอาด ทำให้เปลี่ยนหัวฉีดได้ง่ายขึ้น และ ยังไว้ยึดกระบอกหลอมกับเครื่องอีกด้วยดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 การประกอบหัวปิด

คำนวณหาเกลียว ใช้เหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1020 โดยกำหนดน้ำหนักที่กระทำต่อเกลียวอยู่ที่ 15 กิโลกรัม

ความเค้นใช้งาน = 448.175/5 = 89.635 N/mm²

$$\sigma = \frac{F}{A} \tag{3.1}$$

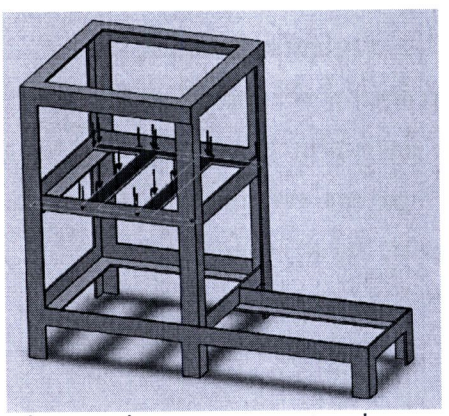
$$89.635 = \frac{150}{A_s}$$

$$A_s = 1.6734 \text{ mm}^2$$

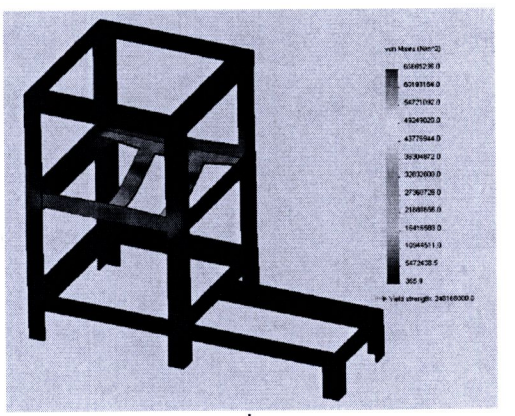
ดังนั้นควรเลือกใช้เกลียว ธรรมดาที่ M2x0.4 แต่ด้วยเราต้องการให้ใส่หัวฉีดเข้าไป จึงต้องขนาดให้ใหญ่กว่าหัวฉีด เป็น M20x2.5 A_s = 245 ตารางมิลลิเมตร

3.2.3.แบบของโครงเครื่อง

ได้ทำการวิเคราะห์แรงที่จะกระทำต่อโครงสร้างโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ กำหนดวัสดุเป็นเหล็กฉาก 1"x1"x1/8" SS 400 แรงกระทำกับโครงเหล็ก 300 นิวตัน ซึ่งมีค่าความปลอดภัยเท่ากับ 5 สามารถนำไปใช้งานได้ดังแสดงในรูปที่ 3.3 และ 3.4



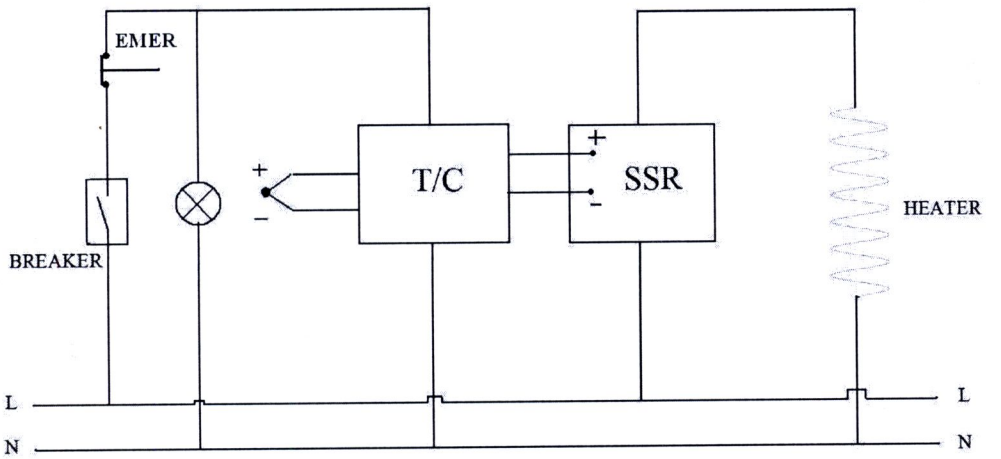
รูปที่ 3.3 แรงที่กระทำต่อโครงสร้างเครื่อง



รูปที่ 3.4 การเสียรูปและส่วนที่รับความเค้น

3.2.4.การออกแบบวงจรไฟฟ้า

วงจรควบคุมให้ใช้ได้ทั้งแบบ ON-OFF และ แบบ PID วงจรจะทำงานเมื่อเปิดเบรกเกอร์ กระแสไฟฟ้าจะไหลไปยังตัวควบคุมอุณหภูมิ T/C ตัวควบคุมอุณหภูมิทำการรับค่าอุณหภูมิจากเทอร์โมคัปเปิลที่ต่อมาจากกระบอกหลอมมาแสดงที่ตัวควบคุมอุณหภูมิ จากนั้นทำการปรับค่า โซลิดสเตทรีเลย์ SSR จะทำงานทำให้เครื่องทำความร้อนมีแรงเคลื่อนไฟฟ้า ขดลวดความต้านทานจะทำงาน เมื่อเทอโมคัปเปิลรับค่าอุณหภูมิภายในกระบอกหลอมเท่ากับค่าที่ปรับไว้ ตัวควบคุมอุณหภูมิจะส่งสัญญาณให้โซลิดสเตทรีเลย์ทำการตัดวงจร ทำให้ไม่มีแรงเคลื่อนไฟฟ้า เครื่องทำความร้อนไม่ครบวงจรจึงไม่ทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 วงจรควบคุมการทำงานของเครื่องทดสอบการอัตราการไหลของพลาสติก

3.3 ออกแบบชุดกระบอกหลอมใหม่ เนื่องจากเกิดปัญหาเครื่องทดสอบมีอัตราการไหลที่ช้ากว่าปกติ

3.3.1 หาสาเหตุของปัญหา

ทำการคำนวณในส่วนที่คาดว่าจะมีการสูญเสียความร้อนที่เกิดจากการใส่หัวปิดเข้ากับกระบอกหลอม ภาพประกอบการคำนวณแสดงดังรูปที่ 3.6

กำหนดให้ T_1 = ตั้งอุณหภูมิไว้ที่230°C

T_2 = อุณหภูมิบริเวณเหล็กกล้าไร้สนิมสัมผัสกับเหล็กที่เป็นหัวปิด

T_3 = อุณหภูมิบริเวณผนังภายนอกของเหล็ก

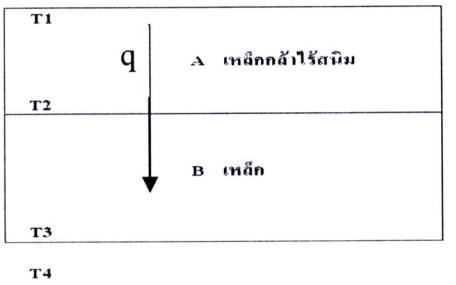
T_4 = อากาศมีอุณหภูมิ 25°C

h = มีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเป็น 25 W/m^2K

k = ค่าการนำความร้อน (W/m K)

L = ความหนาของโลหะ (m)

q" = ฟลักซ์ของความร้อน (W/m^2)



รูปที่ 3.6 ภาพประกอบการคำนวณอุณหภูมิระหว่างแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมกับเหล็กหัวปิด

$$q" = \frac{880W}{(0.3 \times 0.3)} = 9778 \frac{W}{m^2}$$

$$T_2 = T_1 - \left(\frac{L_a}{k_b}\right) \times q" \qquad (3.2)$$

จากสมการที่ (3.2)

$$T_2 = T_1 - \left(\frac{0.05}{14}\right) \times 9778$$

$$T_2 = 195^{\circ}\mathrm{C}$$

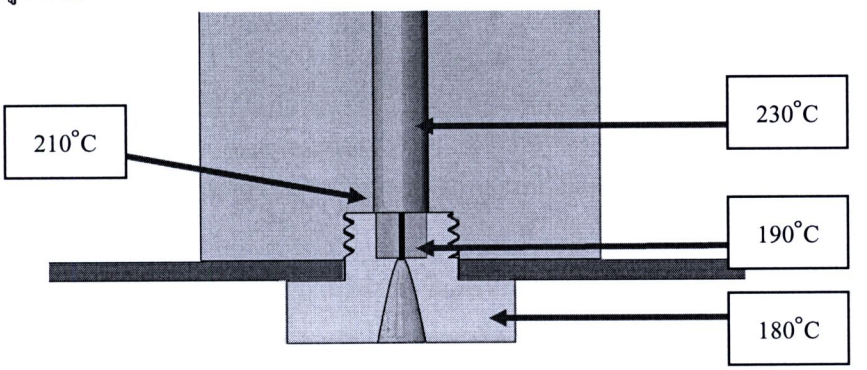
$$T_3 = T_1 - \left[\left(\frac{L_a}{k_a}\right) + \left(\frac{L_b}{k_b}\right)\right] \times q" \qquad (3.3)$$

จากสมการที่ (3.3)

$$T_3 = T_1 - \left[\left(\frac{0.05}{14}\right) + \left(\frac{0.04}{50}\right)\right] \times 9778$$

$$T_3 = 187.256 \ ^{\circ}\mathrm{C}$$

จากการคำนวณพบว่า ความร้อนที่ผนังของเหล็กหัวปิดมีการถ่ายเทความร้อนออกไปมากเกินกว่าจะยอมรับได้ ซึ่งจะส่งผลให้ความร้อนในกระบอกหลอมไม่เท่ากันอย่างที่คาดการณ์ไว้ในตอนแรก ต่อมาเพื่อทำการยืนยันค่าความร้อนทางทฤษฎีเราได้ตั้งอุณหภูมิเครื่องทดสอบไว้ที่230°C แล้วใช้เทอร์โมคัปเปิลวัดอุณหภูมิจริง เพื่อเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณ ดังแสดงในรูปที่ 3.7



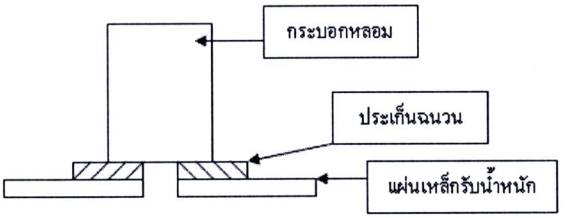
รูปที่ 3.7 อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆขณะให้ความร้อนที่ 230 องศาเซลเซียส

3.3.2 สรุปสาเหตุของปัญหา

1. หัวปิดซึ่งเป็นเหล็กยืดออกมาอาจจะมีการถ่ายเทความร้อนออกไปทำให้ความร้อนที่หัวฉีดลดลงตามไปด้วย
2. กระบอกหลอมตั้งอยู่บนเหล็กที่สามารถนำความร้อนออกไปได้ง่าย จนทำให้อุณหภูมิที่หัวปิดและหัวฉีดน้อยกว่าที่ควร

3.3.3 ทำการแก้ไขปัญหา

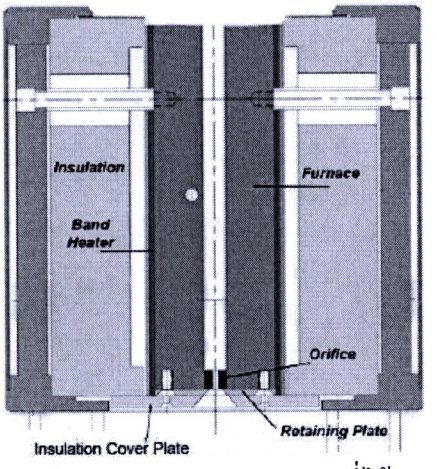
1. ทำการออกแบบชุดกระบอกใหม่ให้มีพื้นที่ถ่ายเทความร้อนออกให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ และ ปรับแบบให้ใกล้เคียงกับเครื่องมาตรฐานมากขึ้น
2. นำประเก็นฉนวนมาลองกระบอกหลอมเพื่อไม่ให้ความร้อนถูกถ่ายเทไปที่เหล็กรับน้ำหนักด้านล่าง ดังแสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 การประกอบประเก็นฉนวนเข้ากับเครื่อง

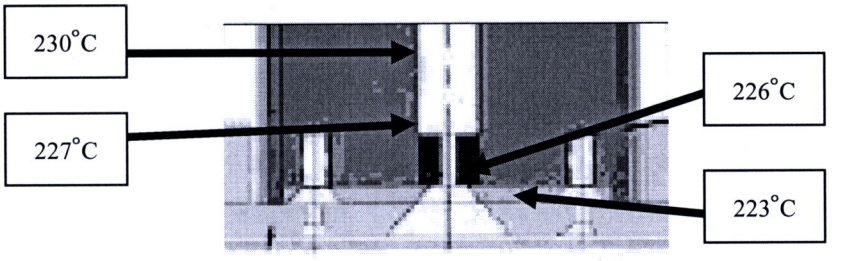
3. ออกแบบชุดจับยึดกระบอกหลอมใหม่ โดยใช้น๊อตเหล็กกล้าไร้สนิม ยึดกระบอกหลอมแทนหัวปิด
4. นำฉนวนทนความร้อนสูงหุ้มรอบๆกระบอกหลอม

จากที่ผู้จัดทำได้คิดแก้ไขไว้จะสามารถเขียนแบบออกมาได้ดังรูปที่3.9



รูปที่ 3.9 ภาพตัดขวางของชุดกระบอกหลอมที่ได้ออกแบบใหม่

หลังจากทำการแก้ไขกระบอกหลอมใหม่แล้วทำการวัดอุณหภูมิจริงอีกครั้งตามจุดต่างๆ พบว่าอุณหภูมิในกระบอกหลอมลดลงน้อยมาก ดังรูปที่ 3.10 ซึ่งคาดว่าจะไม่มีปัญหาเรื่อง อุณหภูมิที่ไม่สม่ำเสมออีกต่อไป



รูปที่ 3.10 อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆขณะให้ความร้อนที่ 230 องศาเซลเซียส

3.4 การคำนวณ

3.4.1 การคำนวณหาความร้อนสูญเสีย [3]

ผนังฉนวนด้านข้างใช้ คือ ชั้นในอิฐทนไฟ มีค่า k = 0.38 W/m·K หนา 76 mm กำหนด T_1 ด้านในเครื่องเท่ากับ 300°C ส่วน T_2 ด้านนอกเครื่องเท่ากับ 30°C ขนาดเตาเผื่อให้ใหญ่กว่าปกติ = 0.28*0.25m มี5ด้านที่ใช้ผนังอิฐทนไฟ ใช้กฎของ Fourier

คำนวณฟลั๊กความร้อนหาได้จากสมการ $q_X = -k\frac{\partial T}{\partial X}$

จากสมการ $q_X = k\frac{(T_1 - T_2)}{L} = k\frac{\Delta T}{L}$ (3.4)

จะได้ $q_x = (0.38W/mK)\left[\frac{270K}{0.076}\right]$ = 1350 W/m^2

$q_X = \frac{Q_X}{A}$ (3.5)

$Q_x = 1350\times(0.28\times0.25)$

$Q_x = 94.5W$

ผนังด้านที่ใช้อิฐทนไฟมี 5 ด้าน $Q_x = 94.5\times5$

$= 472.5$ W

ส่วนด้านล่างมีประเก็นฉนวน Ceramic Fibre Paper มีค่า K = 0.085 W/m·K หนา 5 mm. กำหนด T_1 ด้านในเครื่องเท่ากับ 300°C ส่วน T_2 ด้านนอกเครื่องเท่ากับ 50°C

จากสมการ (3) $q_x = (0.085W/mK)\left[\frac{250}{0.005}\right]$ = 4250 W/m^2

จากสมการ (4) $Q_x = 4250\times[0.28\times0.25]$

$Q_x = 297.5W$

สรุป ผนังทั้ง6ด้านของเครื่องทดสอบมีค่าสูญเสียความร้อนคือ Qรวม = 472.5+297.5 = 770 W

3.4.2 คำนวณการกระจายความร้อนภายในกระบอกหลอม [3]

$q^{\cdot} = \frac{q}{\pi h(r_2^2 - r_1^2)}$ (3.6)

$q^{\cdot} = \frac{880w}{\pi(0.1)m(0.035^2 - 0.005^2)m^2}$

$q^{\cdot} = 2334.272kw/m^3$

$T_1 = T_2 + \frac{q^{\cdot}}{4k}(r_2^2 - r_1^2) - \frac{q\,r_2^2}{2k}\ln(\frac{r_2}{r_1})$ (3.7)

T_1 คือ อุณหภูมิภายในท่อ T_2 คือ อุณหภูมิภายนอกท่อ

r_1 คือ รัศมีขอบท่อภายใน r_2 คือ รัศมีขอบท่อภายนอก

k คือ ค่าการนำความร้อนของวัตถุ มีค่าเป็นบวก $q^{\cdot}$ คือ อัตราการนำความร้อนต่อหน่วยปริมาตร

q คือ อัตราการนำความร้อน

เอาค่าจากสมการที่6 มาแทนค่าในสมการที่ 6

$$T_1 = 573k + \frac{2334.27\frac{kw}{m^3}}{4(14.9\frac{w}{m.k})}(0.035^2 - 0.005^2)m^2 - \frac{2334.27\frac{kw}{m^3}(0.035^2)m^2}{2(14.9\frac{w}{m.k})}\ln(\frac{0.035}{0.005})$$

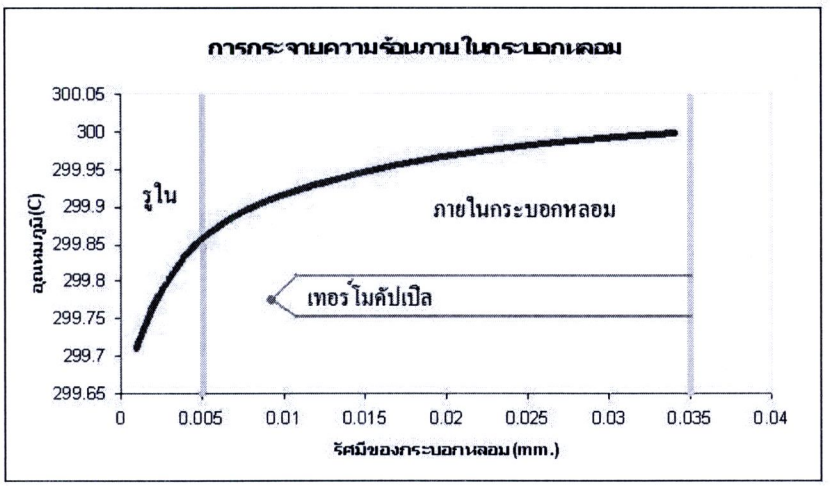
$$T_1 = 572.86k$$

ทำการคำนวณตามสูตร(6)เพื่อหาอุณหภูมิในแต่รัศมีของกระบอกหลอม ซึ่งได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การคำนวณหาการกระจายความร้อนภายในกระบอกหลอมทุกๆรัศมีของกระบอกหลอม

ที่รัศมี(m)	ความร้อน(K)	ที่รัศมี(m)	ความร้อน(K)	ที่รัศมี(m)	ความร้อน(K)
0.001	572.7125317	0.013	572.939005	0.025	572.9824258
0.002	572.7770775	0.014	572.9444642	0.026	572.9846534
0.003	572.8143625	0.015	572.949435	0.027	572.9867529
0.004	572.8404148	0.016	572.9539829	0.028	572.988735
0.005	572.8602773	0.017	572.9581615	0.029	572.9906091
0.006	572.8762066	0.018	572.9620154	0.03	572.9923834
0.007	572.8894121	0.019	572.9655817	0.031	572.9940657
0.008	572.9006196	0.02	572.968892	0.032	572.9956626
0.009	572.9102996	0.021	572.9719732	0.033	572.9971803
0.01	572.9187749	0.022	572.9748484	0.034	572.9986245
0.011	572.9262767	0.023	572.9775377	0.035	573
0.012	572.9329765	0.024	572.9800584		

จากกราฟในรูปที่3.11 จะเห็นว่าถึงแม้อุณหภูมิจะตกลง ณ บริเวณตรงกลางแต่ก็ยังห่างกับอุณหภูมิของผนังภายนอกเล็กน้อย ซึ่งคาดว่าจะไม่มีปัญหาเรื่อง อุณหภูมิ ณ จุดกึ่งกลาง



รูปที่3.11 การกระจายความร้อนภายในกระบอกหลอม

จากกราฟในรูปที่3.11 จะเห็นว่าถึงแม้อุณหภูมิจะตกลง ณ บริเวณตรงกลางแต่ก็ยังห่างกับอุณหภูมิของผนังภายนอกเล็กน้อย ซึ่งคาดว่าจะไม่มีปัญหาเรื่อง อุณหภูมิ ณ จุดกึ่งกลาง

3.4.3 คำนวณค่าไฟฟ้าที่เครื่องทดสอบต้องใช้

เครื่องทำความร้อนใช้ไฟฟ้า 880W เครื่องควบคุมอุณหภูมิใช้ไฟฟ้า 440W

เครื่องทดสอบใช้ไฟฟ้ารวม 880W + 440W = 1320W

ใช้งานต่อครั้งใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมงต่อวัน

คิดเป็นค่าสูญเสียความร้อนต่อวัน 1.32kW x 2h/d = 2.64 หน่วย /วัน

อัตราค่าไฟฟ้าจาก กฟภ. ปี2550 ที่เก็บจากส่วนราชการ = 2.4482บาท / หน่วย

ดังนั้น ค่าไฟฟ้าที่ใช้ต่อวันคือ 2.64 X 2.4482 = 6.463248 บาท / วัน หรือ 193.89744 บาท / เดือน

3.5 การจัดสร้างเครื่องทดสอบอัตราการไหลของพลาสติก

เป็นขั้นตอนการเตรียมชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องทดสอบ ซึ่งรวมถึงขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องทดสอบอีกด้วย

- เก็บข้อมูลทางด้านราคาวัสดุทั้งหมดที่ใช้ในการสร้าง
- เสนอราคาแก่อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน
- สั่งซื้อวัสดุอุปกรณ์ทั้งหมด
- จัดทำ กระบอกหลอมจากเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304
- จัดทำลูกสูบจากเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304
- จัดทำไม้กระทุ้งจากเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304
- จัดทำโครงสร้างของเครื่องทดสอบจากเหล็ก SS400
- จัดทำกล่องควบคุม
- ติดตั้งฉนวน
- ประกอบกระบอกเข้ากับเครื่องทดสอบ
- ติดตั้งสายไฟฟ้าเข้ากับชุดควบคุม
- นำทุกส่วนมาประกอบกันจนเสร็จสมบูรณ์