รายการอ้างอิง

1. American Society for Metals. Mechanical Handbook , Ninth Edition, Volume 8 Mechanical testing, 1986.
2. ASTM E139-95. Standard Practice for Conducting Creep,Creep-Rupture and Stress - Rupture Tests of Metallic Materials. American Society for Testing and Materials, Philadelphia,1995.
3. Evans, R. W., and Wilshire, B. Introduction to Creep. London: The Institute of Materials,1993.
4. Incropera, F.P., and DeWitt, D. P. Introduction to Heat Transfer. 3rd ed. USA: Wiley & Sons,1996.
5. นักสิทธิ์ คูวัฒนาชัย. การถ่ายเทความร้อน. พิมพ์ครั้งที่ 3.กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ฟิสิกส์-เซ็นเตอร์, 2535.
6. Jonh, W. W., and Ronald, A.R. Programable Logic controllers. Forth Edition, (n.d.): Prentice Hall PTR,1999.
7. Nihon-kikai. Creep data. Tokyo: Japanese Society of High Pressure Vessel,1999.
8. Farag , M. M. Selection of Materials and Manufacturing Process for Engineering Design. (n.d.): Prentice Hall, 1989.
9. Osgood, C.C. Fatigue Design. 2nd ed. New Jersey: Pergamon Press,1982.
10. Haugen, E. B. Probabilistic Mechanical Design. USA: Jhon Wiley & ons,1980.
11. Eric C. Guyer, and David L. Brownell eds. Handbook of Applied Thermal Design. USA: McGraw-Hill,1989.
12. Khurmi, R.S., and Gupta, J.K. A Text-book of Machine Design. New Delhi : Eurasia Publishing House,1991.
13. Viswanathan, R. Damage Mechanisms and Life Assessment of High Temperature Components. Ohio : ASM International,1989.
14. Multalloy. 310 Stainless Steel Data sheet [online]. (n.d.). Available from: http://www.multalloy.com/index.html [2000,March 22]
15. Kanthal AB. Kanthal handbook, Heating and Insulation System catalog . Eskilstuna, Sweden: Va stra Aros Tryckeri,1995.

16. Clauss, J.F. Engineer's Guide to High-Temperature Materials. (n.d.): Addison-Wesley Publishing Company,(n.d).

17. วริทธิ์ อึ้งภากรณ์. การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1. กรุงเทพมหานคร:ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2537.

18. ASSAB. ASSAB Steel Catalog. (n.d.). ASSAB Steel Company. (n.d.).

19. OMRON. Digital Temperature Controllers Product manual . (n.d.): Omron Electronics LLC,2002.

20. Popov, E.P. Engineering Mechanics of Solids. New Jersey: Prentice-Hall.1999.

21. Robert, L.M. Machine Elements of Mechanical Design . 3rd ed. New Jersey: Prentice Hall,1992.

22. ASTM E8. Standard Tests Method for Room Temperature Tension Testing. American Society for Testing Materials, Philadelphia,1996.

23. Jacob, J. M. Industrail Control Electronics. New jersey: Prentice-Hall,1988.

24. Dyson, B.F., Loveday, M.S. and Gee, M.G. Materials Metrology and Standards for Structural Performance. London: Chapman & Hall, 1995.

25. Evans, R. W. and Wilshire, B. Design of High Temperature Metallic Components. (n.d.): Elseiver Applied Science,1984.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ผลการวัดความเครียดบนโหลดเซล เนื่องจากการถ่วงตุ้มน้ำหนัก

ก.1) **<u>คานทดแรงทำมุม 0° กับแนวระดับ</u>**

ตารางที่ ก.1 ความเครียดบนโหลดเซล (หน่วยเป็น $\mu\varepsilon$) ในการทดลองครั้งที่ 1
(สเตรนเกจ D อยู่ด้านหน้าของเครื่องทดสอบ)

ขนาดตุ้มน้ำหนัก w (กก.)	ตำแหน่งที่อ่านค่า			
	ε_A	ε_B	ε_C	ε_D
0	0	0	0	0
5	7	-122	96	227
10	29	-185	181	397
15	60	-209	252	524
20	97	-213	316	632
25	138	-206	377	724
30	180	-189	436	809
25	156	-215	367	739
20	121	-230	302	653
15	105	-240	225	565
10	41	-194	174	413
5	35	-152	82	268
0	3	-2	-1	4

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.2 ความเครียดบนโหลดเซล (หน่วยเป็น $\mu\varepsilon$) ในการทดลองครั้งที่ 2
(สเตรนเกจ C อยู่ด้านหน้าของเครื่องทดสอบ)

ขนาดตุ้มน้ำหนัก w (กก.)	ตำแหน่งที่อ่านค่า			
	ε_A	ε_B	ε_C	ε_D
0	0	0	0	0
5	130	-139	-24	231
10	216	-202	-9	388
15	297	-236	14	520
20	369	-248	43	631
25	435	-241	79	726
30	494	-228	120	808
25	456	-256	65	743
20	393	-266	26	650
15	356	-274	-24	563
10	237	-228	-30	412
5	143	-174	-53	264
0	1	-3	-4	-2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.3 ความเครียดบนโหลดเซล (หน่วยเป็น $\mu\varepsilon$) ในการทดลองครั้งที่ 3 (สเตรนเกจ B อยู่ด้านหน้าของเครื่องทดสอบ)

ขนาดตุ้มน้ำหนัก w (กก.)	ตำแหน่งที่อ่านค่า			
	ε_A	ε_B	ε_C	ε_D
0	0	0	0	0
5	120	-32	-20	126
10	206	-32	-4	227
15	288	-26	19	316
20	357	-8	51	398
25	421	16	89	472
30	479	45	129	541
25	439	8	75	485
20	385	-21	28	415
15	340	-54	-19	351
10	232	-48	-27	241
5	160	-57	-51	154
0	5	1.7	-3	2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.4 ความเครียดบนโหลดเซล (หน่วยเป็น $\mu\varepsilon$) ในการทดลองครั้งที่ 4 (สเตรนเกจ A อยู่ด้านหน้าของเครื่องทดสอบ)

ขนาดตุ้มน้ำหนัก w (กก.)	ตำแหน่งที่อ่านค่า			
	ε_A	ε_B	ε_C	ε_D
0	0	0	0	0
5	31	-11	74	115
10	68	3	138	207
15	109	25	199	286
20	149	56	259	356
25	195	88	313	425
30	238	126	369	489
25	208	80	305	436
20	170	43	245	374
15	144	1	175	316
10	77	-4	132	214
5	51	-26	57	134
0	1.7	-0.7	0	1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก.2) **คานทดแรงทำมุม 10° กับแนวระดับ**

ตารางที่ ก.5 ความเครียดบนโหลดเซล (หน่วยเป็น $\mu\varepsilon$) ในการทดลองครั้งที่ 1
(สเตรนเกจ D อยู่ด้านหน้าของเครื่องทดสอบ)

ขนาดตุ้มน้ำหนัก w (กก.)	ตำแหน่งที่อ่านค่า			
	ε_A	ε_B	ε_C	ε_D
0	0	0	0	0
5	-3	-97	78	180
10	11	-148	149	318
15	33	-175	209	425
20	55	-181	269	516
25	79	-180	324	595
30	107	-171	373	669
25	89	-189	317	610
20	66	-203	260	539
15	44	-204	197	454
10	12	-170	140	330
5	-1	-122	68	196
0	-14	-7	-7	-3.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>ตารางที่ ก.6</u> ความเครียดบนโหลดเซล (หน่วยเป็น $\mu\varepsilon$) ในการทดลองครั้งที่ 2
(สเตรนเกจ C อยู่ด้านหน้าของเครื่องทดสอบ)

ขนาดตุ้มน้ำหนัก w	ตำแหน่งที่อ่านค่า			
(กก.)	ε_A	ε_B	ε_C	ε_D
0	0	0	0	0
5	98	-127	-14	204
10	176	-193	-7	346
15	244	-229	12	464
20	298	-245	39	557
25	351	-250	69	642
30	397	-246	100	716
25	364	-258	59	652
20	311	-258	28	571
15	275	-258	-13	494
10	189	-208	-15	362
5	119	-148	-30	224
0	2	-2.3	-0.7	2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.7 ความเครียดบนโหลดเซล (หน่วยเป็น $\mu\varepsilon$) ในการทดลองครั้งที่ 3 (สเตรนเกจ B อยู่ด้านหน้าของเครื่องทดสอบ)

ขนาดตุ้มน้ำหนัก w (กก.)	ตำแหน่งที่อ่านค่า			
	ε_A	ε_B	ε_C	ε_D
0	0	0	0	0
5	117	-39	-31	115
10	200	-48	-32	202
15	275	-46	-21	278
20	335	-36	-1	347
25	392	-19	24	409
30	443	1	53	468
25	403	-29	16	422
20	352	-52	-17	363
15	305	-77	-46	311
10	213	-61	-43	213
5	141	-62	-50	138
0	2	-2	-2	1.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>ตารางที่ ก.8</u> ความเครียดบนโหลดเซล (หน่วยเป็น $\mu\varepsilon$) ในการทดลองครั้งที่ 4
(สเตรนเกจ A อยู่ด้านหน้าของเครื่องทดสอบ)

ขนาดตุ้มน้ำหนัก w (กก.)	ตำแหน่งที่อ่านค่า			
	ε_A	ε_B	ε_C	ε_D
0	0	0	0	0
5	39	9	41	72
10	77	27	84	134
15	121	53	128	193
20	162	79	169	249
25	197	114	213	298
30	236	149	253	345
25	209	108	207	304
20	174	75	161	260
15	148	37	110	214
10	86	24	81	143
5	57	-1.3	29	86
0	-1.3	1	0	1.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ผลการวัดอุณหภูมิภายในเตา

ตารางที่ ข.1 แสดงอุณหภูมิที่ผิวชิ้นงานทดสอบตามแนวเส้นรอบวง และแนวแกน ในการวัดครั้งที่ 1 (°C)

ระยะจากจุดอ้างอิง h (มม.)	270 องศา		0 องศา		90 องศา		180 องศา	
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่1	ครั้งที่2
124	553	554	554	553	553	554	553	554
140	565	565	566	565	565	566	566	566
148	574	573	573	572	574	575	573	574
156	573	572	573	572	574	575	574	574
164	564	563	566	565	566	567	568	567
180	553	554	559	557	564	563	561	560
188	544	545	552	551	561	558	555	556
196	530	531	537	536	544	542	541	544

ตารางที่ ข.2 แสดงอุณหภูมิที่ผิวชิ้นงานทดสอบตามแนวเส้นรอบวง และแนวแกน ในการวัดครั้งที่ 2 (°C)

ระยะจากจุดอ้างอิง h (มม.)	270 องศา		0 องศา		90 องศา		180 องศา	
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่1	ครั้งที่2
124	554	553	554	553	553	553	554	553
140	569	570	568	568	565	566	572	573
148	575	577	575	575	573	573	580	580
156	575	576	575	575	573	573	580	581
164	567	568	567	568	566	566	573	574
180	563	562	564	563	559	558	568	568
188	554	553	558	557	553	554	562	563
196	536	537	541	543	539	541	548	548

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.3 แสดงอุณหภูมิที่ผิวชิ้นงานทดสอบตามแนวเส้นรอบวง และแนวแกน ในการวัดครั้งที่ 3 (°C)

ระยะจากจุดอ้างอิง h (มม.)	270 องศา		0 องศา		90 องศา		180 องศา	
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่1	ครั้งที่2
124	553	554	554	553	553	554	553	553
140	575	573	572	571	571	571	579	578
148	581	580	579	580	579	579	587	586
156	581	580	579	581	578	578	587	586
164	573	573	573	574	571	568	580	579
180	563	564	568	568	565	564	572	572
188	554	555	562	563	557	558	564	564
196	541	542	546	547	543	544	548	549

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

วิธีการใช้งานเครื่องทดสอบความคืบแบบแกนเดียว และเครื่องควบคุมอุณหภูมิ

ค.1 <u>การใช้งานเครื่องทดสอบความคืบแบบแกนเดียว</u>

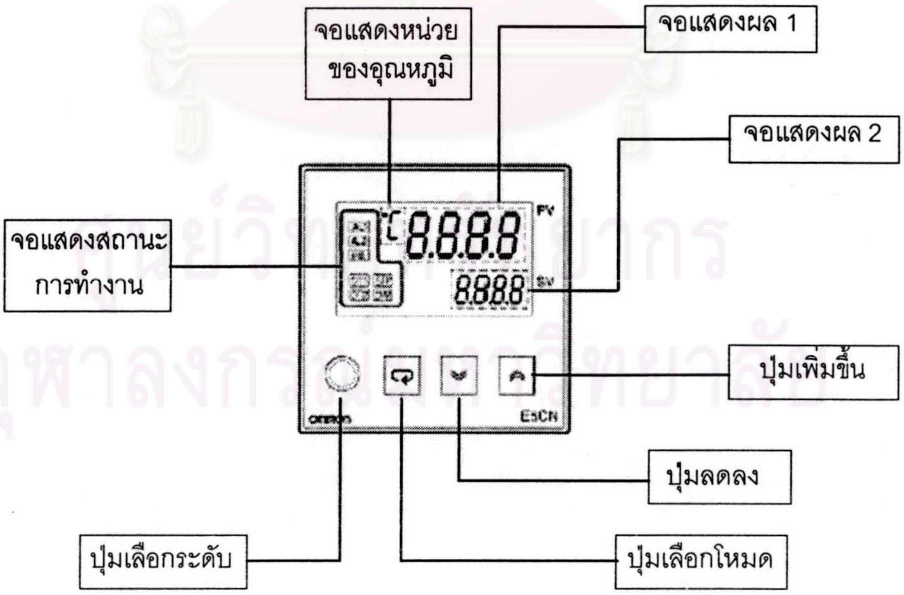
1) เปิดเตาและใส่ชิ้นงานให้อยู่ภายในเตา โดยชิ้นงานจะมีสายเทอร์โมคัปเปิลเชื่อมติดอยู่ เพื่อทำหน้าที่ส่งสัญญาณให้เครื่องควบคุมอุณหภูมิ
2) จัดตำแหน่งของคานทดแรงให้อยู่ในแนวระดับโดยปรับที่ตัวปรัวระยะตามแนวแกน และดูระดับจากเข็มของไดอัลเกจ พยายามให้เข็มชี้ตรงตำแหน่งศูนย์เสมอ และชิ้นงานต้องอยู่ในตำแหน่งที่มีเกรเดียนท์ของอุณหภูมิอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ คือ กึ่งกลางชิ้นงานอยู่ต่ำกว่าขอบล่างของไม้บรรทัดเหล็กในแนวขวาง เป็นระยะประมาณ 158 mm
3) ติดตั้งอุปกรณ์วัดระยะเคลื่อนตัวและต่ออุปกรณ์เพื่ออ่านค่าและบันทึกค่าความเครียดที่เกิดขึ้น
4) ต่อสายเทอร์โมคัปเปิลเข้ากับเครื่องควบคุมอุณหภูมิ
5) เสียบปลั๊กไฟเพื่อจ่ายไฟให้กับเครื่องควบคุมอุณหภูมิ และหม้อแปลงแรงดัน
6) เปิดสวิตช์ S_1 และ S_2
7) ตั้งอุณหภูมิตามที่จะทดสอบที่เครื่องควบคุมอุณหภูมิ โดยเริ่มต้นที่ประมาณ 100 $^{\circ}$C และเพิ่มอุณหภูมิขึ้นที่ละช่วงๆละประมาณ 50 $^{\circ}$C (ควรรอให้อุณหภูมิแต่ละช่วงคงที่ระยะเวลาหนึ่งก่อนจะเพิ่มอุณหภูมิในช่วงถัดไป)
8) ตั้งค่า P ให้เป็น 30 ตั้งค่า I ให้เป็น 113 และตั้งค่า D ให้เป็น 28 ในโหมด Initial setting
9) เปิดเครื่องอ่านและบันทึกความเครียด จากนั้นให้เลือกโหมด run ใน Process level ที่เครื่องควบคุมอุณหภูมิ
10) เมื่อได้อุณหภูมิคงที่ตามที่ต้องการแล้ว จึงใส่ตุ้มน้ำหนัก แล้วปรับคานอยู่ในแนวระดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค.2 <u>การใช้งานอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ</u>

อุปกรณ์ควบคุมแบบพีไอดี ซึ่งหน้าจอแสดงผลดัง รูปที่ ค.1 ประกอบด้วยปุ่มกด 4ปุ่ม โดยแต่ละปุ่มทำหน้าที่ต่างกัน ดังนี้

1) *ปุ่มเลือกระดับ* (Level key) เป็นปุ่มที่ใช้เลือกระดับของขั้นตอนต่างๆ เช่น ระดับการปฏิบัติการ (Operation level) ระดับการตั้งค่าเบื้องต้น (Initial setting level) ระดับการปรับ (Adjustment level) เป็นต้น
2) *ปุ่มเลือกโหมด* (Level key) เป็นปุ่มที่เลือกพารามิเตอร์ในแต่ละระดับ
3) *ปุ่มเลื่อนขึ้น* (Up key) เป็นปุ่มสำหรับเพิ่มค่าพารามิเตอร์ที่แสดงในจอแสดงผล 2
4) *ปุ่มเลื่อนลง* (Down key)เป็นปุ่มสำหรับลดค่าพารามิเตอร์ที่แสดงในจอแสดงผล 2
5) *จอแสดงผล 1* เป็นจอแสดงค่าจากกระบวนการ หรือชนิดของพารามิเตอร์ (Process value or parameter type)
6) *จอแสดงผล 2* เป็นจอแสดงค่าที่ตั้งเอาไว้ (Set point) และใช้ในการตั้งค่าหรือพารามิเตอร์
7) *จอแสดงหน่วยของอุณหภูมิ* ทำหน้าที่แสดงผลของหน่วยอุณหภูมิที่เลือก °F หรือ °C
8) *จอแสดงสถานะขณะทำงาน* (Operation indicator) เป็นจอที่แสดง สัญญาณเตือน สถานะของเอาต์พุต สัญญาณขณะทำงาน เป็นต้น



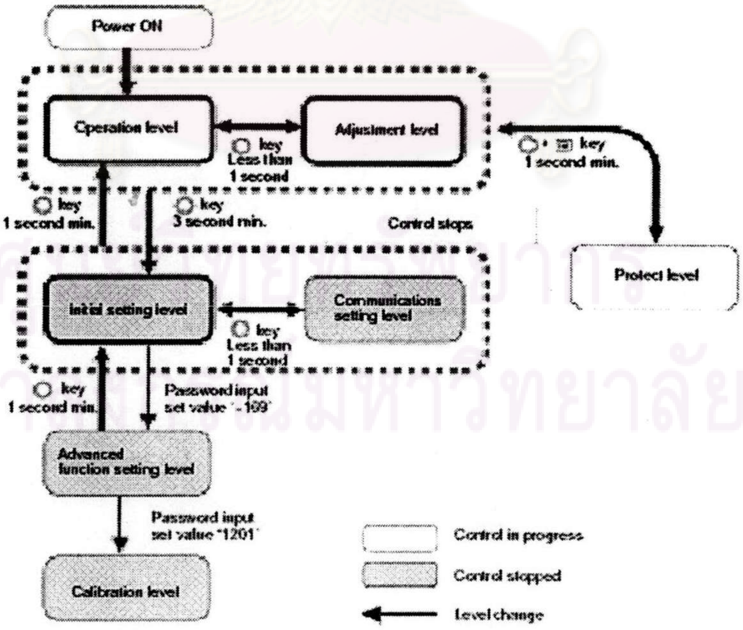
รูปที่ ค.1 แสดงปุ่มและหน้าจอของอุปกรณ์ควบคุม

ค.2.1 <u>การตั้งค่า P I และ D</u>

ภาพรวมของการตั้งค่า P I และ D คือ การทำงานทั้งหมดจะแบ่งเป็นขั้นตอน ดังรูปที่ ค.2 ลูกศรสองทางที่เชื่อมอยู่ระหว่างสองระดับในแนวนอน และอยู่ภายในกรอบที่เป็นเส้นประแสดงว่าสามารถเข้าถึงได้ทั้งสองระดับด้วยการกด *ปุ่มเลือกระดับ* แช่ไว้สั้นๆ (น้อยกว่า 1 วินาที) ส่วนปลายลูกศรที่เชื่อมอยู่ในแนวดิ่งจากบนลงล่างจะแสดงทิศทางการเลือกระดับจากที่อยู่ด้านบนลงด้านล่าง โดยกดปุ่ม *เลือกระดับ* แช่ไว้ให้นานมากกว่า 3 วินาที แต่ถ้าเลือกขั้นตอนจากล่างไปสู่บนต้องกดปุ่ม *เลือกระดับ* อย่างน้อย 1 วินาที

ขั้นตอนการใช้งานและการตั้งค่าต่างๆ สำหรับเครื่องควบคุมอุณหภูมิ มีรายละเอียดของดังต่อไปนี้

1) เมื่อเปิดเครื่องจะเข้าสู่ระดับปฏิบัติการ (Operation level)
2) เข้าสู่ระดับการตั้งค่าเบื้องต้น (Initial setting level) เพื่อตั้งค่าต่างๆสำหรับควบคุมอุณหภูมิของชิ้นงานภายในของเตา (ดูรูปที่ ค.3)
3) เข้าสู่ระดับการปรับ (Adjustment level) เพื่อปรับค่าควบคุมแบบพีไอดี (ดูรูปที่ ค.4)
4) กลับสู่ระดับปฏิบัติการ จากนั้นเข้าสู่ โหมดตั้งค่ากำหนด (Set point) เริ่มต้น (Start)
5) สั่งให้เครื่องควบคุมเริ่มทำงาน (Run)

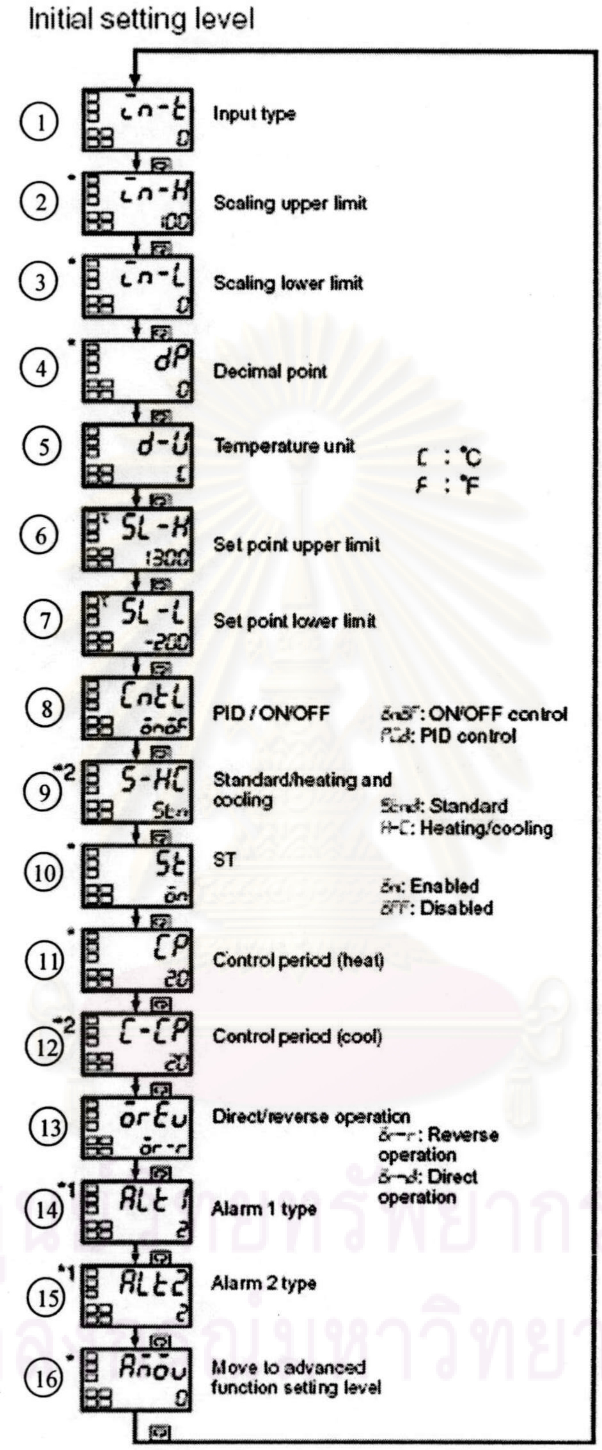


รูปที่ ค.2 แสดงขั้นตอนการใช้งานและการตั้งค่าสำหรับการควบคุม

ค.2.2 ขั้นตอนในการตั้งค่าเบื้องต้น (Initial setting level)

การตั้งค่าเบื้องต้นเป็นการกำหนดพื้นฐานสำหรับการควบคุมอุณหภูมิดูรูปที่ ค.3 ซึ่งในระดับนี้จะกำหนดชนิดของอินพุต เช่น เทอร์โมคัปเปิล หรือ Platinum resistance thermometer และตั้งค่ากำหนด (Set point) และโหมดการเตือน (Alarm mode) ลำดับในการตั้งค่าต่างๆ แสดงอยู่ในรูปที่ ค.3 เมื่อเปิดเครื่องครั้งแรกระดับจะเป็น *ระดับปฏิบัติการ* (Operation level) ถัดจากนั้นต้องเข้าสู่ขั้นตอน *การตั้งค่าเบื้องต้น* (Initial setting level) โดยการกดปุ่ม *เลือกระดับ* แช่ไว้ให้นานเกิน 3 วินาที เมื่อเข้าสู่ขั้นตอนนี้แล้ว โหมดแรกจะเป็นการกำหนด Input type ในที่นี้เลือกโดยให้เป็น 0 เพราะเทอร์โมคัปเปิลเป็นชนิด K จากนั้นกดปุ่ม เพื่อเลือกโหมดถัดไป เมื่อใส่ค่าสำหรับโหมด Input type แล้วขั้นตอนถัดไปเป็นโหมด Scaling upper และ lower limit (ขั้นตอนที่ 2 และ 3) ให้ใส่ค่า 0 ทั้งสองขั้นตอน ถัดไปขั้นตอนที่ 4 คือโหมด Decimal point ให้ใส่ค่าเป็น 0 จากนั้นเป็นโหมดที่ 5 คือ โหมดหน่วยของอุณหภูมิที่ใช้ (Temperature unit) เลือกหน่วยเป็น องศาเซลเซียส ($^{\circ}$C) โหมดที่ 6 และ 7 เป็นการตั้งค่าจำกัดบน และค่าจำกัดล่าง (Set point upper and lower limit) ให้ใส่ค่าเป็น 1300 และ –200 ตามลำดับ โหมดถัดไปคือโหมดที่ 8 เป็นการเลือกวิธีควบคุมซึ่งจะเป็น ON/OFF หรือ PID ให้เลือกวิธีการควบคุมเป็น PID โหมดที่ 9 เป็นการเลือกรูปแบบการควบคุมที่เป็น มาตรฐานทั่วๆไป (Standard) หรือ เป็นการให้ความร้อน/การทำความเย็น ให้เลือกเป็น มาตรฐานทั่วๆไป จากนั้นโหมดที่ 10 เป็นการเลือกปรับค่าควบคุมเอง (ST: Self tuning) ให้เลือก On โหมดถัดไป (โหมดที่11และ12) เป็นการตั้งช่วงเวลาสำหรับการควบคุม (Control period) ให้เลือกเป็นเลข 2 (2 วินาที) ส่วนโหมดที่ 13 เป็นการกำหนดทิศทางการควบคุม (Direct/reverse) ให้เลือกเป็น reverse จากนั้นโหมดที่ 14 และ 15 เป็นการตั้งชนิดของรูปแบบการเตือน (Alarm 1 และ Alarm 2) เลือกให้เป็น 2 ทั้งสองโหมด จากนั้นก็กลับสู่ระดับปฏิบัติการ (Operation level)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

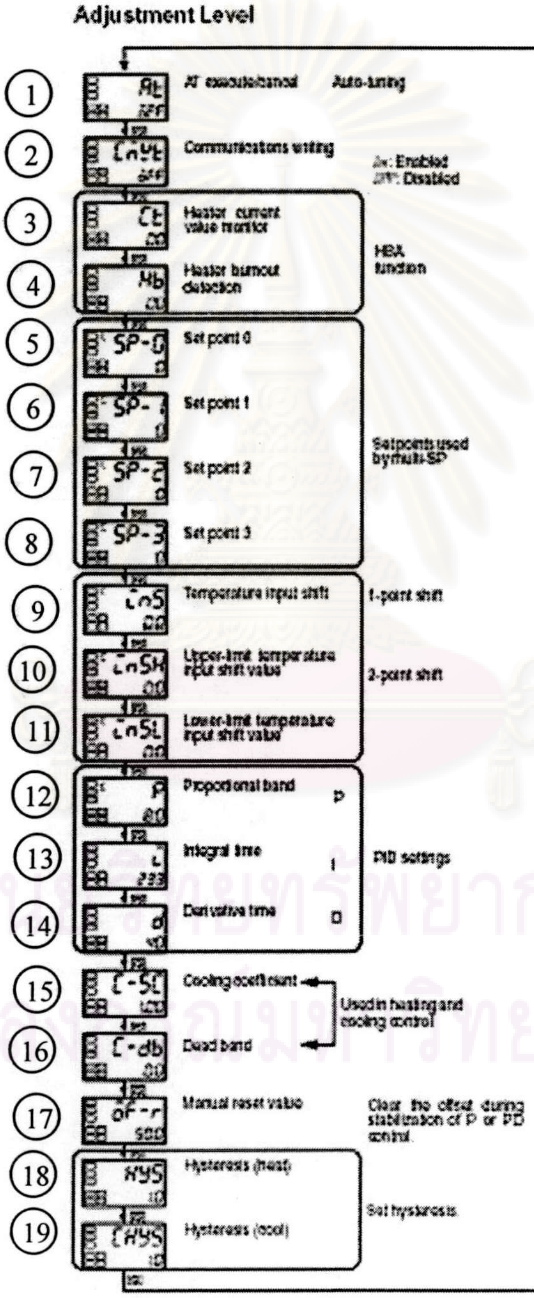


รูปที่ ค.3 ขั้นตอนการตั้งค่าสำหรับควบคุม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค.2.3 <u>ขั้นตอนในการปรับค่า (Adjustment level)</u>

การปรับค่าสำหรับการควบคุมให้ยึดถือค่าต่างๆ ดังรูปที่ ค.4 เป็นหลัก แต่จะมีข้อแตกต่าง คือ ค่า P, I และ D ในโหมดที่ 12 ถึง 14 ต้องเปลี่ยนเป็น 30 , 113 และ 28 ตามลำดับ ซึ่งได้จากการทดลองหาจากระบบที่เป็นเตาความร้อนที่ใช้ในงานวิจัยนี้ (วิธีการเลือกโหมดหลักและโหมดย่อยใช้วิธีเหมือนกับในหัวข้อการตั้งค่าเบื้องต้น

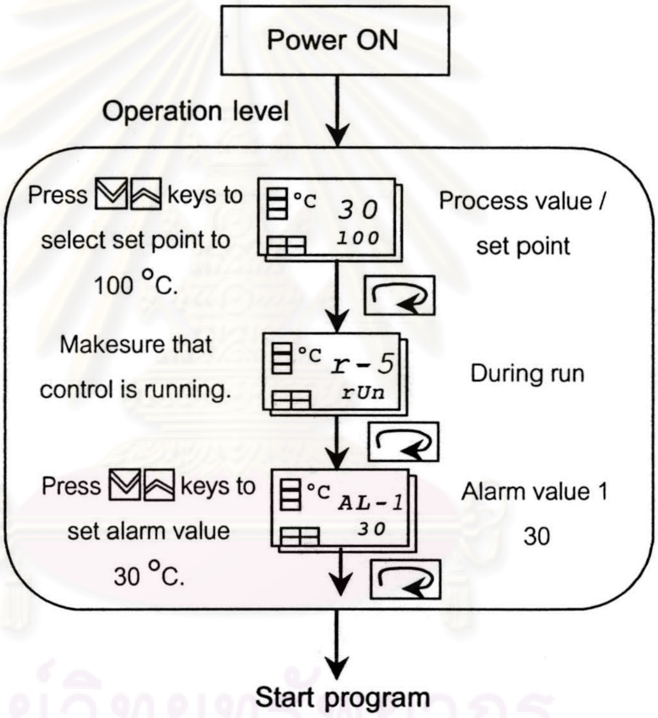


รูปที่ ค.4 ขั้นตอนการปรับค่าสำหรับควบคุมแบบพีไอดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค.2.4 <u>ขั้นตอนในการสั่งให้อุปกรณ์เริ่มทำงาน (Operation level)</u>

จากรูปที่ ค.5 เมื่อเปิดเครื่องครั้งแรกจะเห็นหน้าจอแดงผลเป็นอุณหภูมิห้องขณะนั้นซึ่งจะเป็นโหมดที่ 1 เป็นการตั้งค่า (Set point) ในที่นี้แนะนำให้ใส่ค่าอุณหภูมิประมาณ ¼ ของอุณหภูมิที่ต้องการแต่ไม่ควรเกิน 100 °C (เมื่อเริ่มกระบวนการถัดจากนั้น ก็เพิ่มทีละ 50 °C ไปเรื่อยๆ จนถึงค่าที่ต้องการ) โหมดที่ 2 สั่งการทำงานเริ่มต้น (Run) เครื่องควบคุมอุณหภูมิจะเริ่มทำงาน และโหมดถัดไปเป็นโหมดที่ 3 เป็นการตั้งค่า สัญญาณเตือนที่1 (Alarm value 1) ตั้งให้เป็น 30 °C จากนั้น ก็กลับไปโหมดที่ 1 อีกครั้ง



รูปที่ ค.5 ขั้นตอนการเริ่มทำงานของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง
แบบประกอบและแบบรายละเอียดของเครื่องทดสอบความคืบแบบแกนเดียว

<u>ตาราง ง.1</u> แสดงรายชื่อและจำนวนของชิ้นส่วนต่างๆ

ASSEMBLY DRAWING	ITEM		PART NAME	QUANTITY
SUB-ASSEMBLY A	A1	A1.1	เปลือกเตาส่วนที่ 1	1
		A1.2	ส่วนประกอบกลไกลล็อคเตา	4
		A1.3	ฐานยึดประกับของชุดให้ความร้อน	3
		A1.4	บานพับซีกซ้าย	2
	A2	A2.1	เปลือกเตาส่วนที่ 2	1
		A2.2	บานพับซีกขวา	2
		A2.3	แกนของบานพับ	2
		A2.4	ฐานยึดประกับของชุดให้ความร้อน	3
		A2.5	ที่ล็อคฐานเตา	2
		A2.6	ที่ล็อคฐานเตา	1
		A2.7	ส่วนประกอบกลไกลล็อคเตา	2
		A2.8	แผ่นประกบขอบเตา	4
		A2.9	แผ่นประกบขอบเตา	2
	A3	A3.1	ประกับของชุดให้ความร้อน	6
		A3.2	น็อตตัวผู้และน็อตตัวเมีย M4	6
	A4	A4.1	ก้านล็อคเตา	2
		A4.2	ส่วนประกอบของก้านล็อคเตา	2
		A4.3	สลัก	2
		A4.4	น็อตตัวผู้ M10	2
		A4.5	น็อตตัวเมีย M10	2
		A4.6	แหวนรองน็อต M10	4
	A5	A5.1	น็อตตัวผู้ M12	3
		A5.2	น็อตตัวเมีย M12	3
		A5.3	แหวนรอง น็อตM12	6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง .1 แสดงรายชื่อและจำนวนของชิ้นส่วนต่างๆ (ต่อ)

ASSEMBLY DRAWING	ITEM		PART NAME	QUANTITY
SUB-ASSEMBLY **B**	B1	B1.1	เสา (column)	4
		B1.2	แผ่นยึดปลายเสาด้านบน	2
		B1.3	เหล็กเสริมแรง	4
		B1.4	น็อตตัวผู้ M8	12
		B1.5	น็อตตัวเมีย M8	12
		B1.6	แหวนรองน็อต M8	12
	B2		เหล็กกันโครง	2
	B3		ฐาน (base)	2
	B4	B4.1	คานกลาง (middle beam)	1
		B4.2	แผ่นปิดปลายคานกลาง (middle beam flange)	2
		B4.3	น็อตตัวผู้ M8	8
		B4.4	น็อตตัวเมีย M8	8
		B4.5	แหวนรองน็อต M8	8
		B4.6	แผ่นรองเตา (furnace support)	1
		B4.7	เหล็กเสริมแรง	2
		B4.8	เหล็กเสริมแรง	1
	B5		คานบน (upper beam)	2
	B6		ที่วาง controller (controller support)	1
	B7		ที่รองรับคานกลาง (middle beam support)	2
	B8		เหล็กเสริมแรง	12
	B9		แผ่นปิดปลายเสาด้านล่าง	2
	B10		เหล็กเสริมแรง	6
SUB-ASSEMBLY **C**	C1		โครงของคานทดแรง	2
	C2		เหล็กเสริมแรง	1
	C3		เหล็กเสริมแรง	1
	C4		เหล็กเสริมแรง	1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง .1 แสดงรายชื่อและจำนวนของชิ้นส่วนต่างๆ (ต่อ)

ASSEMBLY DRAWING	ITEM	PART NAME	QUANTITY
SUB-ASSEMBLY C	C5	เหล็กเสริมแรง	1
	C6	ตุ้มน้ำหนักปรับสมดุล (counter balance weight)	2
	C7	สลักคมมีด (knife edge pin)	1
	C8	น็อตตัวผู้ M8	1
	C9	น็อตตัวเมีย M8	1
	C10	แหวนรองน็อต M8	2
SUB-ASSEMBLY D	D1	ตัวจับยึดคานทดแรง (upper grip)	1
	D2	น็อตตัวผู้ M8	4
	D3	น็อตตัวเมีย M8	4
	D4	แหวนรองน็อต M8	4
	D5	ที่รองรับสลักคมมีด (knife edge support)	2
SUB-ASSEMBLY E	E1	ชิ้นงานทดสอบ (specimen)	1
	E2	ตัวจับยึดชิ้นงาน (specimen's grip)	2
	E3	ก้านดึงชิ้นงานท่อนบน (upper pull rod)	1
SUB-ASSEMBLY F	F1	สลักเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm)	2
	F2	แหวนล็อค (lock washer)	2
	F3	ก้านปรับระยะท่อนบน (turn buckle's rod)	1
	F4	ปลอกตัวปรับระยะ (turnbuckle)	1
	F5	ฐานตัวปรับระยะ (turn buckle base)	1
	F6	ก้านปรับระยะตัวล่าง (bolt M16)	1
	F7	น็อตตัวเมีย M16	1
	F8	ก้านหมุนตัวปรับระยะ (turn buckle's handle)	2
	F9	ก้านดึงชิ้นงานท่อนล่าง (lower pull rod)	1
	F10	ตัวจับยึด turn buckle	1

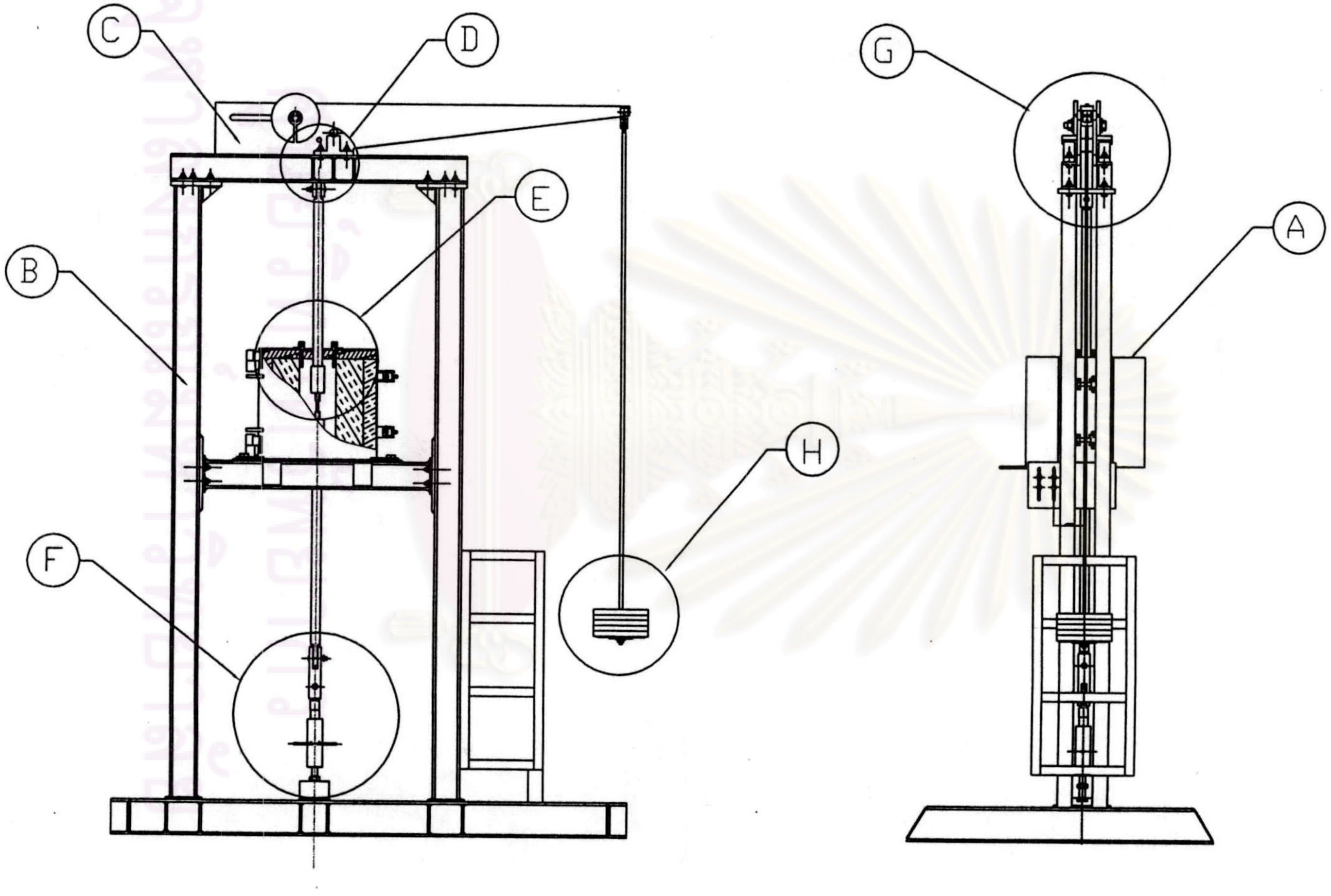
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>ตาราง ง .1</u> แสดงรายชื่อและจำนวนของชิ้นส่วนต่างๆ (ต่อ)

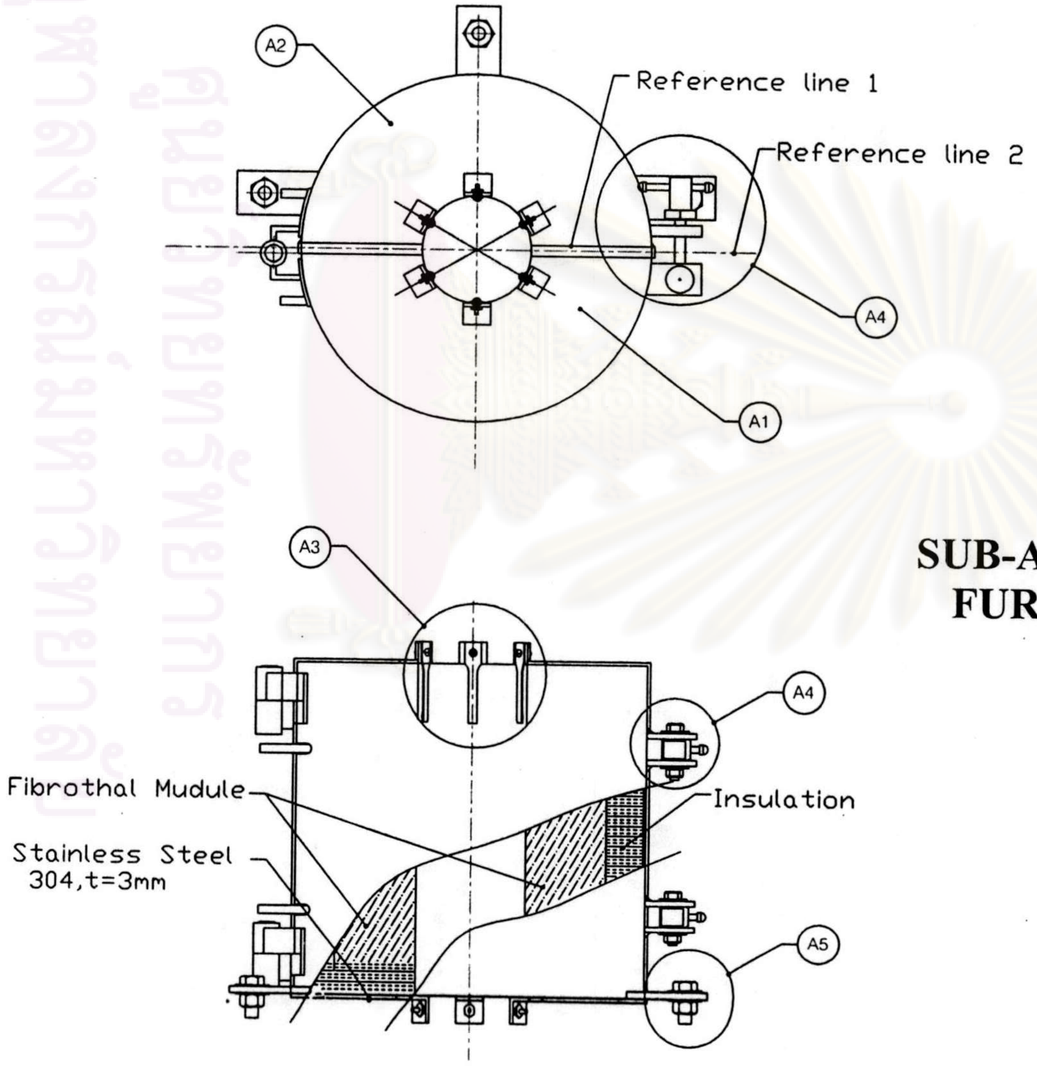
ASSEMBLY DRAWING	ITEM	PART NAME	QUANTITY
SUB-ASSEMBLY **G**	G1	น็อตตัวผู้ M8	4
	G2	น็อตตัวเมีย M8	4
	G3	แหวนรองน็อต M8	8
	G4	สลัก เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm (pin)	1
	G5	แหวนล็อค (lock washer)	1
	G6	ตัวจับยึดก้านดึงตุ้มน้ำหนัก (weight's grip)	1
	G7	น็อตตัวเมีย M6	1
	G8	แหวนรองน็อต M6	1
	G9	สลัก เส้นผ่านศูนย์กลาง 12 mm	1
	G10	แหวนล็อค (lock washer)	2
SUB-ASSEMBLY **H**	H1	ก้านดึงตุ้มน้ำหนัก (rod)	1
	H2	จานรองตุ้มน้ำหนัก (disc)	1
	H3	ตุ้มน้ำหนัก (weight)*	14

* น้ำหนักมาตรฐาน (ที่ซื้อ) มีขนาด 0.5kg 4ก้อน 1kg 3 ก้อน 2kg 3ก้อน 5kg 2ก้อน และ 10kg 2 ก้อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

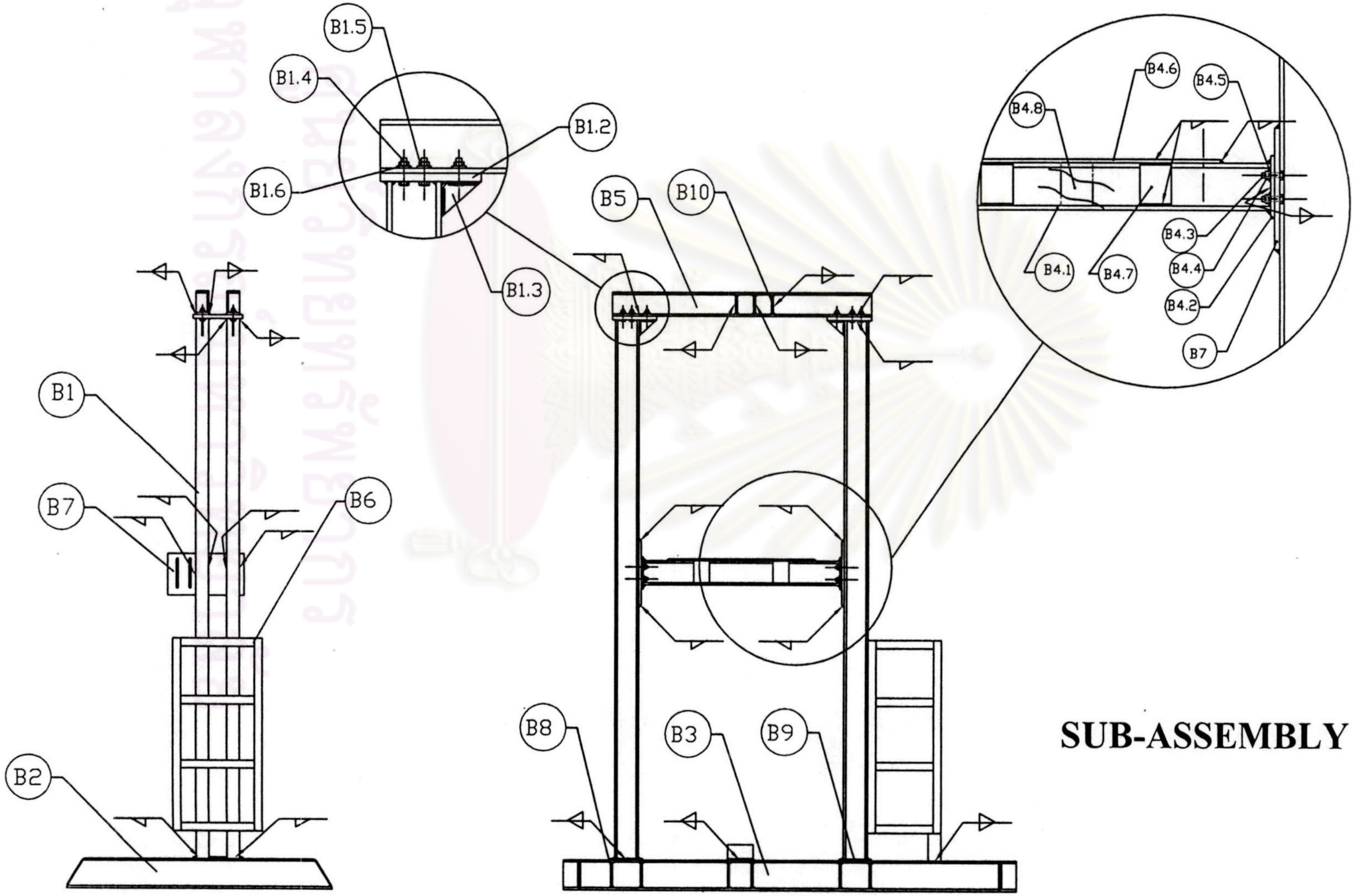


ASSEMBLY

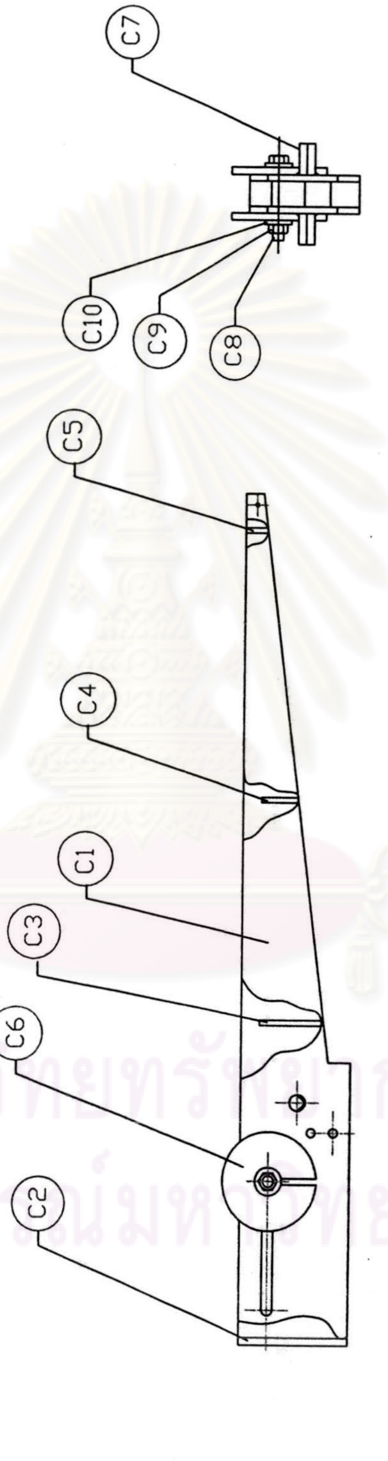


SUB-ASSEMBLY A :
FURNACE

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

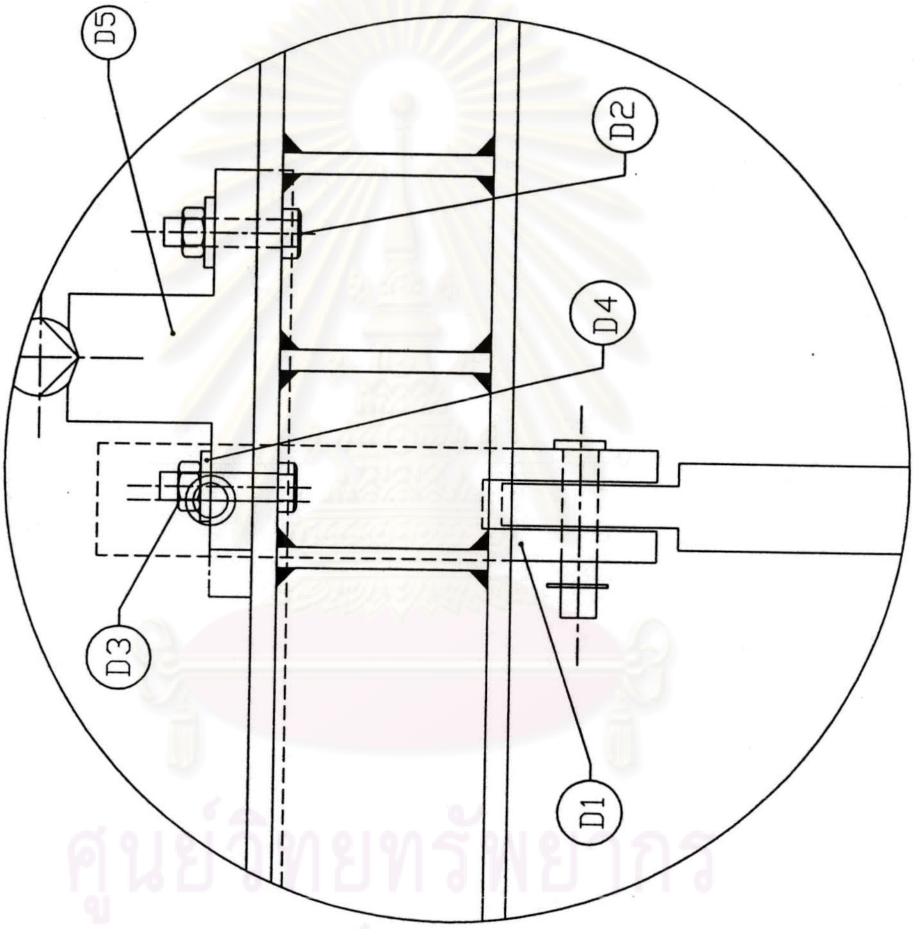


SUB-ASSEMBLY B



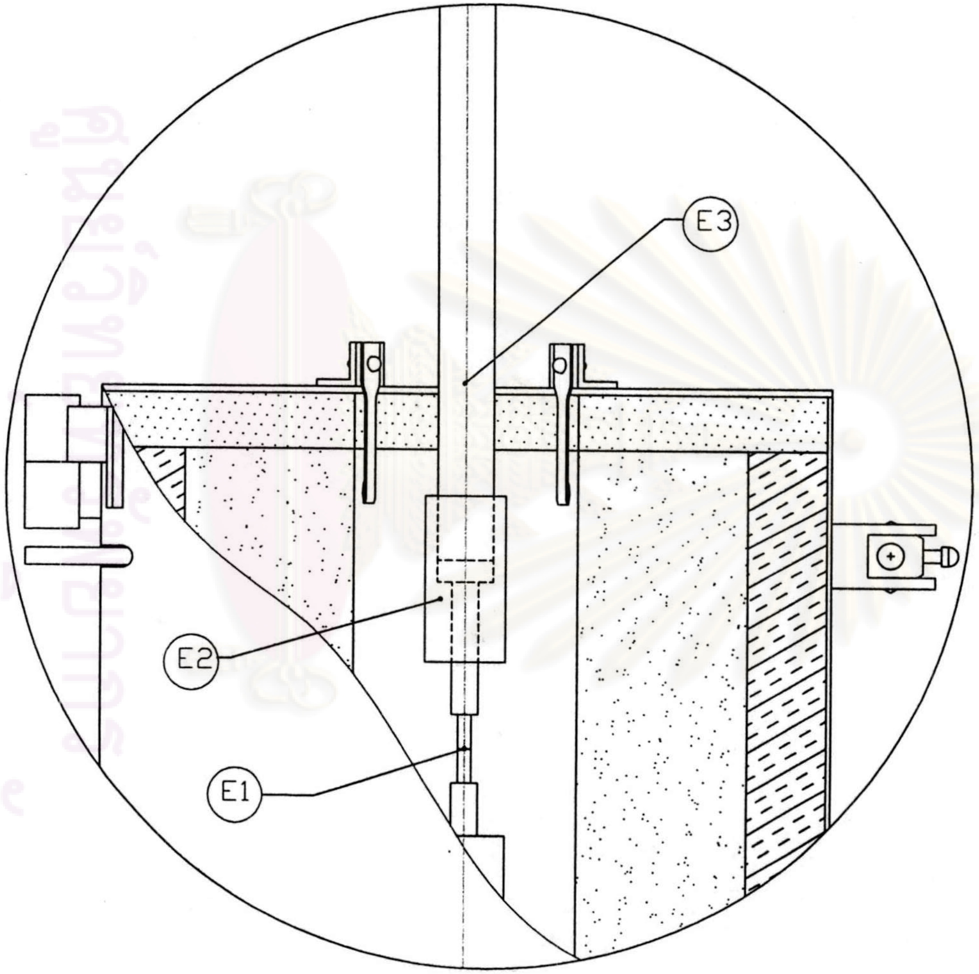
SUB-ASSEMBLY C

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



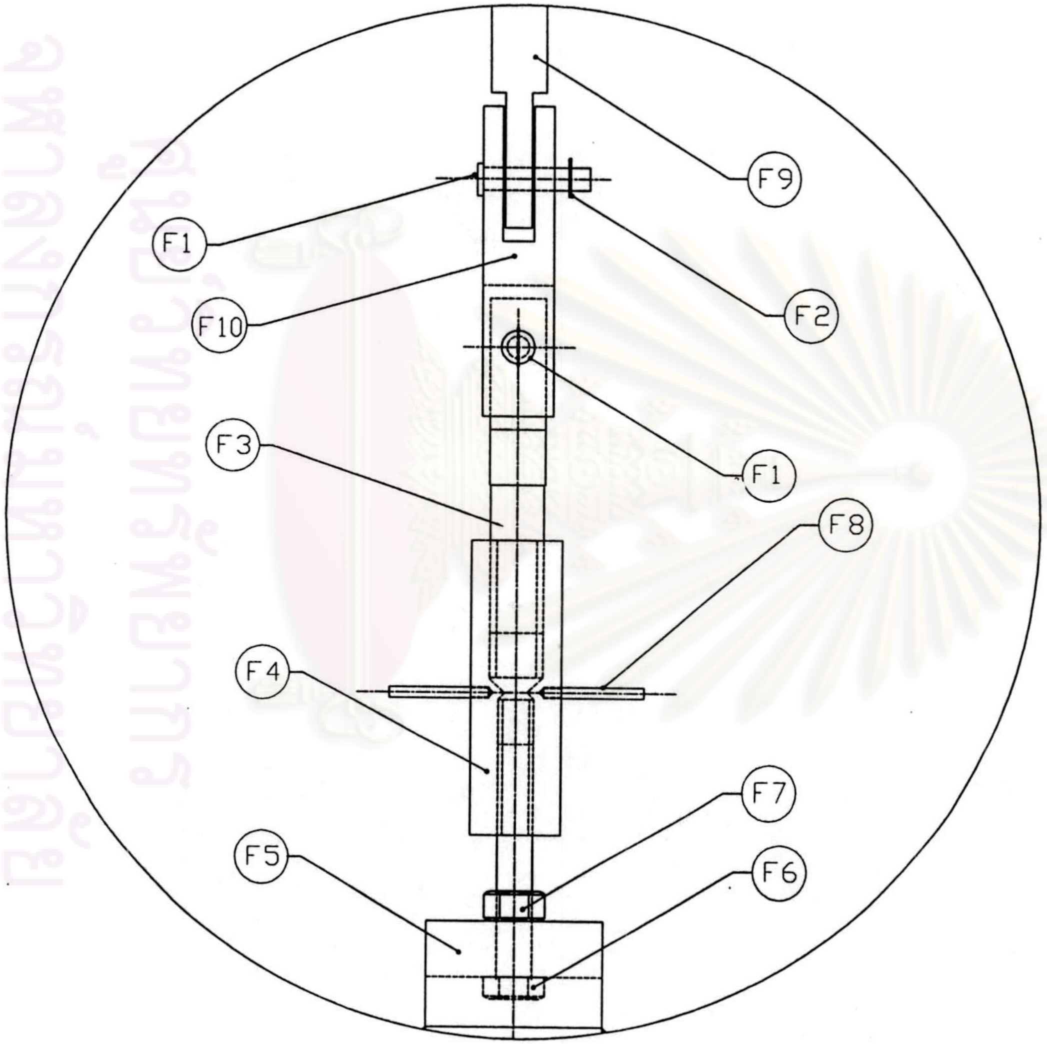
SUB-ASSEMBLY D

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

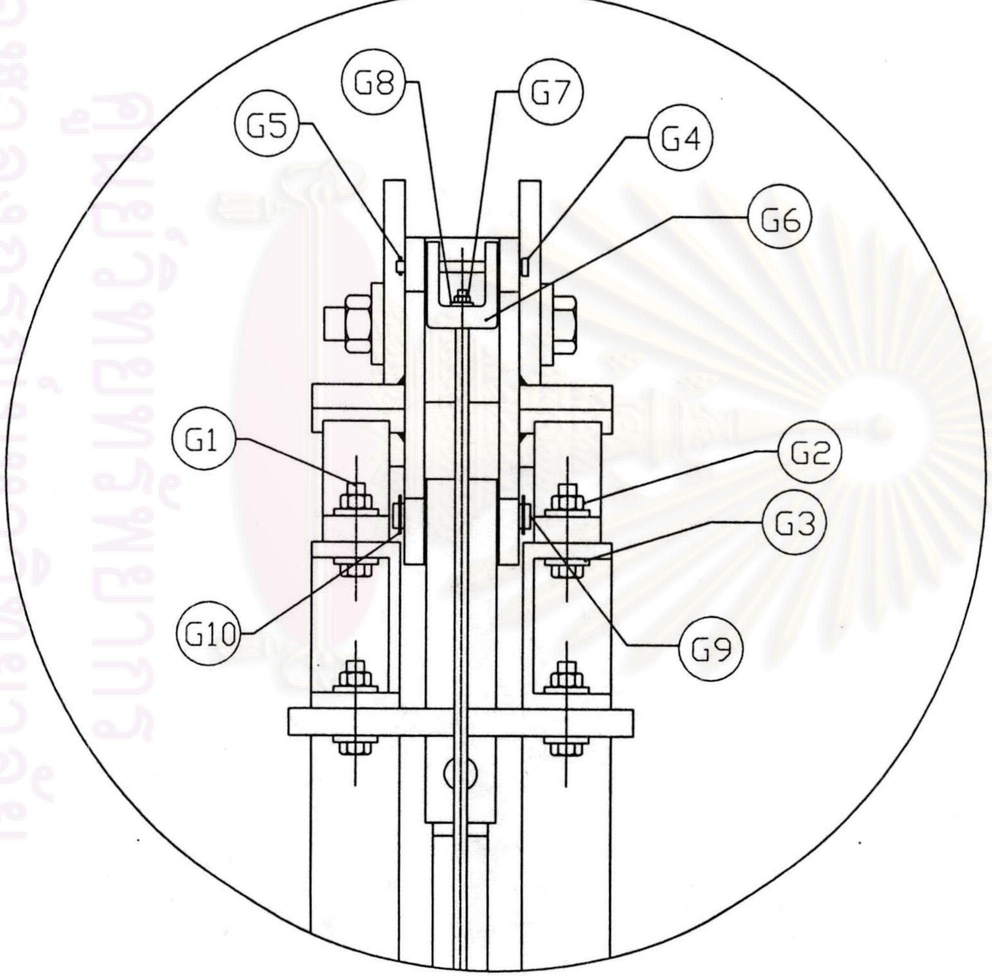


SUB-ASSEMBLY E

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



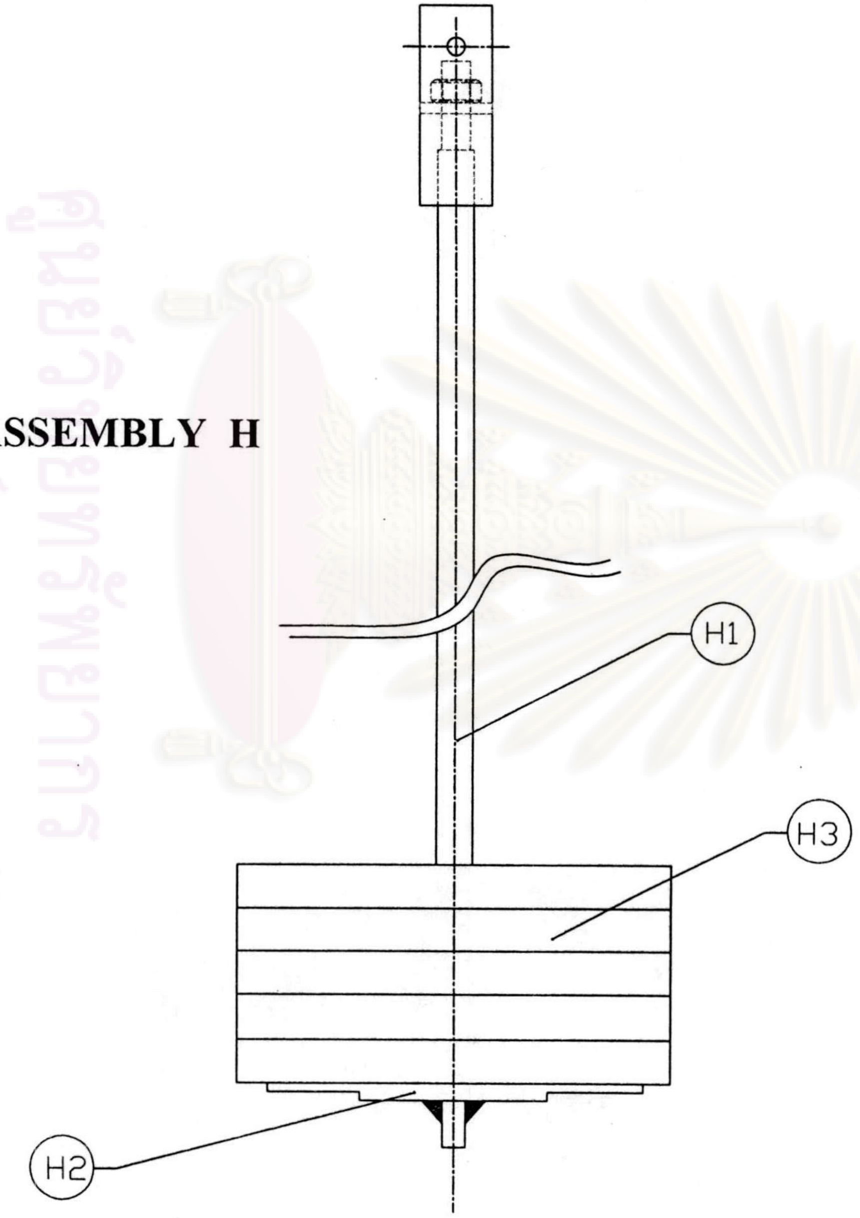
SUB-ASSEMBLY F



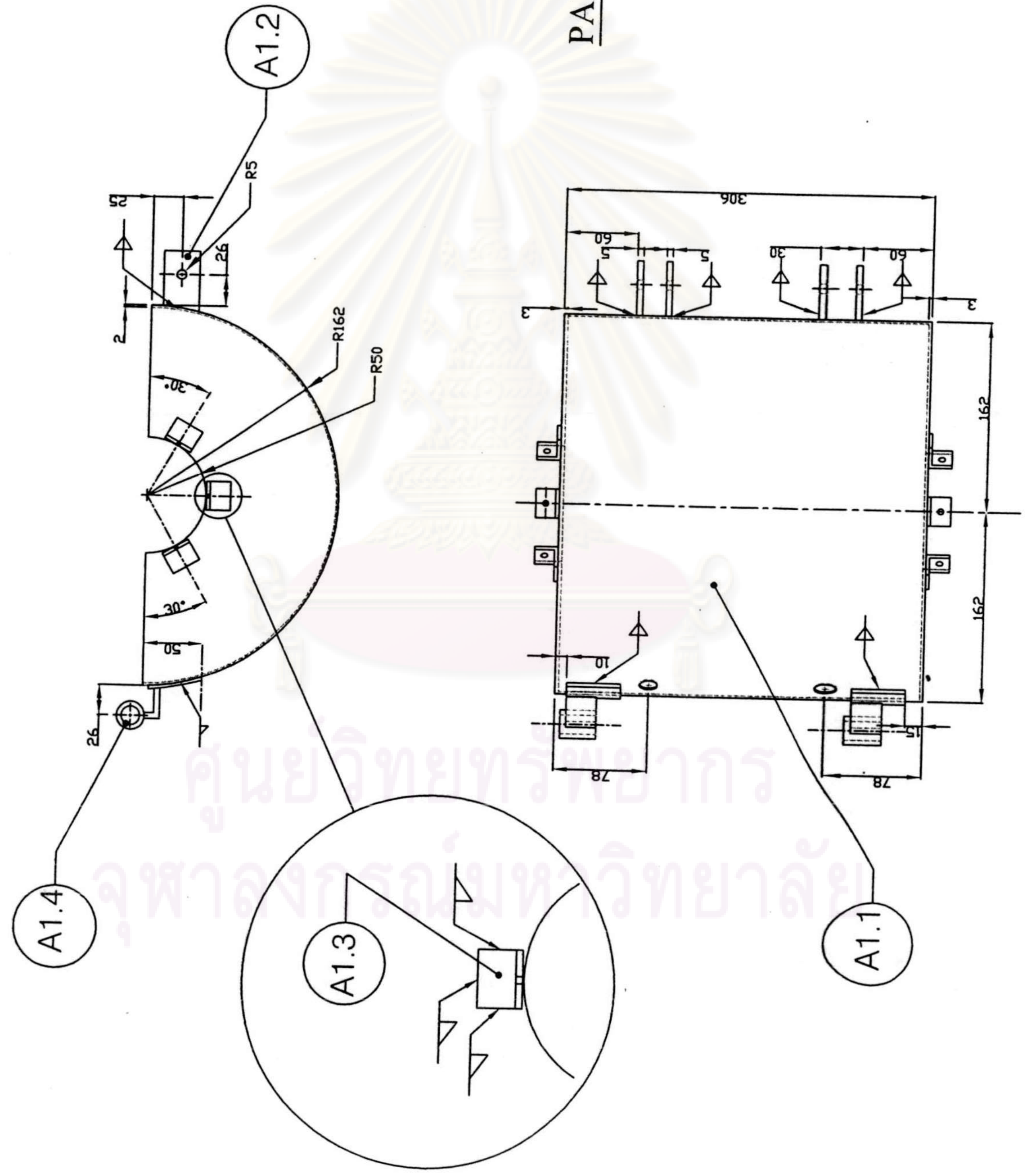
SUB-ASSEMBLY G

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

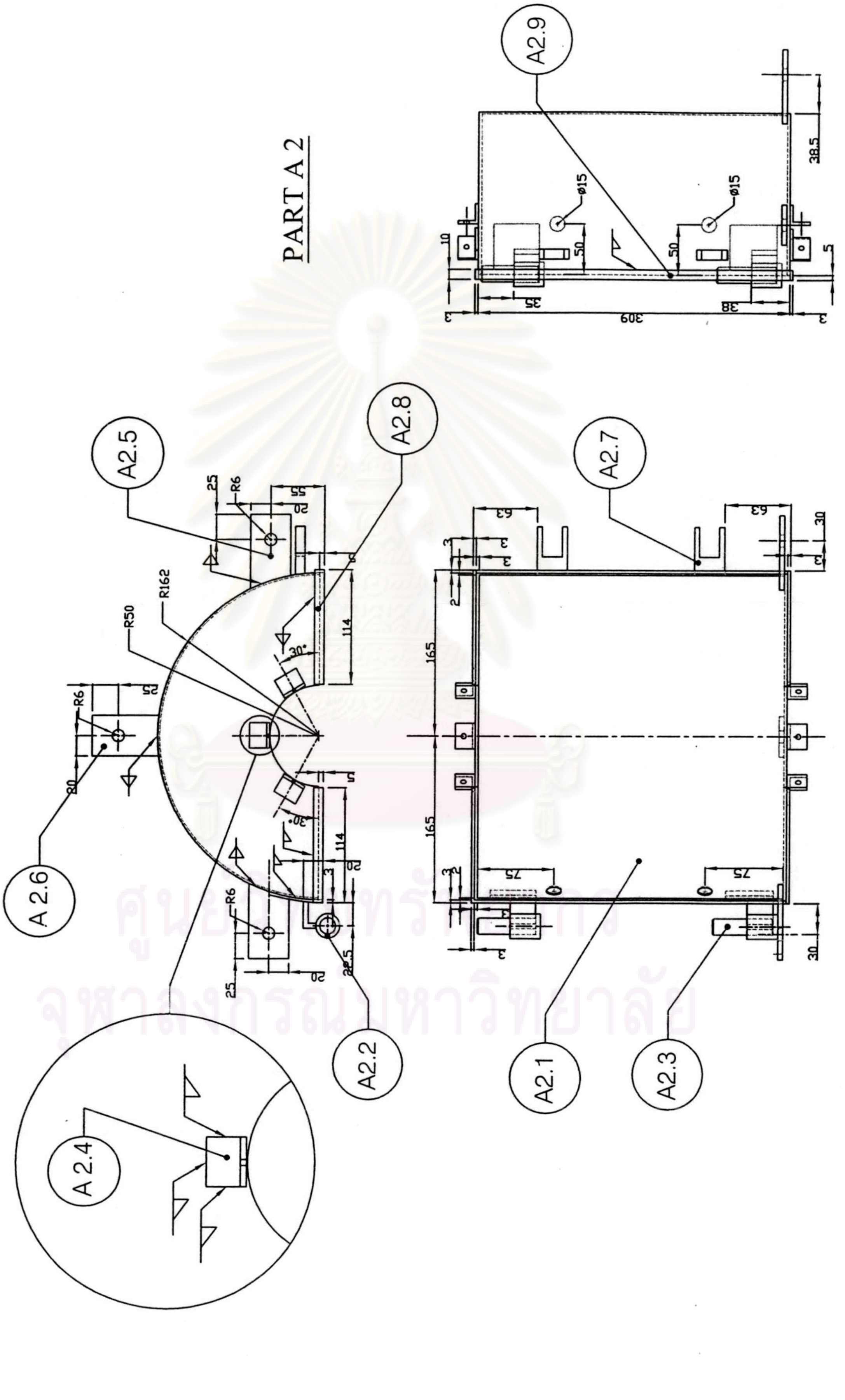
SUB-ASSEMBLY H



PART A 1

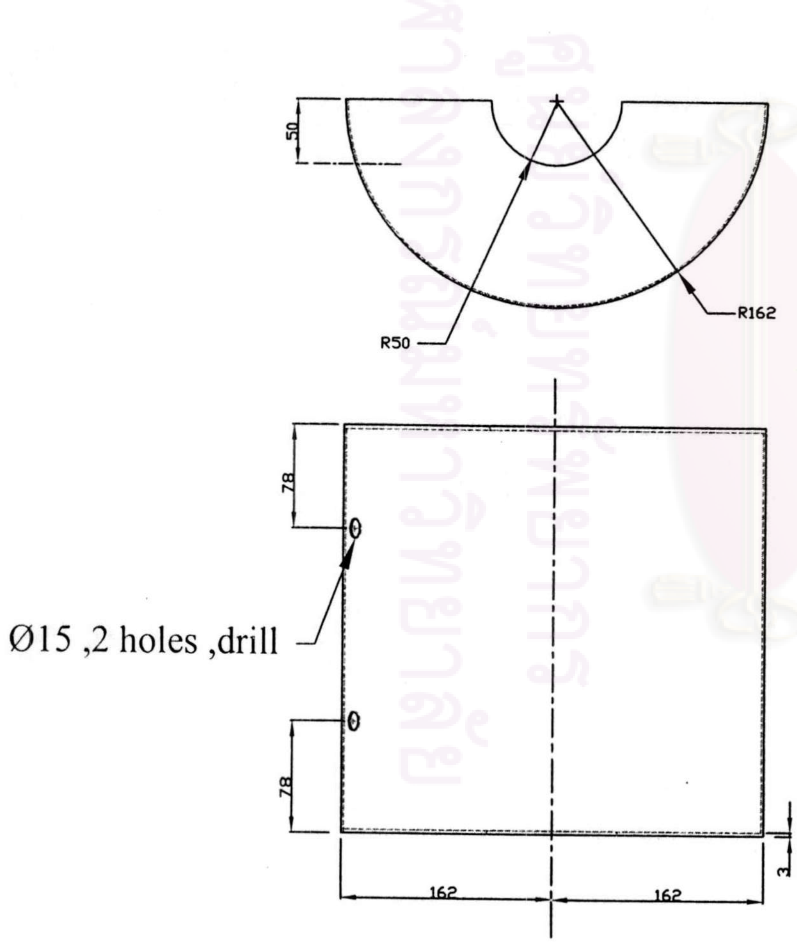


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

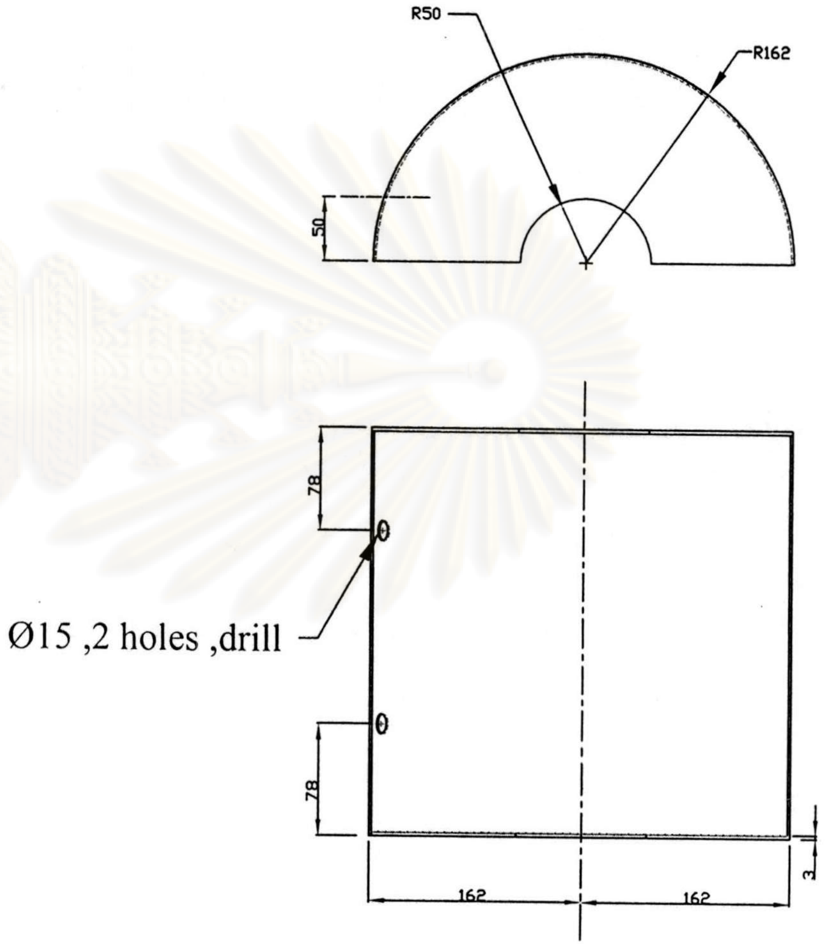


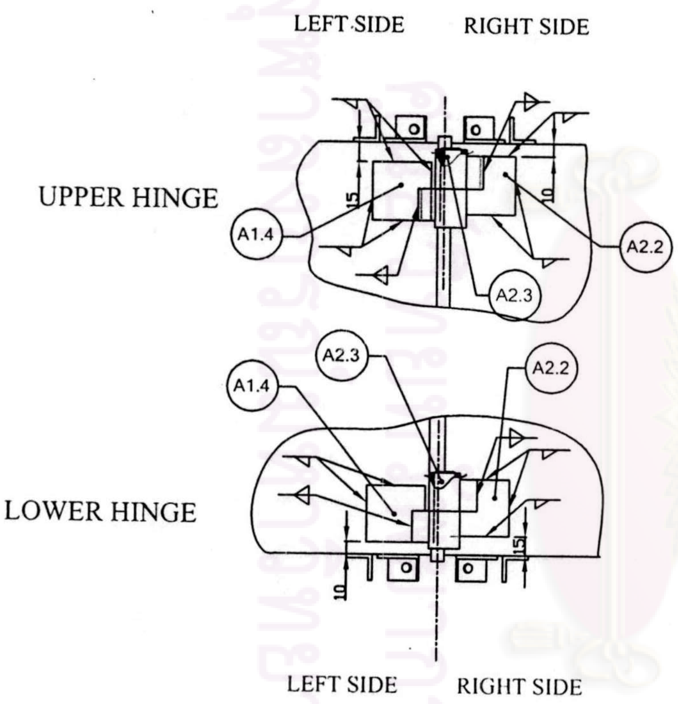
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

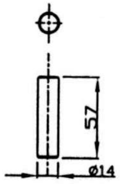
PART A 1.1 ,1 pc.



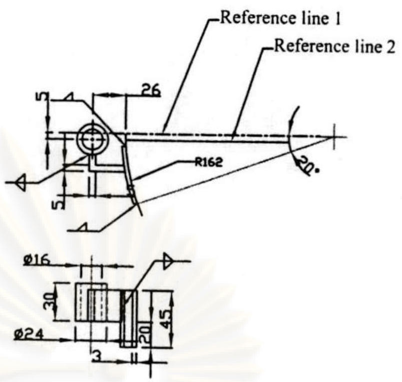
PART A 2.1 ,1 pc.



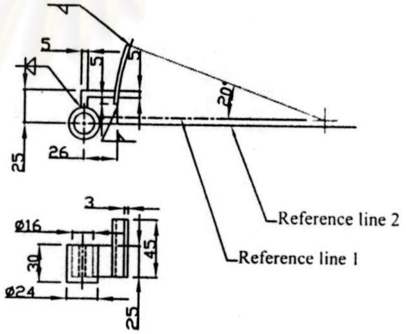




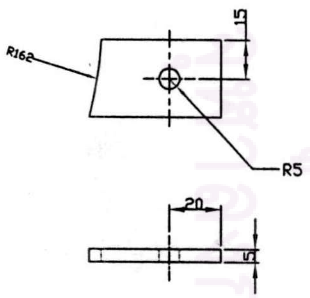
PART A 2.3 , 2pcs.



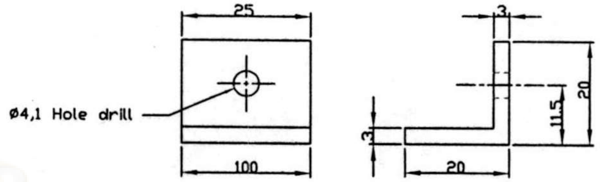
PART A 1.4 , 2pcs.



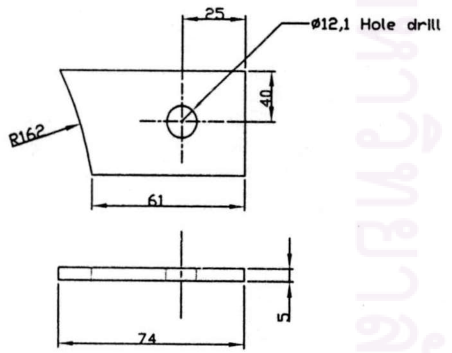
PART A 2.2 , 2pcs.



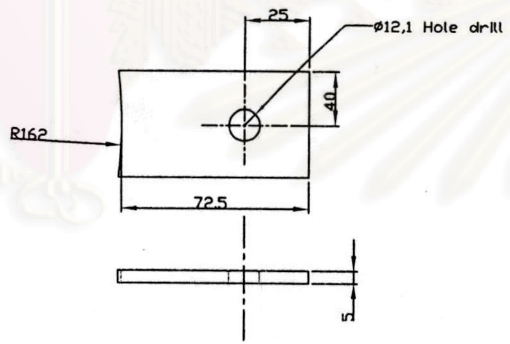
PART A1.2 , 4 pcs.



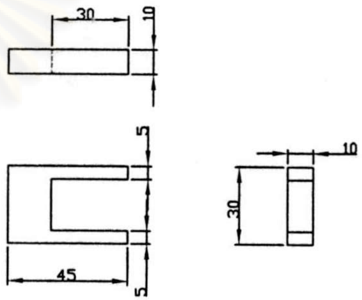
PART A2.2 and A2.4 , 6 pcs.



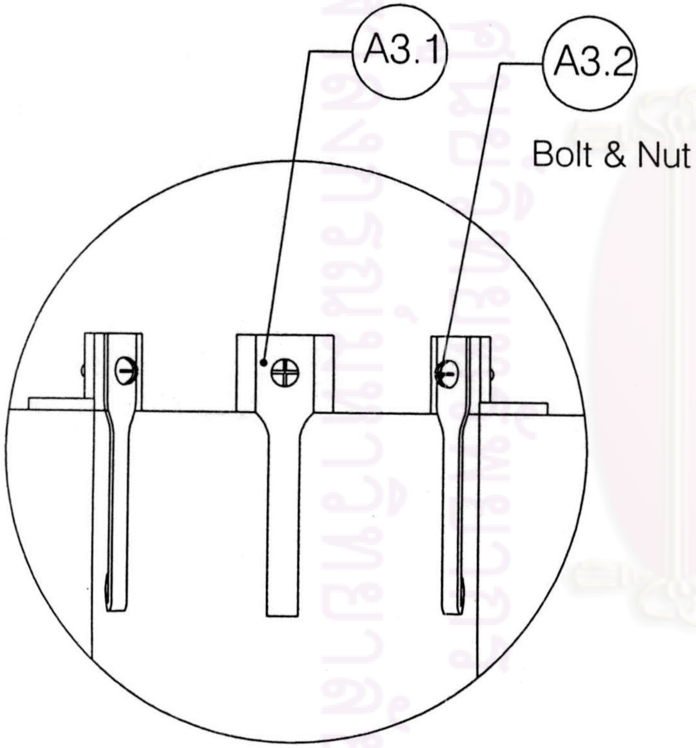
PART A2.5 , 2 pcs.



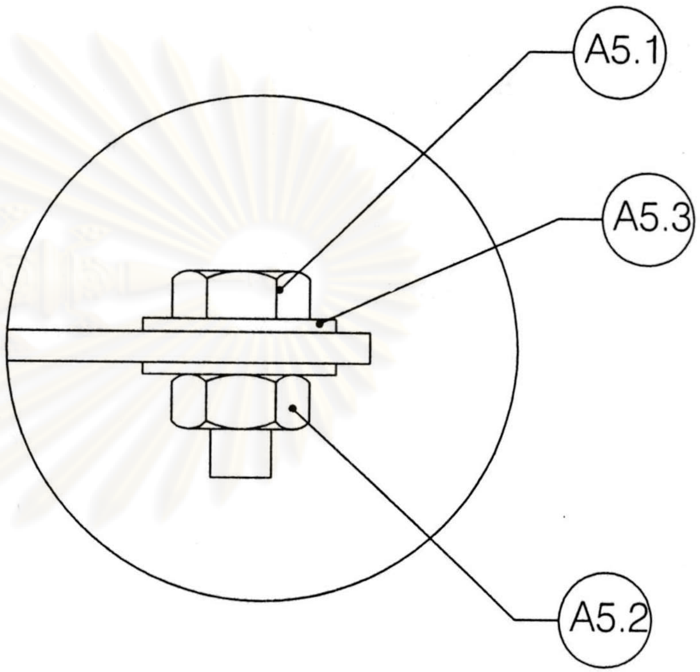
PART A2.6 , 1 pc.



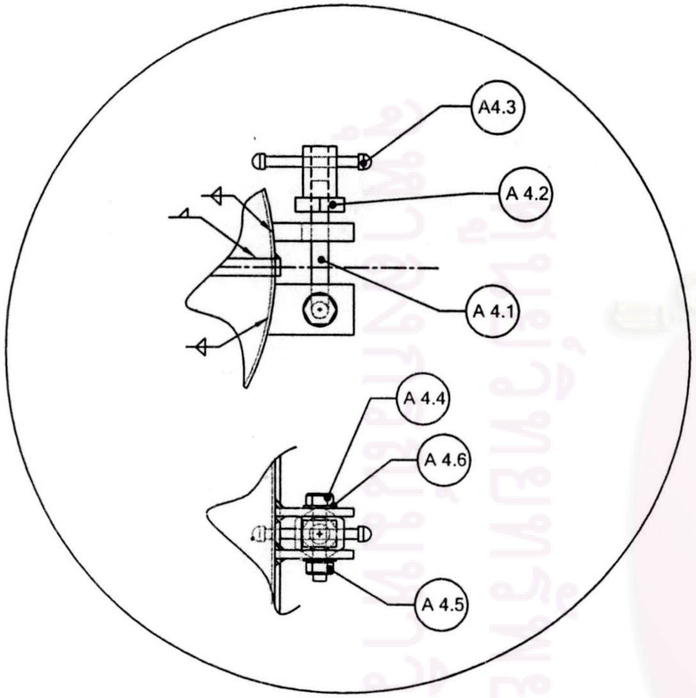
PART A2.7 , 2 pcs.



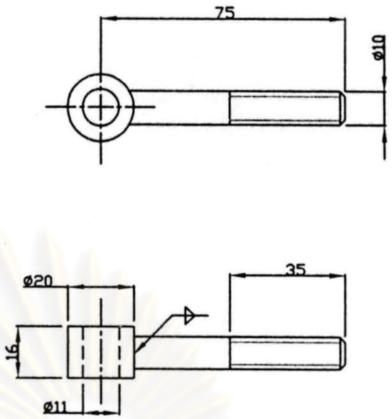
PART A 3



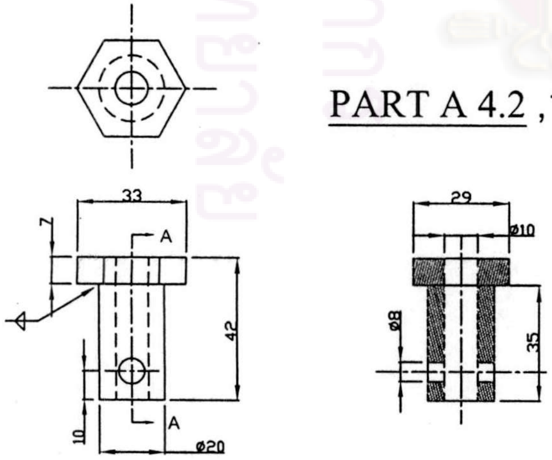
PART A 5



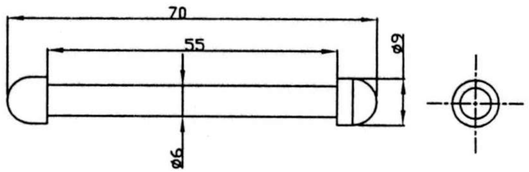
PART A 4



PART A 4.1 ,1 pc.

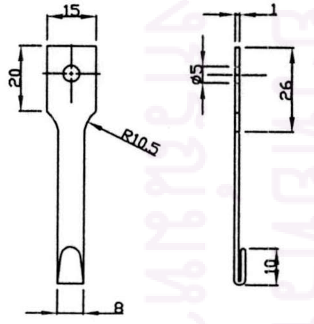


PART A 4.2 ,1 pc.

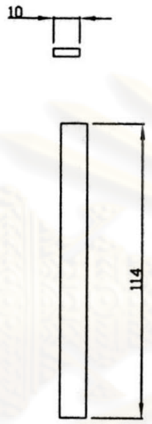


PART A 4.3 ,1 pc.

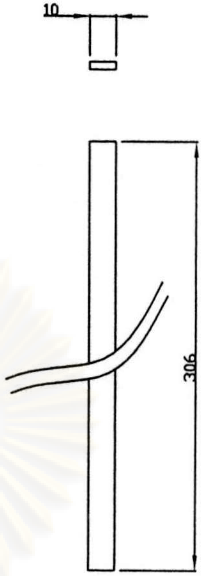
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



PART A 3.1 , 6pcs.

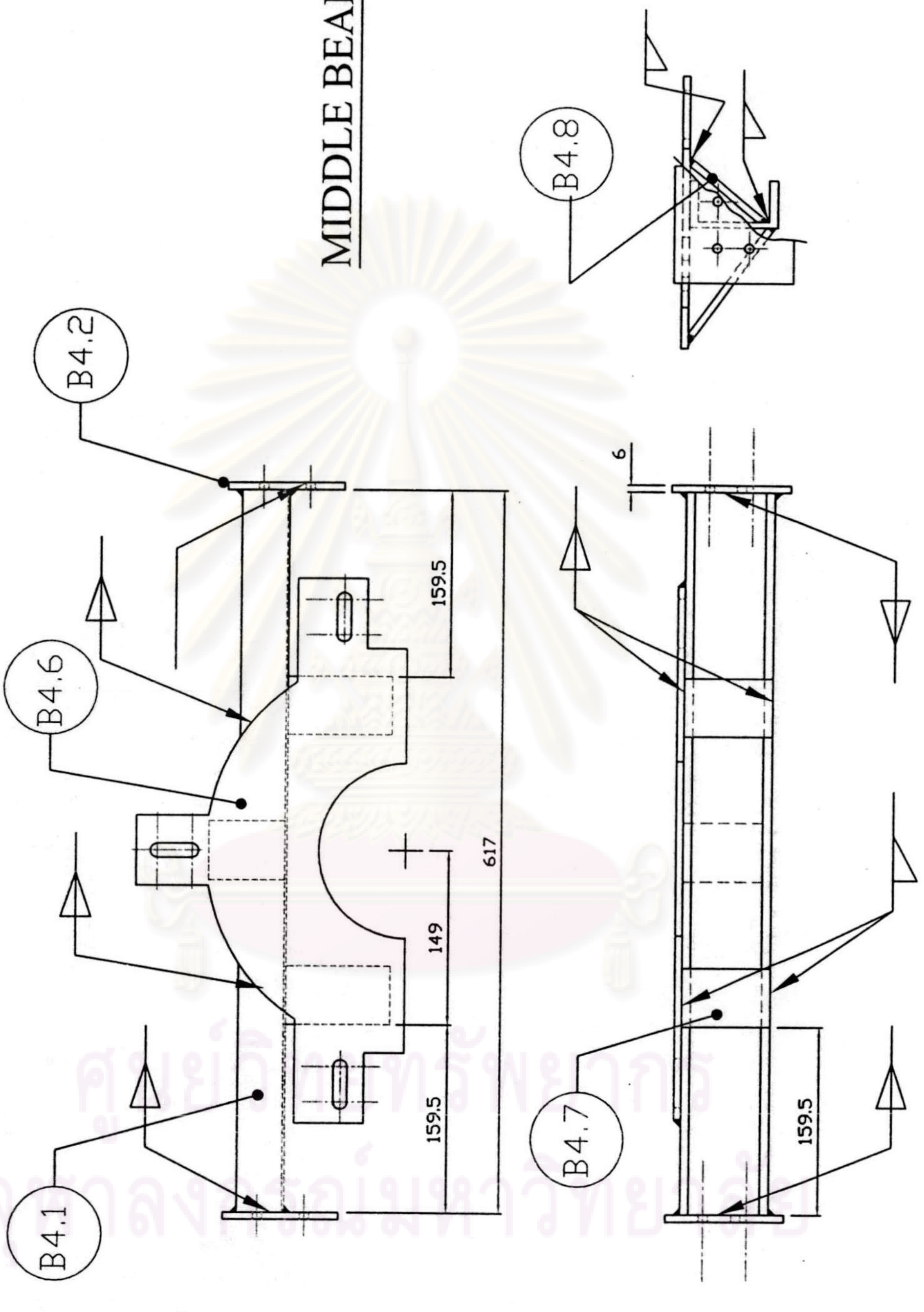


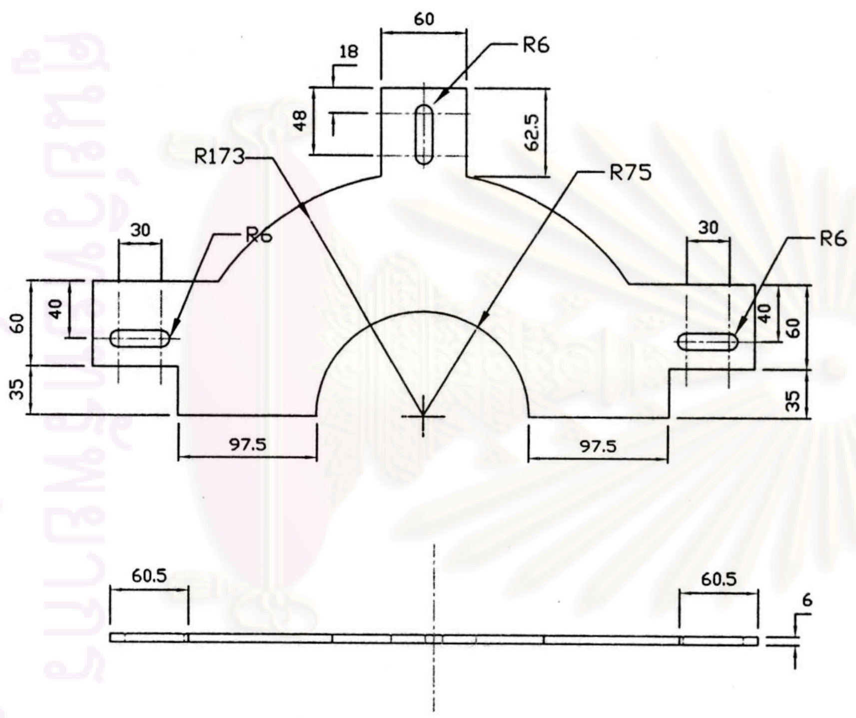
PART A 2.8 , 4pcs.



PART A 2.9 , 2pcs.

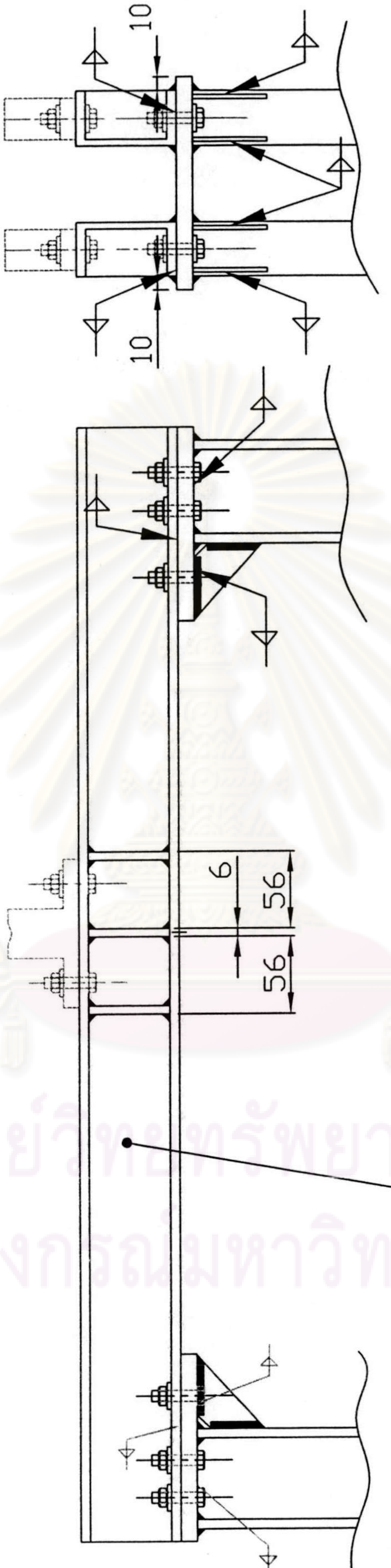
MIDDLE BEAM SET





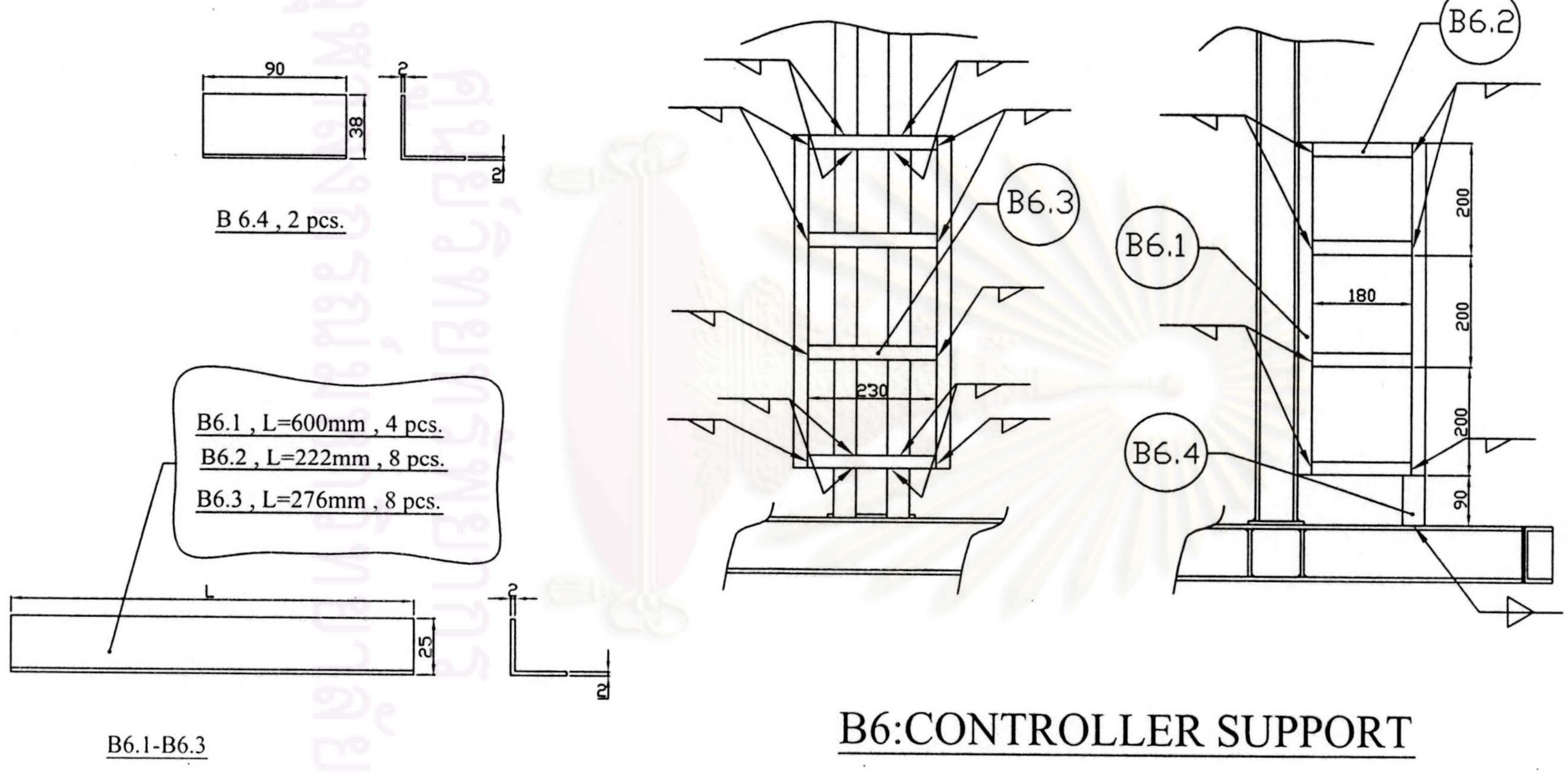
B4.6 : FURNACE SUPPORT ,1pc.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



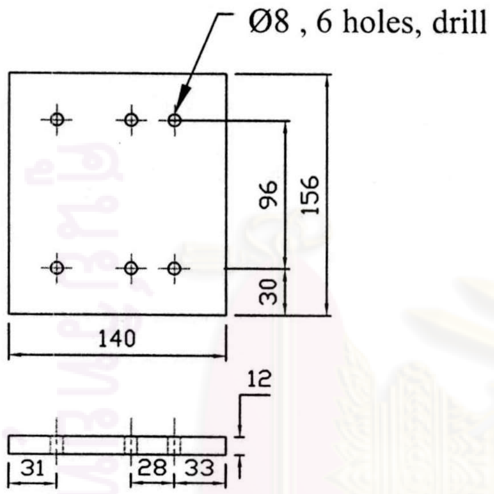
B5 : UPPER BEAM

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

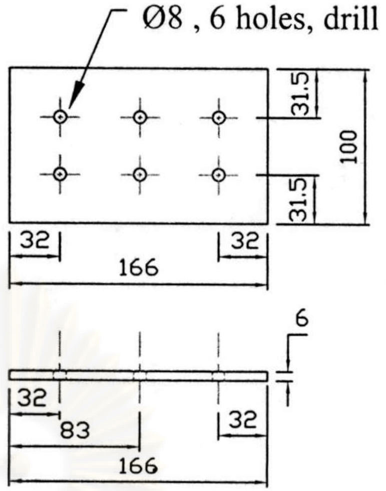


B6:CONTROLLER SUPPORT

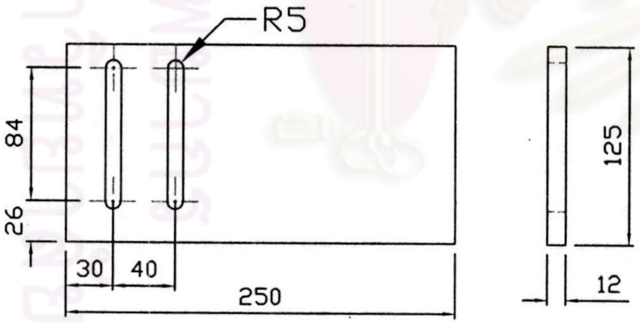
B12:
UPPER FLANGE
2 pcs.



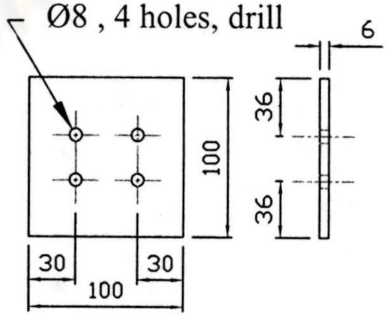
B9:
LOWER FLANGE
2 pcs.

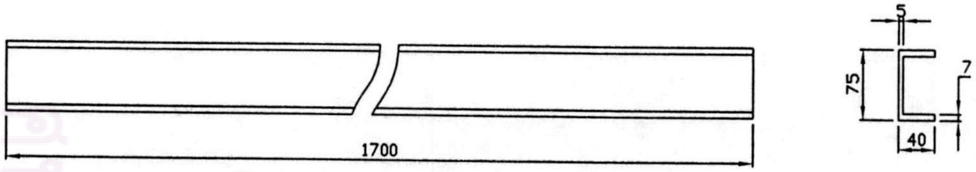


B7 :
MIDDLE BEAM
SUPPORT
2 pcs.

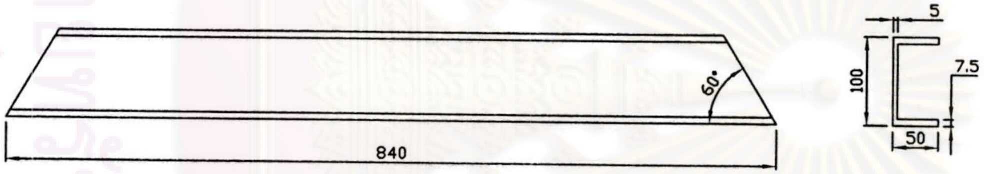


B4.2 :
FLANGE OF
MIDDLE BEAM
2 pcs.

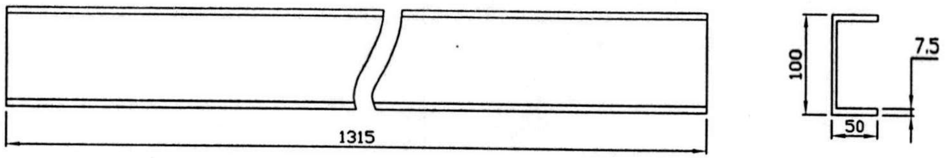




B1 : COLUMN , 4 pcs.

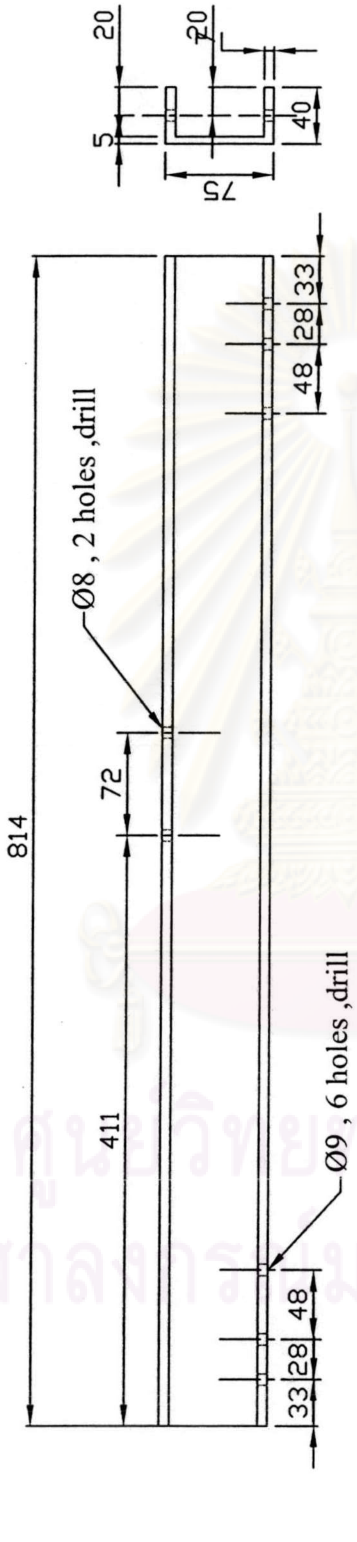


B 2 :TRANSVERSE LOWER BEAM , 2 pcs.

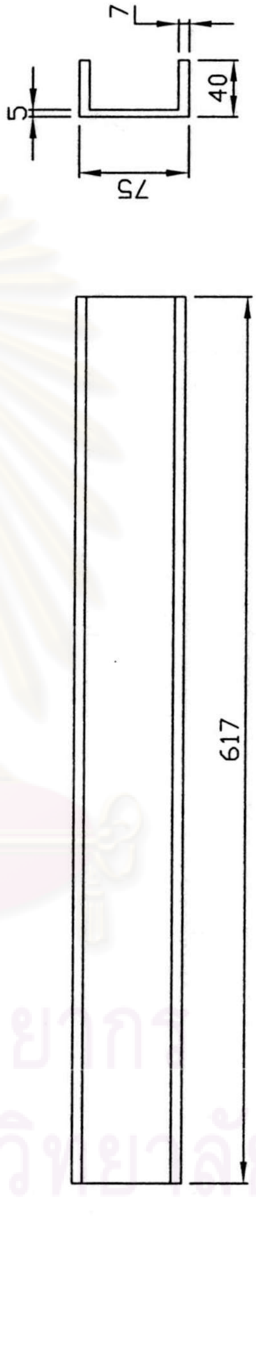


B 3 : LOWER BEAM , 2 pcs.

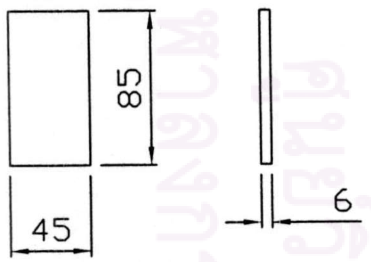
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



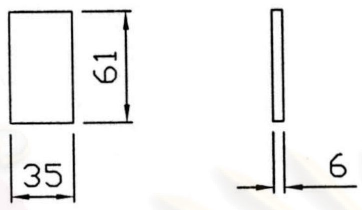
B5: UPPER BEAM , 2 pcs.



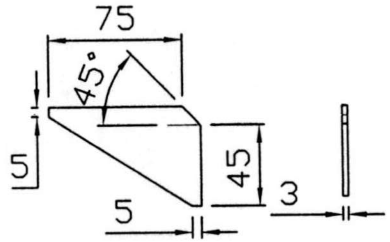
B4 : MIDDLE BEAM , 1 pc.



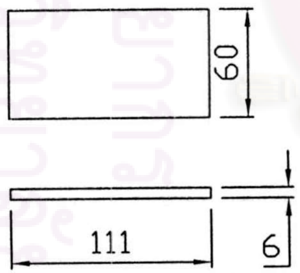
B8 , 12pcs.



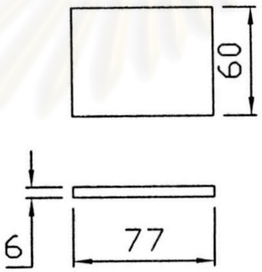
B10 , 6pcs.



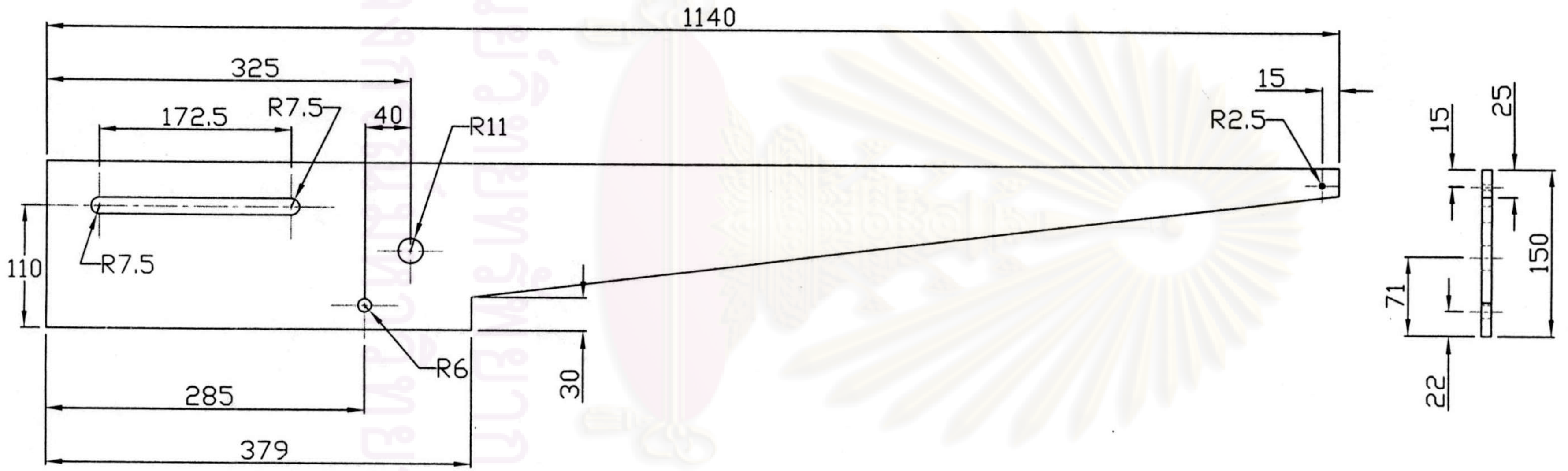
B1.3 , 8pcs.



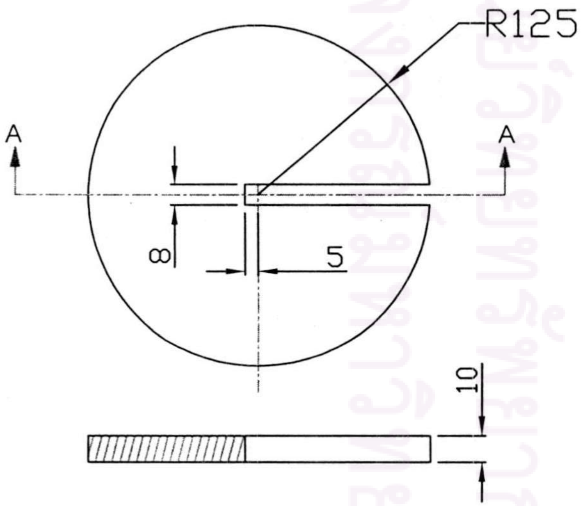
B4.7 , 2pcs.



B4.8 , 1pc.



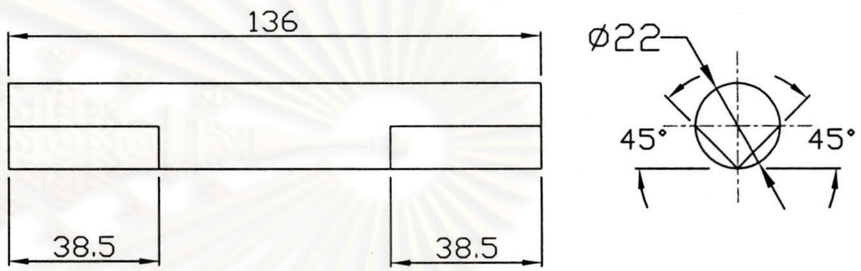
C1: LEVER ARM FRAME , 2pcs.



C6:COUNTER

BALANCE WEIGH

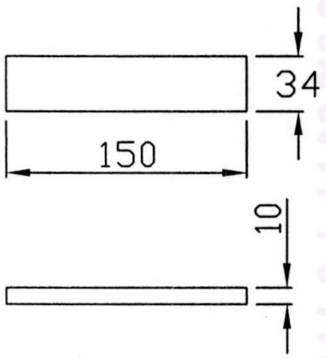
steel, 2pcs.



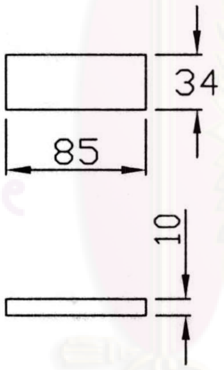
C7:KNIFE EGDE PIN

steel 4340, 1pc.

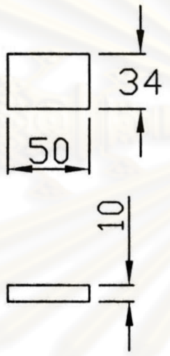
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



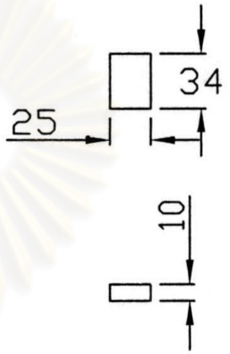
C2 , 1pc.



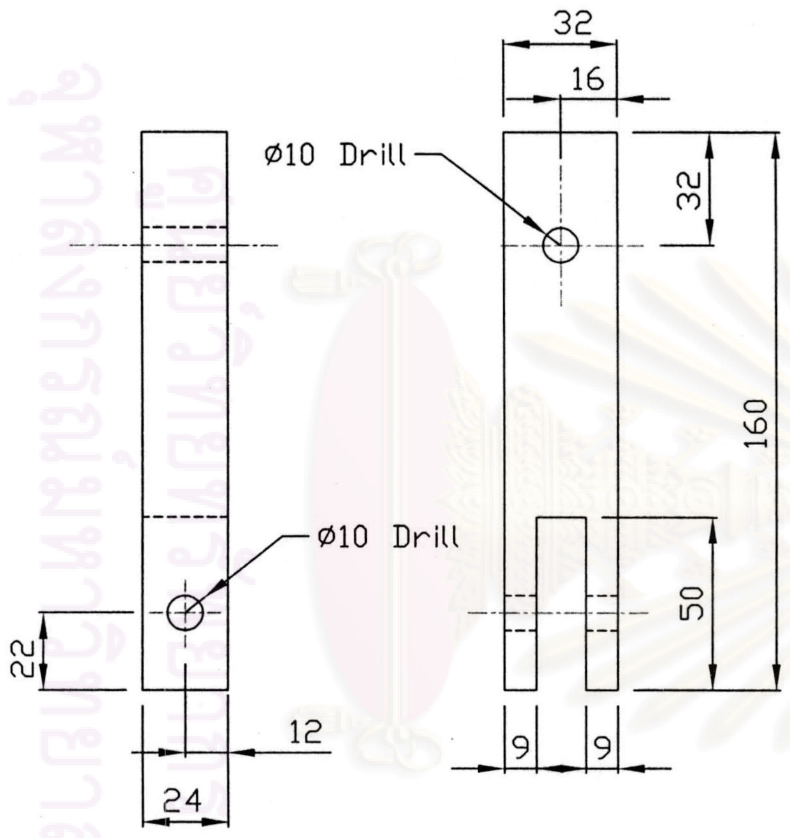
C3 , 1pc.



C4 , 1pc.



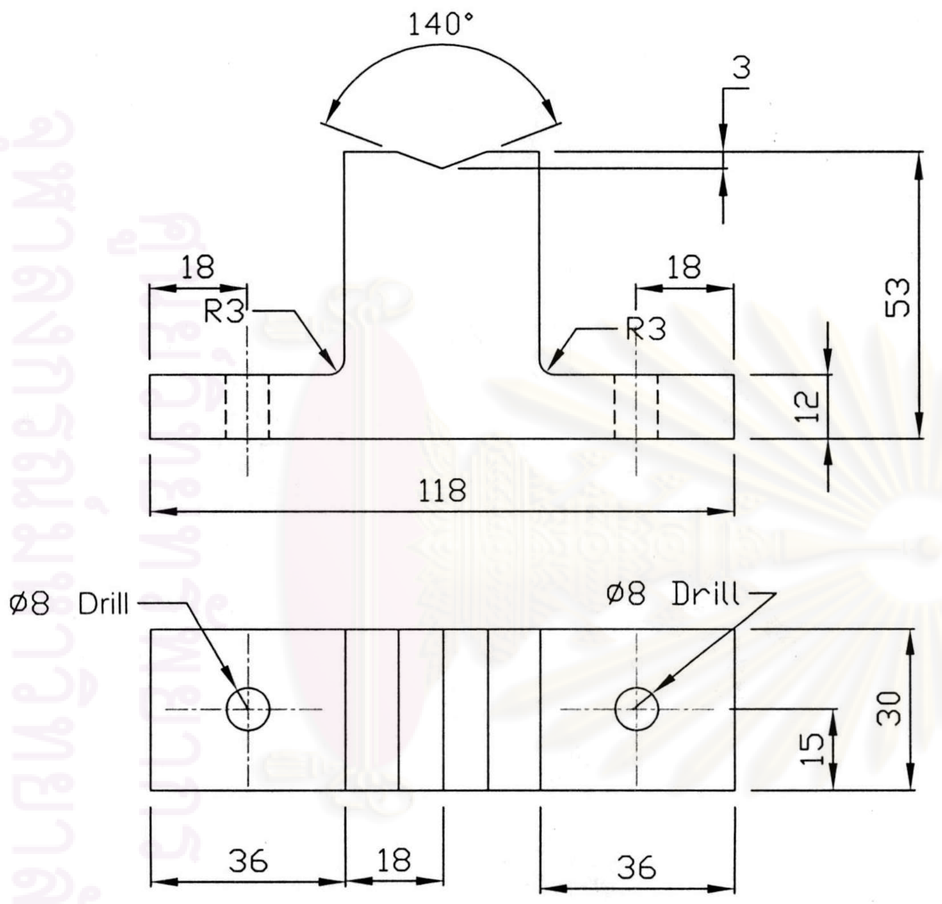
C5 , 1pc.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

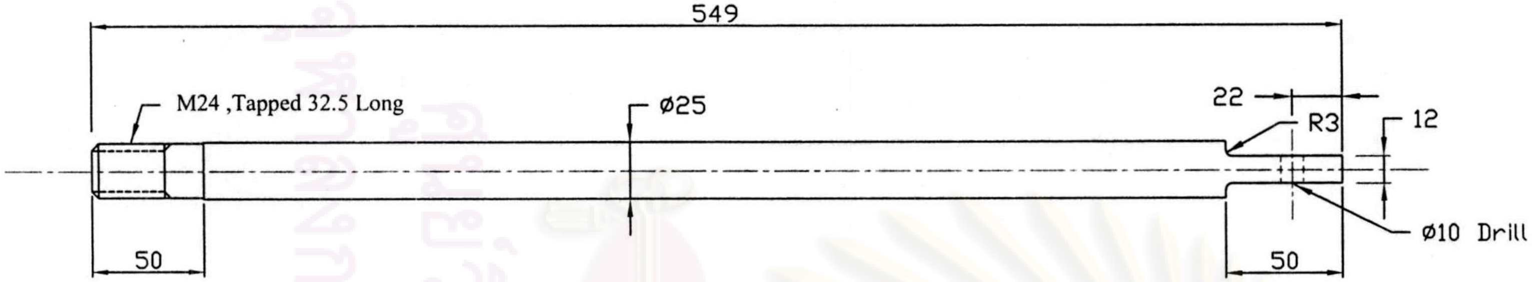
D1:UPPER GRIP

AISI 4340, 2 pcs.

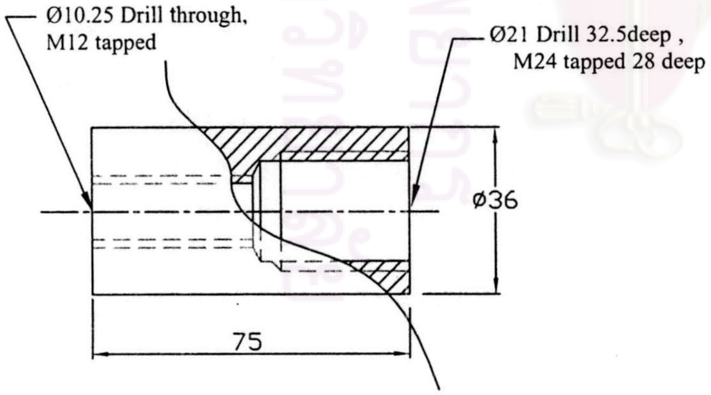


D5: KNIFE EDGE SUPPORT

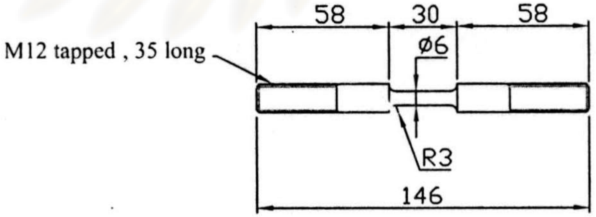
AISI 4340, 2 pcs.



E3:UPPER PULL ROD
stainless steel, 1 pc.

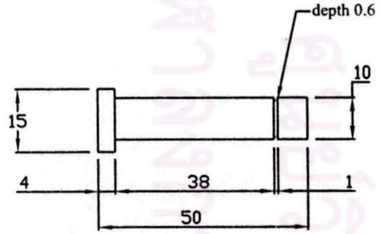


E2:SPECIMEN GRIP
stainless steel, 2 pcs.



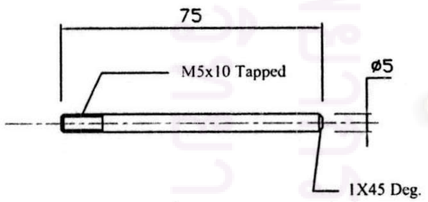
E1:SPECIMEN
low alloy steel, 1 pcs.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



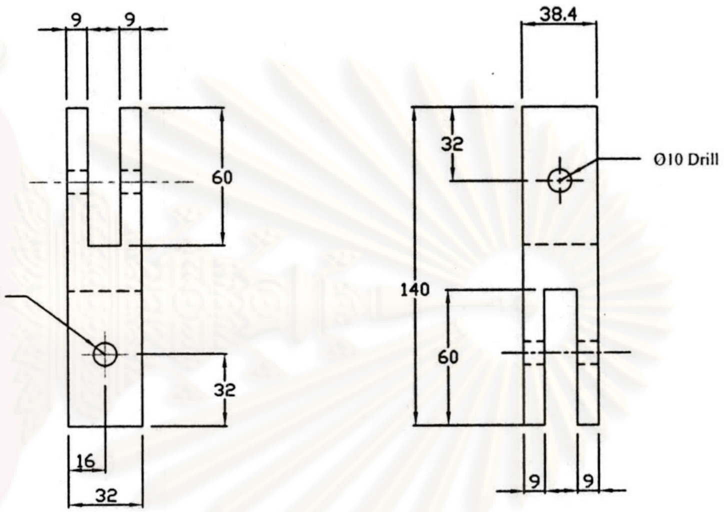
F1 : PIN

stainless
steel,2pcs.



F8 :TURNBUCKLE
H ANDLE

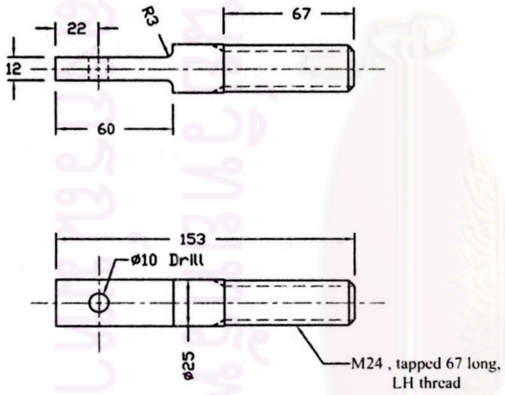
stainless
steel, 2pcs.



F10 : LOWER GRIP

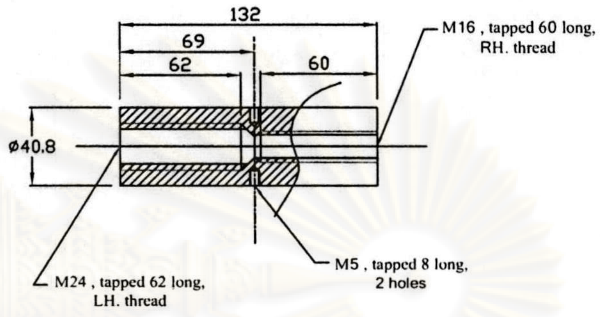
AISI 4340 , 1pc.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



F3 :TURNBUCKLE ROD

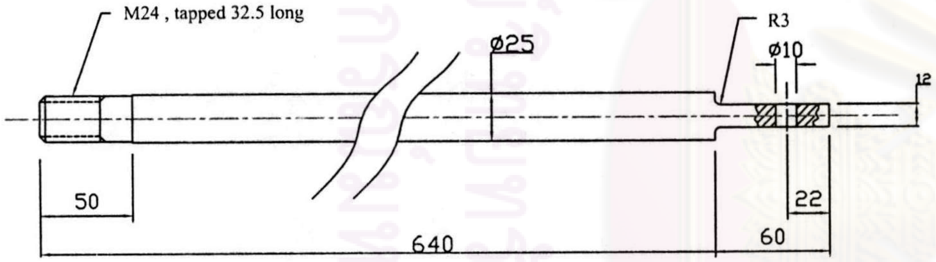
stainless steel , 1pc.



F4 :TURNBUCKLE

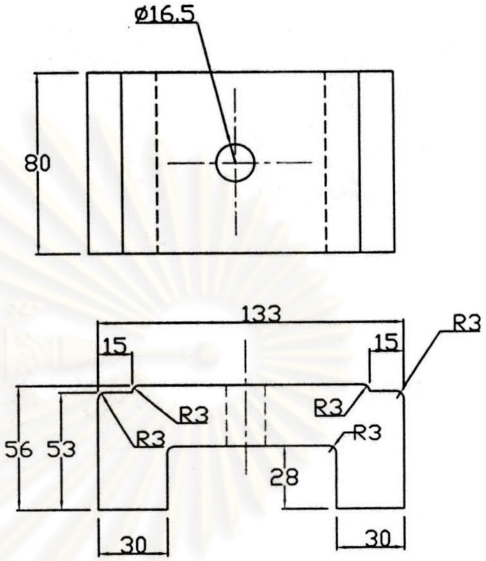
stainless steel , 1pc.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



F9:LOWER PULL ROD

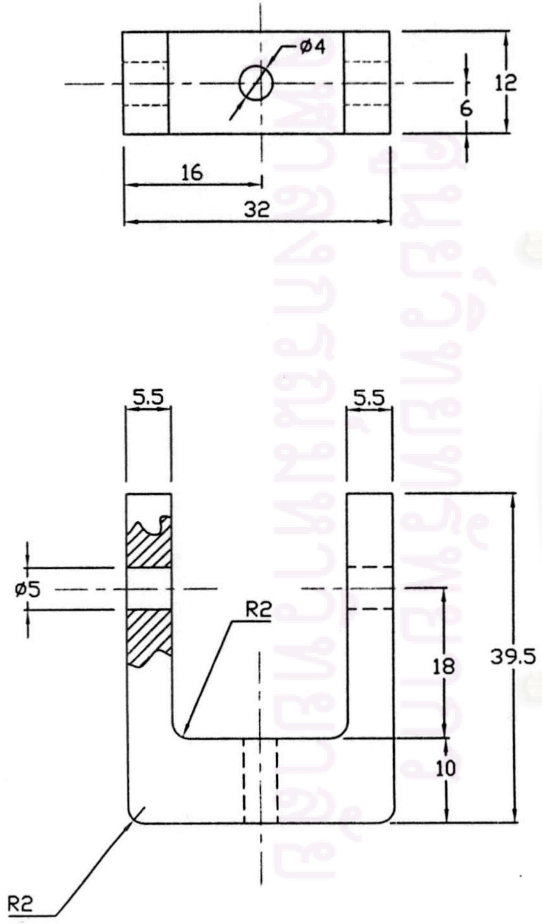
stainless steel,1pc.



F5:TURNBUCKLE SUPPORT

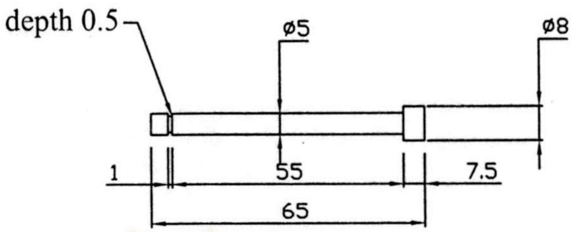
steel,1pc.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



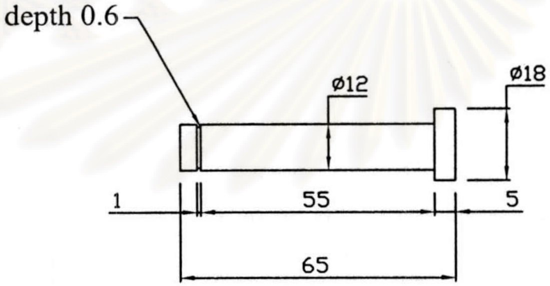
G6 :WEIGHT'S GRIP

stainless
steel,1pc.



G4 :PIN

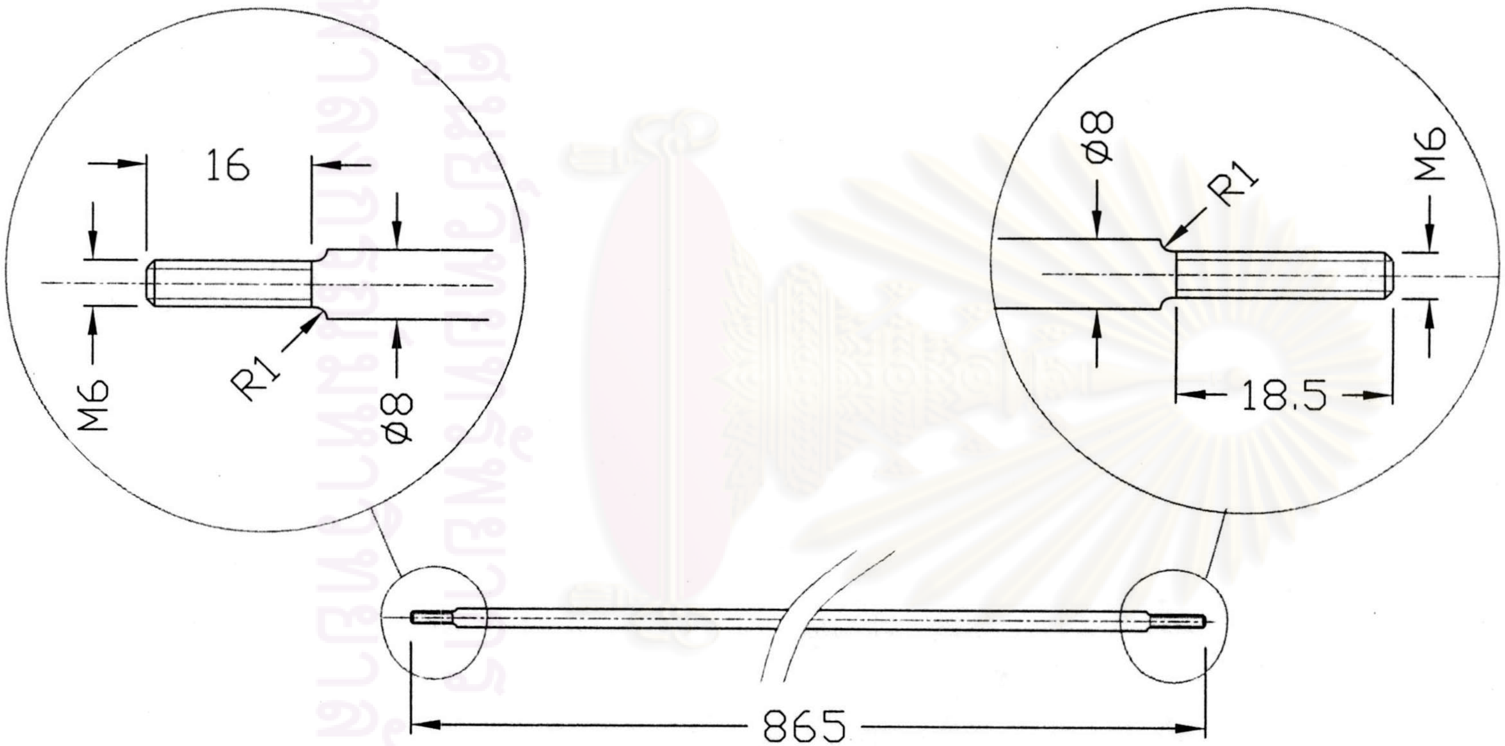
stainless
steel,1pc.



G9 :PIN

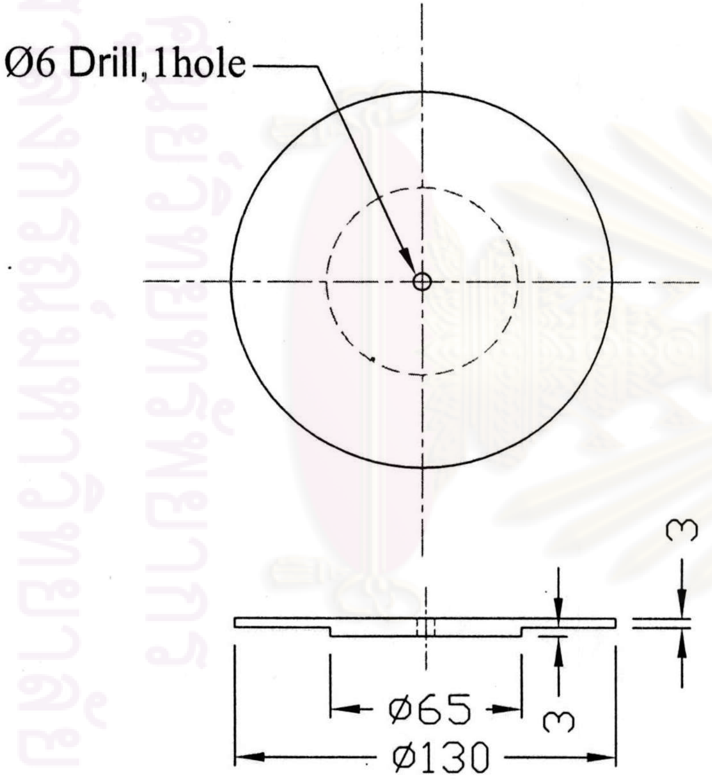
stainless
steel,1pc.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



H1: WEIGHT HANGING ROD

stainless steel , 1pc.



H2: DISC

stainless steel , 1pc.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย ทวิช วงศ์กระบากถาวร เกิดวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2516 ที่จังหวัดมหาสารคาม สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จากภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2539 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2543

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย