

ภาคผนวก ก

คุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกลของวัสดุทองแดง
ทองเหลือง และอลูมิเนียม

1) มาตรฐานและคุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุอลูมิเนียม

ตาราง ก.1 คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของอลูมิเนียม

ความหนาแน่น	2.7	กก/ดม ³
จุดหลอมเหลว	658° C	อุณหภูมิกลายเป็นไอ 1800° C
ความร้อนจำเพาะ	(0 – 100° C) 0.2259	แคลอรีกรัม° C
ความต้านทานจำเพาะ	(20° C) 2.699	ไมครอโอห์ม/ซ.ม.

ตาราง ก.2 คุณสมบัติทางอุณหภูมิ

อุณหภูมิหลอมเหลว	655	°C
อุณหภูมิแข็งตัว	615	°C
สัมประสิทธิ์การขยายตัวที่ 20 องศาเซลเซียส	23.4	um/m.K
ความร้อนจำเพาะ	900	J/kg.K
ความหนาแน่น	2.96	g/cm ³

ตาราง ก.3 คุณสมบัติทางกลของอลูมิเนียม

ความเค้นแรงดึงสูงสุด	2	กก/มม ²
Elastic Limit	3	กก/มม ²
Modulus of elasticity	7800	กก/มม ²
Hardness	16	H.B.
Elongation	45	%

ตาราง ก.4 ส่วนผสมทางเคมี

ซิลิกอน (Si)	0.20 - 0.60 %
เหล็ก (Fe)	0.35 %
ไททาเนียม (Ti)	0.10 %
ทองแดง (Cu)	0.10 %
แมกนีเซียม (Mg)	0.45 - 0.90 %
สังกะสี (Zn)	0.10 %
แมงกานีส (Mn)	0.10 %
โครเมียม (Cr)	0.10 %
อื่นๆ	0.05 %

2) คุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกลของวัสดุทองแดง

โดยทั่วไป จะเรียกโลหะนั้นว่า ทองแดง เมื่อโลหะนั้นเป็นทองแดงเกือบบริสุทธิ์หรือมีสิ่งแปลกปนอื่นๆ ผสมอยู่ไม่เกิน 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และเรียกว่าทองผสมหรือโลหะผสมของทองแดง เมื่อโลหะนั้นมีทองแดงเป็นธาตุที่ผสมอยู่มากที่สุด ในระหว่าง 40 เปอร์เซ็นต์ และไม่สูงกว่า 99 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก

ตาราง ก.6 คุณสมบัติของวัสดุทองแดง B 0720323

Standard		Alloy No.		Chemical Composition(%)			Related Standards		Application		
				Cu		P					
KS D5301		C1220		99.90		0.015 - 0.040		JIS H3300 ASTM B111 DIN 1787 BS 2871		Heat exchanger, Chemical industry	
Temper	Symbol	Tensile Property				Hardness Test					Grain Sizes mm
		Outside diameter mm	Wall Thickness mm	Tensile Strength Kg ^f /mm ² (N/ mm ²)	Elongation %	Wall Thickness mm	Rockwell				
							HR 30T	HR 15T	HRF		
1/2H	C1220T- 1/2H C1220TS- /2H	4-250	0.25-25	21Min (245-325)	-	-	30-60	-	-	-	
H	C1220T-H	25Max	0.25-3	32Min (315Min)	-	-	55Min	-	-	-	
		25-50	0.9-4	28Min (275Min)	-	-	-	-	-	-	
		50-100	1.5-6	26Min (255Min)	-	-	-	-	-	-	
		100-200	2-6		-	-	-	-			
		200-350	3-8		-	-	-	-	-		

ตาราง ก.7 คุณสมบัติของโลหะทองแดงที่ค่อนข้างบริสุทธิ์

คุณสมบัติของทองแดง	มีค่า
หมายเลขอะตอม	29
น้ำหนักอะตอม	63.57
วาเลนซ์	1 หรือ 2
โครงสร้างผลึก	fcc
มิติของแลตทิซ kx	3.6078
ความหนาแน่นที่ 20 °Cg/cm ³	8.96
อุณหภูมิการหลอมเหลว (°C)	1083
จุดเดือด (°C)	2595
การหดตัวขณะแข็งตัว ,	4.91
ความร้อนแฝงของการหลอมละลาย(cal/g)	50.6
ความร้อนจำเพาะที่ 20 °C (cal/g/°C)	0.092
การนำความร้อน20 °C (cal/sec.cm ² °C/cm)	0.941
การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน0-300°C	$L_t = L_0 [1 + (16.23t + 0.00483^2) \times 10^{-6}]$
ความต้านทานไฟฟ้าที่ 20 °C ไมโครโอห์ม/cm	1.673
การนำไฟฟ้า % IACS (โดยปริมาณ)	103
สปส. การขยายตัวเชิงเส้น ที่ 20 °C ต่อ °C	16.5×10^{-6}
สี	ชมพูค่อนข้างแดง

ตารางที่ ก.8 สมบัติของโลหะทองแดงก่อนข้างบริสุทธิ์เมื่อเกิดปฏิกิริยา

ปฏิกิริยาเคมี	รายละเอียด
ออกซิเจน	ทำปฏิกิริยากับอากาศแห้งที่ 180 °C หรือที่อุณหภูมิต่ำกว่า ถ้าหากมี CO_2 และ H_2O อยู่ด้วย
ไนโตรเจน	ไม่ทำปฏิกิริยา
กำมะถัน	ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิเดียวกับออกซิเจน
ไฮโดรเจน	ไม่เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง แต่ละลายในทองแดงหลอมเหลวได้ดี
กรดอินทรีย์	กรดเกลือและกรดกำมะถันบริสุทธิ์ไม่กัดทองแดง กรดไนตริก กัดทองแดงได้
ด่าง	ด่างทั่วไปไม่กัดทองแดงแต่แอมโมเนียเมื่อรวมตัวกับอากาศจะทำปฏิกิริยากับทองแดงทันที
เกลือ	กัดทองแดงได้บ้าง
กรดอินทรีย์	ที่เจือจางจะกัดทองแดงอย่างช้าๆ

ตาราง ก.9 เปรียบเทียบการนำไฟฟ้าและความร้อนของโลหะต่างๆที่ 20 °C

โลหะ	ค่าการนำไฟฟ้าเปรียบเทียบ (ทองแดง 100%)	ค่าการนำความร้อนเปรียบเทียบ (ทองแดง 100%)
เงิน	106	106
ทองแดง	100	100
ทอง	72	76
อลูมิเนียม	62	56
แมกนีเซียม	39	41
สังกะสี	28	29
นิกเกิล	25	15
แคลเซียม	23	24
โคบอลต์	18	17

ตาราง ก.10 ภาวะประสงค์สำหรับทองแดงขึ้นรูปแบบเย็น

สัญลักษณ์	ปริมาณการแปรรูปคิดเป็นเปอร์เซ็นต์	
	สำหรับแผ่นแบน	สำหรับแท่งกลม
1/4 hard	10.9	20.7
1/4 hard	20.7	37.1
1/4 hard	29.4	50.0
1/4 hard	37.1	60.5
extra-hard	50.0	75.0
spring	60.5	84.4
extra-spring	68.7	90.2

ตาราง ก.11 ข้อบ่งชี้ทองแดงที่มีขนาดเกรนต่างๆ

ขนาดของ เกรน (มิลลิเมตร)	ข้อบ่งชี้
0.015	งานขึ้นรูปที่ไม่ยากสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผิวเรียบมันสวยงาม มากๆ
0.025-0.035	ขึ้นรูปได้ง่ายพอสมควร และชิ้นงานที่มีผิวละเอียดพอสมควร
0.050	ใช้กับงานขึ้นรูปที่ค่อนข้างรุนแรง ได้ชิ้นงานผิวหยาบ แต่ยังพอขัดให้ เรียบได้
0.070-0.100	ใช้กับงานขึ้นรูปรุนแรง ได้งานที่มีผิวหยาบและตกแต่งด้วยการขัดให้ เรียบได้ยาก

3) มาตรฐานและคุณสมบัติทางกลของวัสดุทองเหลือง

ตาราง ก.12 ส่วนผสมทางเคมีของวัสดุทองเหลืองชนิดต่างๆ

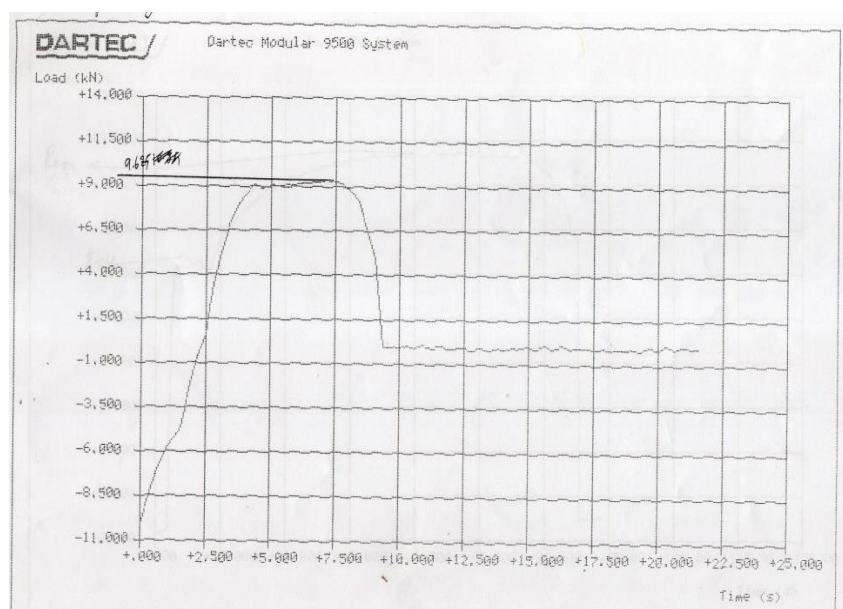
Name	Copper Alloy No.		Composition Chemical, wt.%					
	JIS	UNS	Cu	Pb	Fe	Sn	Zn	Other Named Elements
Brass	C2700	C27000	63-67	0.05	0.05	-	Rem.	-
	C2720	C27200	62-64	0.07	0.07	-	Rem.	-
	C2800	C28000	59-63	0.10	0.07	-	Rem.	-
Leaded	-	C34000	62-65	0.18-1.5	0.15	-	Rem.	-
	-	C34500	62-65	1.5-2.5	0.15	-	Rem.	-
	-	C35000	60-63	0.8-2	0.15	-	Rem.	-
	-	C35300	60-63	1.5-2.5	0.15	-	Rem.	-
Free Cutting brass	-	C36000	60-63	2.5-3.7	0.35	-	Rem.	-
	C3601	C36000	59-63	1.8-3.7	0.30	(Fe+Sn)0.5	Rem.	-
	C3602	C36000	59-63	1.8-3.7	0.50	(Fe+Sn)1.2	Rem.	-
	C3603	-	57-61	1.8-3.7	0.35	(Fe+Sn)1.6	Rem.	-
	C3604	-	57-61	1.8-3.7	0.50	(Fe+Sn)1.2	Rem.	-
	C3605	-	56-60	3.5-4.5	0.50	(Fe+Sn)1.2	Rem.	-
Forging	C3712	C37100	58-62	0.25-1.2	(Fe+Sn)0.8	-	Rem.	-
Brass	C3712	C37700	57-61	1-2.5	(Fe+Sn)1.0	-	Rem.	-
Naval Brass	C4622	C46400	61-64	0.30	0.20	0.7-1.5	Rem.	-
	C4641	C48500	59-62	0.50	0.20	0.50-1.0	Rem.	-
	-	C48500	59-62	1.3-2.2	0.10	0.50-1.0	Rem.	-
High Strength	C6782	-	56-60	0.50	0.10-1.0	-	Rem.	0.20-2.0 Al 0.50-2.5Mn
brass	C6783	-	55-59	0.50	0.20-1.5	-	Rem.	0.20-2.0 Al 1.00-3.0Mn

ภาคผนวก ข

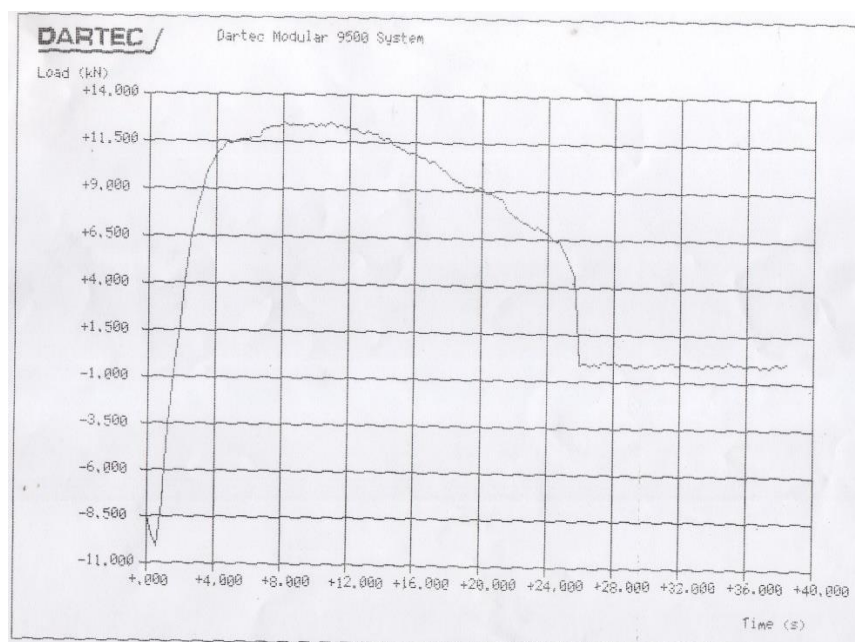
ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงของชิ้นทดสอบ

1) ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงของชั้นทดสอบ

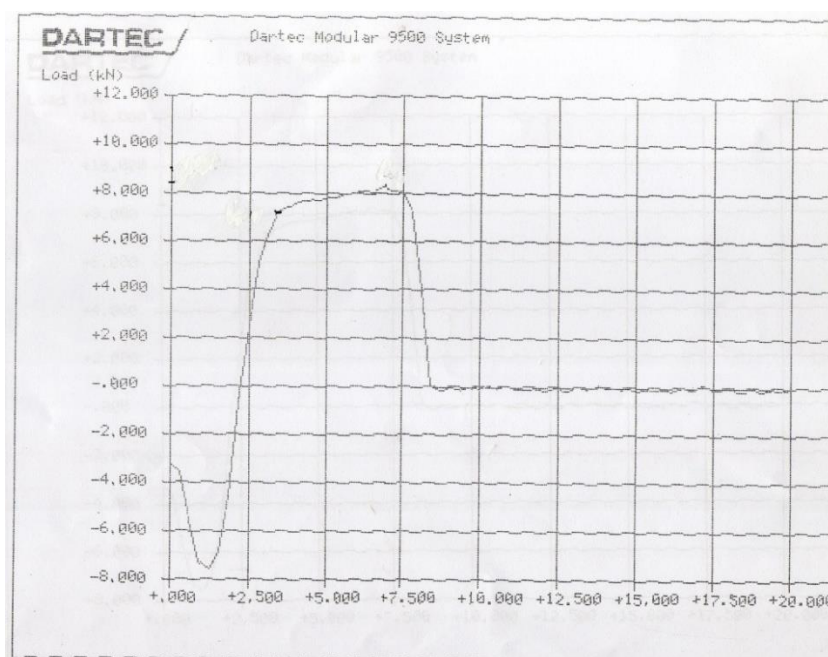
1.1 จากการทดสอบความต้านทานแรงดึงของชั้นทดสอบอลูมิเนียมกับอลูมิเนียม ที่ผ่านกระบวนการเชื่อมขึ้นงานด้วยแรงเสียดทาน และได้ผลการทดสอบได้ดังนี้



รูปที่ ข.1 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงของอลูมิเนียมกับอลูมิเนียม ที่เชื่อมด้วยแรง 147 N/m^2



รูปที่ ข.2 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงของอลูมิเนียมกับอลูมิเนียม ที่เชื่อมด้วยแรง 176 N/m^2

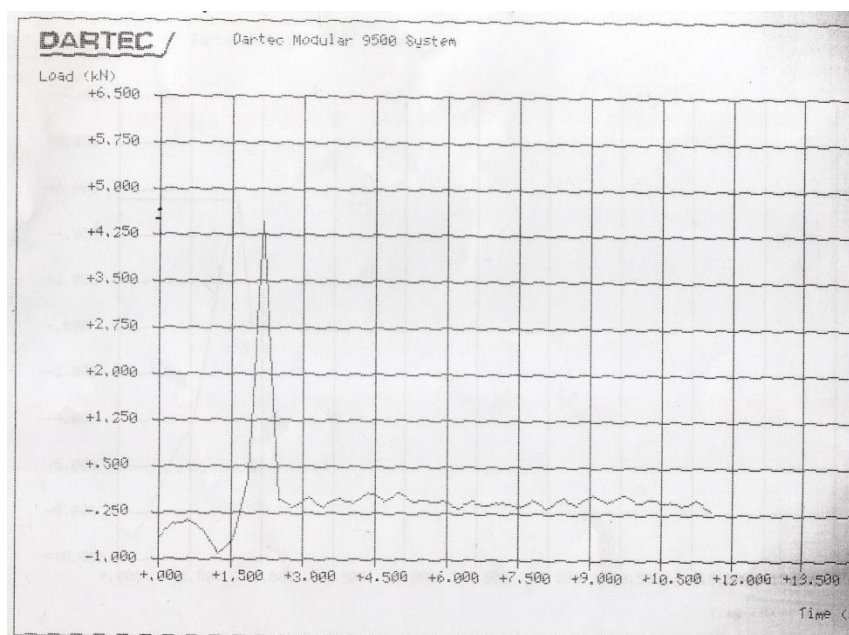


รูปที่ ข.3 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงของอลูมิเนียมกับอลูมิเนียม ที่เชื่อมด้วยแรง 206 N/m²

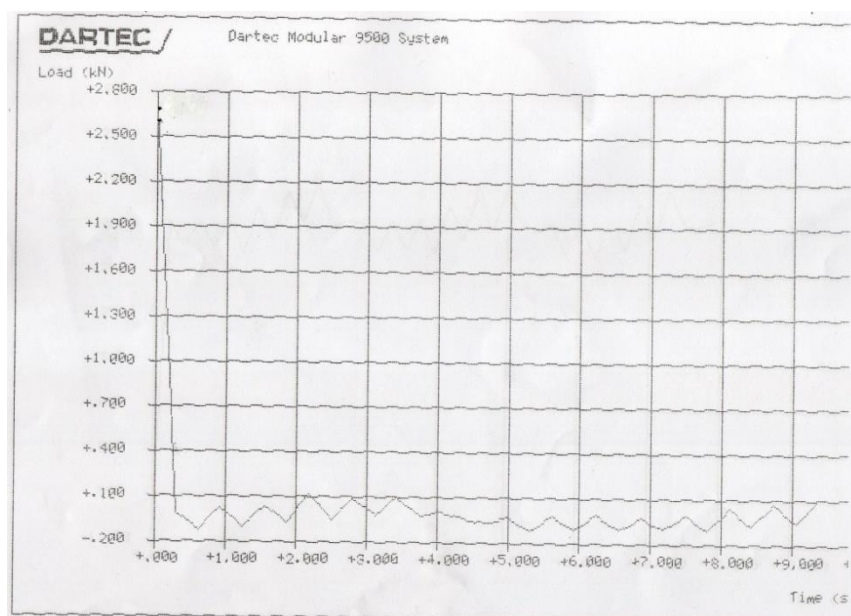


รูปที่ ข.4 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงของอลูมิเนียมกับอลูมิเนียม ที่เชื่อมด้วยแรง 235 N/m²

1.2 จากการทดสอบความต้านแรงดึงของชิ้นทดสอบอลูมิเนียมกับทองแดง ที่ผ่านกระบวนการเชื่อมชิ้นงานด้วยแรงเสียดทาน และได้ผลการทดสอบได้ดังนี้



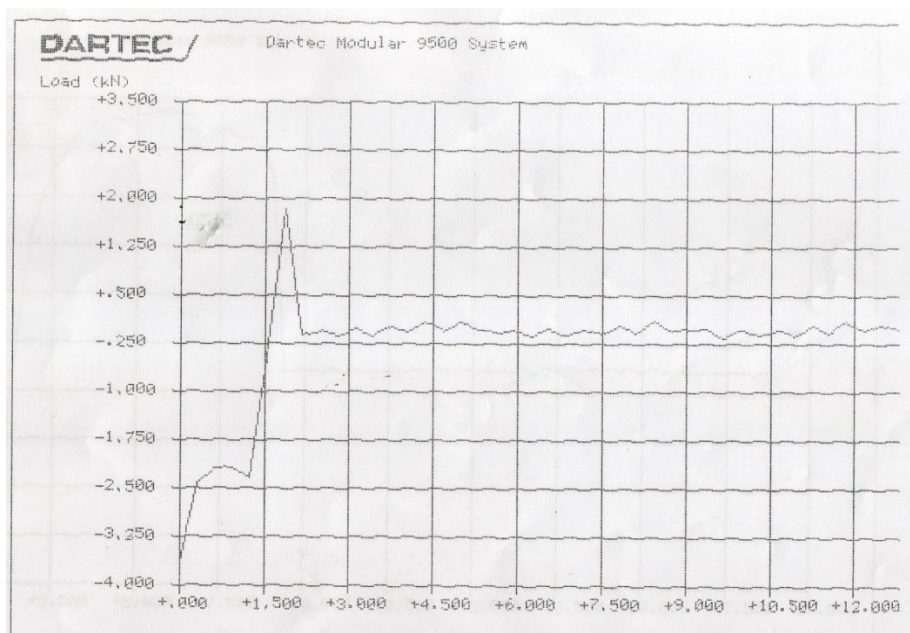
รูปที่ ข.5 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงของอลูมิเนียมกับทองแดง ที่เชื่อมด้วยแรง 147 N/m^2



รูปที่ ข.6 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงของอลูมิเนียมกับทองแดง ที่เชื่อมด้วยแรง 176 N/m^2

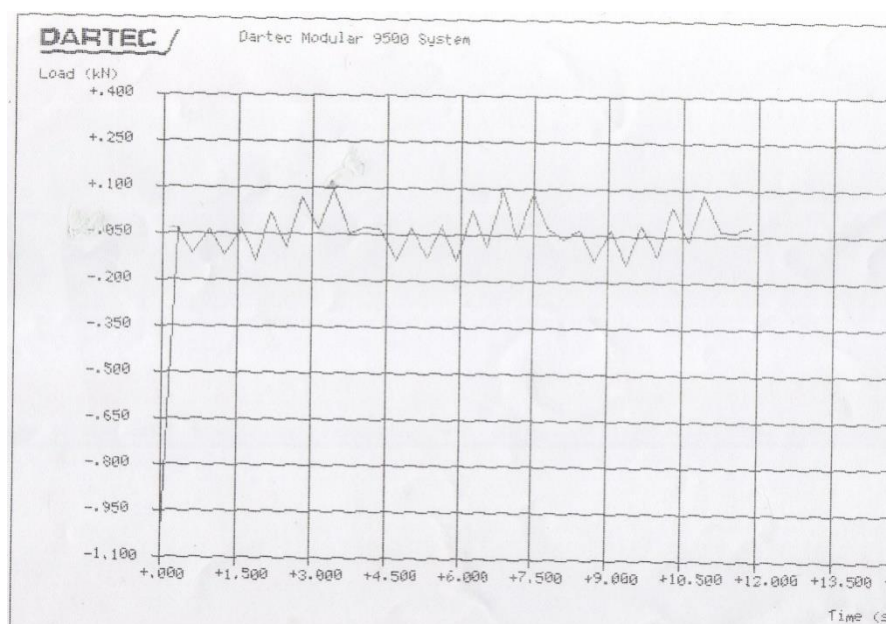


รูปที่ ข.7 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงของอลูมิเนียมกับทองแดง ที่เชื่อมด้วยแรง 206 N/m²

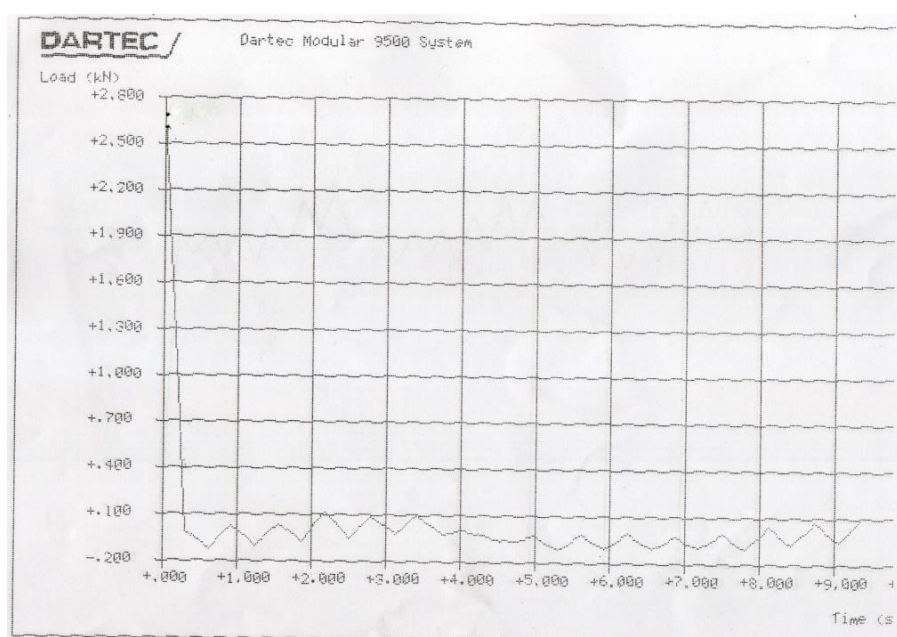


รูปที่ ข.8 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงของอลูมิเนียมกับทองแดง ที่เชื่อมด้วยแรง 235 N/m²

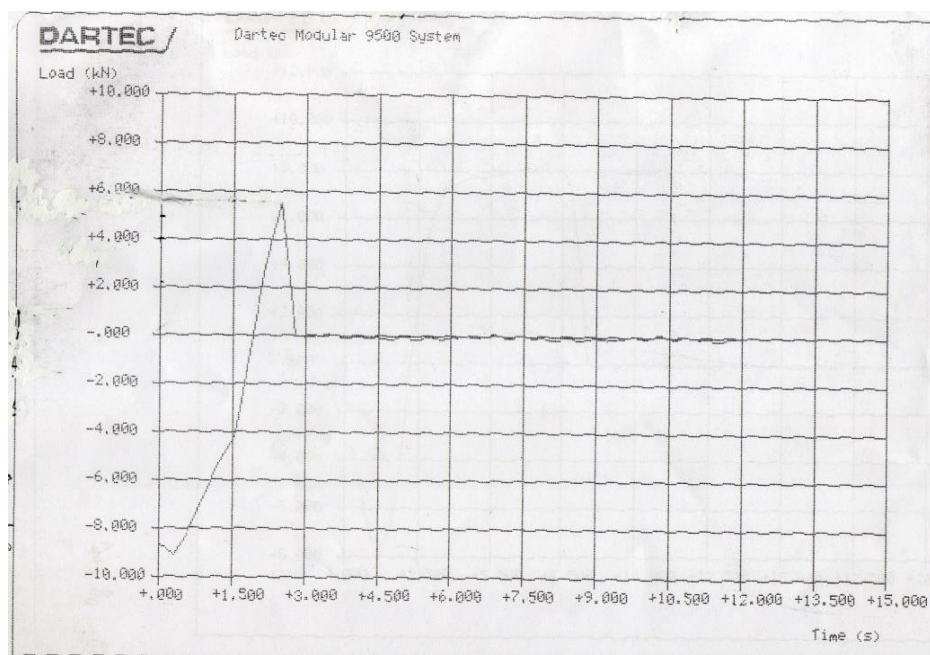
1.3 จากการทดสอบความต้านแรงดึงของชั้นทดสอบลูมิเนียมกับทองเหลือง ที่ผ่านกระบวนการเชื่อมชิ้นงานด้วยแรงเสียดทาน และได้ผลการทดสอบได้ดังนี้



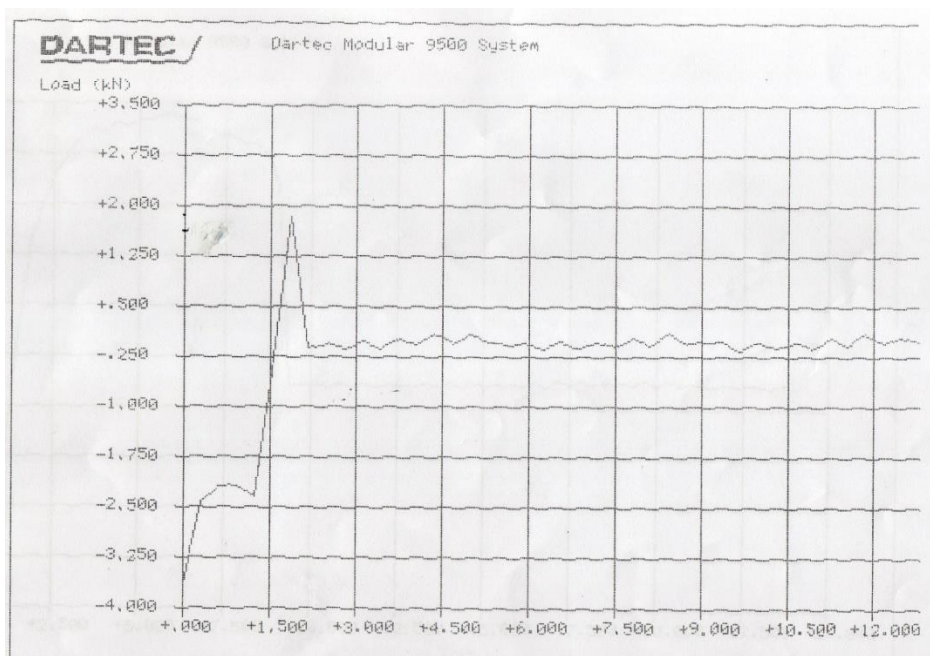
รูปที่ ข.9 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงของลูมิเนียมกับทองเหลือง ที่เชื่อมด้วยแรง 147 N/m^2



รูปที่ ข.10 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงของลูมิเนียมกับทองเหลือง ที่เชื่อมด้วยแรง 176 N/m^2



รูปที่ ข.11 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงของอลูมิเนียมกับทองเหลือง ที่เชื่อมด้วยแรง 206 N/m^2



รูปที่ ข.12 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงของอลูมิเนียมกับทองเหลือง ที่เชื่อมด้วยแรง 235 N/m^2

ภาคผนวก ค

ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยความต้านทานแรงดึงสูงสุดของการเชื่อม
อลูมิเนียมกับโลหะผสม

ตาราง ก.1 ค่าเฉลี่ยแรงดึงสูงสุดของการเชื่อมวัสดุอลูมิเนียมกับอลูมิเนียม

ชิ้นงาน อุณหภูมิ(°C)	แรงดึงสูงสุด (N)			ค่าเฉลี่ยแรงดึง สูงสุด (N)
	1	2	3	
147 N/m ²	980.12	985.07	981.11	982.14
176 N/m ²	1,089.00	1,090.00	1,093.00	1,091.00
206 N/m ²	862.12	864.22	860.00	862.24
235 N/m ²	265.00	265.30	266.00	265.30

ตาราง ก.2 ค่าเฉลี่ยแรงดึงสูงสุดของการเชื่อมวัสดุอลูมิเนียมกับทองเหลือง

ชิ้นงาน อุณหภูมิ(°C)	แรงดึงสูงสุด (N)			ค่าเฉลี่ยแรงดึง สูงสุด (N)
	1	2	3	
147 N/m ²	10.00	11.40	10.80	10.20
176 N/m ²	89.63	88.76	89.97	89.56
206 N/m ²	453.32	455.61	455.21	454.08
235 N/m ²	187.72	190.60	189.61	189.80

ตาราง ก.3 ค่าเฉลี่ยแรงดึงสูงสุดของการเชื่อมวัสดุอลูมิเนียมกับทองแดง

ชิ้นงาน อุณหภูมิ(°C)	แรงดึงสูงสุด (N)			ค่าเฉลี่ยแรงดึง สูงสุด (N)
	1	2	3	
147 N/m ²	99.13	97.52	98.02	98.21
176 N/m ²	277.91	273.76	274.36	275.51
206 N/m ²	562.43	568.22	566.71	564.28
235 N/m ²	280.12	283.11	281.01	281.32

ภาคผนวก ง

ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของผิวแนวเชื่อมสูงสุดของการเชื่อม
อูมิเนียมกับโลหะผสม

ตาราง ง.1 ค่าเฉลี่ยความแข็งของสูงสุดของการเชื่อมวัสดุอะลูมิเนียมกับอะลูมิเนียม

ชั้นงาน แรงดัน	ความแข็งสูงสุด (Hv)						ค่าเฉลี่ยความ แข็งสูงสุด(HV)
	1	2	3	4	5	6	
147 N/m ²	41.5	45.1	45.1	44.8	42.7	-	43.84
176 N/m ²	48.5	48.5	47.1	47.4	47.6	47.1	47.7
206 N/m ²	49.9	49.1	50.6	50.8	50.3	50.00	50.11
235 N/m ²	48.5	67.30	59.50	55.70	51.90	64.7	57.9

ตาราง ง.2 ค่าเฉลี่ยความแข็งของสูงสุดของการเชื่อมวัสดุอะลูมิเนียมกับทองเหลือง

ชั้นงาน แรงดัน	ความแข็งสูงสุด (Hv)						ค่าเฉลี่ยความ แข็งสูงสุด(HV)
	1	2	3	4	5	6	
147 N/m ²	98.6	122.90	81.00	72.10	76.8	92.6	90.66
176 N/m ²	79.6	121.80	83.40	71.00	110.10	91.30	92.80
206 N/m ²	104.90	97.30	61.90	70.60	121.30	101.90	92.98
235 N/m ²	130.10	130.10	102.20	71.80	114.80	87.20	100.18

ตาราง ง.3 ค่าเฉลี่ยความแข็งของสูงสุดของการเชื่อมวัสดุอะลูมิเนียมกับทองแดง

ชั้นงาน แรงดัน	ความแข็งสูงสุด (Hv)						ค่าเฉลี่ยความ แข็งสูงสุด(HV)
	1	2	3	4	5	6	
147N/m ²	49.70	65.6	64.3	71.3	78.4	100	71.55
176 N/m ²	73.80	70.60	94.00	89.50	34.70	75.40	73.00
206 N/m ²	78.00	43.20	75.60	72.90	85.10	115.10	78.38
235 N/m ²	88.60	78.70	75.40	84.20	85.60	81.80	83.28

ภาคผนวก จ

ผลการศึกษาเวลาทดแช่และค่าแรงดันสูงสุดของการเชื่อม
อลูมิเนียมกับโลหะผสม

ตาราง จ.1 เวลาทดแซ่และค่าแรงดันสูงสุดของการเชื่อมอลูมิเนียมกับอลูมิเนียม

เวลา (S) แรง N/m^2	ค่าแรงดึงสูงสุด (N)					
	0	2	4	6	8	10
147	903.76	941.11	957.20	982.14	980.16	984.33
176	1,009	1,031	1,074	1,091	1,098	1,092
206	807.81	829.37	841.11	862.24	863.11	861.92
235	209.11	221.83	243.01	265.30	267.18	264.22

ตาราง จ.2 เวลาทดแซ่และค่าแรงดันสูงสุดของการเชื่อมอลูมิเนียมกับทองเหลือง

เวลา (S) แรง N/m^2	ค่าแรงดึงสูงสุด (N)					
	0	2	4	6	8	10
147	9.86	10.11	10.20	10.55	11.02	11.34
176	88.53	89.05	89.56	90.03	90.08	92.33
206	441.29	448.32	454.08	461.99	463.05	467.90
235	186.09	186.34	189.80	189.67	192.05	194.01

ตาราง จ.3 เวลาทดแซ่และค่าแรงดันสูงสุดของการเชื่อมอลูมิเนียมกับทองแดง

เวลา (S) แรง N/m^2	ค่าแรงดึงสูงสุด (N)					
	0	2	4	6	8	10
147	98.00	98.05	98.21	100.74	101.43	101.09
176	260.44	273.98	275.51	278.03	281.02	280.89
206	512.73	546.81	564.28	566.12	563.91	562.03
235	276.44	278.94	281.33	284.06	282.76	289.07

ภาคผนวก จ

การเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ

Industrial Challenges in the ASEAN Economic Community



สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร
ขอเรียนเชิญเข้าร่วมการสัมมนา

IE Network Conference 2012

การประชุมวิชาการดำเนินงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2555
17 - 19 ตุลาคม 2555 ณ โรงแรมเมอริทวิน ชะอำ อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี

สาขาวิชาการประชุม

1. Operations Research
2. Production and Operation Management
3. Work Study, Plant Layout, Safety Engineering and Ergonomics
4. Quality Management and Statistical Applications
5. Energy and Environmental Management
6. Materials, Production, and Manufacturing Engineering
7. Logistics and Supply Chain Management
8. Innovation Management and Industrial Technology Transfer
9. Maintenance Management
10. Engineering Economy and Cost Management
11. Others that Related to Industrial Engineering
12. Special Topic: ASEAN Economic Community



กำหนดการสำคัญ

เปิดรับบทคัดย่อ

14 ก.พ. - 30 เม.ย. 55

ประกาศผลพิจารณาบทคัดย่อ

14 พ.ค. 55

วันสุดท้ายของการส่งบทความฉบับสมบูรณ์

30 มิ.ย. 55

ประกาศผลพิจารณาบทความฉบับสมบูรณ์

31 ก.ค. 55

วันสุดท้ายของการส่งบทความฉบับแก้ไข

31 ส.ค. 55

การลงทะเบียนล่วงหน้า

1 ก.ค. - 31 ส.ค. 55

ประชุมวิชาการ

17-19 ต.ค. 55

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM

สอบถามรายละเอียดเพิ่มเติม
ผศ.ดร.สุทัศน์ศร เกษราภรณ์, ผศ.ชวลิต มณีศรี
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
โทรศัพท์: 0-2579-1111 ต่อ 315 และ 321/77 โทรสาร: 0-2579-1111 ต่อ 2147
เว็บไซต์: <http://ienetwork2012.spu.ac.th> อีเมล: ienetwork2012@spu.ac.th