

## รายการอ้างอิง



1. Leonard E. Samuels. Light Microscopy of Carbon Steel. First printing : ASM International Materials Park , August 1999 : 94 - 95.
2. มนต์ สติระจินดา. เหล็กกล้า .พิมพ์ครั้งที่ 4:วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, กรกฎาคม 2542 : 87 – 89.
3. Kenneth Easterling. Introduction to the Physical Metallurgy of Welding. Butterworths, 1985 : 29 - 30, 99,104,141 -144,151.
4. Annual Book of ASTM Standard Section1. Iron and Steel Products, Easton, MD, USA., Volume 01.04 Steel-Structural, Reinforcing, Pressure Vessel, Railway. 1996 : 277-279.
5. ASM Handbook Vol 1. Properties and Selection: Irons, Steels, and High – Performance Alloys. Tenth Edition , Materials park : 398 - 419.
6. ASM Handbook Vol 6. Welding, Brazing and Soldering. Third printing, June 1995 : 81, 416 - 428, 662 – 666.
7. G.Spanos, R.W.Fonda, R.A.Vandermeer and A.Matuszeskil. Microstructural Changes in HSLA -100 Steel Thermally Cycled to Simulate the Heat – Affected Zone during Welding. Metallurgical and Materials Transactions A . volume 26 A December 1995 : 3277- 3293.
8. Kenji Ikeuchi, Jinsun Liao, Hiroki Tanabe and Fukuhisa Matsuda . Effect of Temper - bead Thermal Cycle on Toughness of Welding ICCGHAZ of Low Alloy Steel SQV-2A . ISIJ International .Vol 35 No10 ,1995 : 1203 – 1212.
9. Y.LI,D.N.Crowther, M.J.W.Green, P.S.Mitchell and T.N. Baker .The Effect of Vanadium and Niobium on the Properties and Microstructure of the Intercritically Reheated Coarse Grained Heat Affected Zone in Low Carbon Microalloyed Steels. ISIJ International. Vol 41 No 1, 2001 : 46 – 55.
10. Nazmul Alam,Druce Dunne and Stuart Edeny.Characterisation of the Microstructure and Toughness of the Weld HAZ of High Strength Microalloyed Steels. An International Conference on Materials in Welding & Joining. Conference Proceedings 23& 24 August 1995. Adelaide, South Australia :13 –18.

11. ASM Specialty Handbook. Carbon and Alloy Steels. First Printing . March 1996 : 335 – 338 , 276 – 279.
12. Annual Book of ASTM Standards Section 3 . Metals Test Methods and Analytical Procedures volume 03.01 Metals - Mechanical Testing ; Elevated and Low Temperature Test . Metallography :136 -154, 206 –214.
13. George E. Linnert . Welding Metallurgy Carbon and Alloy Steels. Volume I Fundamentals. Fourth Edition. American Welding Society : 858 – 887.
14. J.F. Lancaster. Metallurgy of Welding. Fifth Edition .Chapman & Hall, 1993: 182 –190 , 226.
15. American Society for Metals . Atlas of Isothermal Transformation and Cooling Transformation Diagrams . Metal Park, Ohio 44073,1977: 420.

ภาคผนวก

ตารางที่ ก.1 ผลของรอบการเชื่อมเดียวต่อความแกร่งและความแข็งที่บริเวณกระทบร้อนของเหล็กกล้า ASTM A 572 เกรด 50

Tp (°C)	$\Delta t_{95}$ (s)	ความแกร่งที่ 25 °C (J)			ค่าความ แกร่งเฉลี่ย ที่ 25 °C (J)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน ของค่า ความแกร่ง	ความแข็ง(HV10)																				ค่าความ แข็งเฉลี่ย (HV10)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน ของค่า ความแข็ง
		จันทันที่ 1	จันทันที่ 2	จันทันที่ 3			จันทันที่ 1					จันทันที่ 2					จันทันที่ 3											
							วัดครั้งที่					วัดครั้งที่					วัดครั้งที่											
							1	2	3	4	5	เฉลี่ย	1	2	3	4	5	เฉลี่ย	1	2	3	4	5	เฉลี่ย				
700	10	146	150	140	145	5.03	190	181	181	201	183	187	186	196	192	184	183	187	188	186	194	196	199	193	189	3.21		
	20	143	160	146	150	9.07	186	180	178	177	181	180	171	170	177	174	172	173	174	190	171	180	173	178	177	3.51		
	40	147	156	142	148	7.09	169	174	173	180	172	174	174	179	180	206	188	185	171	170	172	173	175	178	177	6.66		
	80	158	145	152	152	6.51	173	176	179	165	181	175	187	183	178	176	180	181	186	176	173	173	175	177	178	3.06		
800	10	18	22	20	20	2.00	244	241	248	243	255	246	249	246	240	240	246	244	255	250	242	244	250	248	246	2.00		
	20	26	28	32	29	3.06	220	232	227	215	225	224	237	237	224	231	233	232	215	218	230	229	225	223	226	4.93		
	40	42	44	39	42	2.52	193	184	191	199	197	193	201	199	196	194	198	198	206	204	198	196	199	201	197	4.04		
	80	22	24	18	21	3.06	199	194	190	190	195	194	194	191	189	190	193	191	198	195	189	196	193	193	192	1.53		
1000	10	40	42	36	39	3.06	296	300	299	333	318	309	305	300	294	301	302	300	320	312	310	310	325	315	308	7.55		
	20	70	90	106	89	18.04	250	254	238	256	251	250	274	250	245	256	255	256	235	233	226	237	247	256	247	10.26		
	40	118	128	110	119	9.02	230	214	214	213	215	217	230	226	210	211	222	220	222	215	200	206	219	212	216	4.04		
	80	96	104	92	97	6.11	196	192	194	206	211	200	199	194	184	188	196	192	213	208	200	205	210	207	200	7.51		
1100	10	28	26	35	30	4.73	339	353	347	336	350	345	350	345	328	336	342	340	348	332	324	330	342	335	340	5.00		
	20	72	78	65	72	6.51	259	253	255	261	276	261	262	261	258	251	260	258	262	256	239	240	254	250	258	5.69		
	40	118	96	98	104	12.17	236	234	299	238	258	253	263	256	240	240	254	251	250	248	230	231	246	241	248	6.43		
	80	94	98	90	98	4.00	208	215	228	235	227	223	232	220	210	211	229	220	245	239	224	226	240	235	226	7.94		
1300	10	28	20	18	22	5.29	382	341	312	380	369	357	375	369	345	355	368	362	377	367	340	358	361	361	360	2.65		
	20	77	60	63	67	9.07	257	256	241	268	261	257	280	271	255	265	272	269	273	269	253	259	268	264	263	6.03		
	40	84	80	88	84	4.00	247	247	246	239	240	244	268	260	248	240	267	257	274	268	248	253	270	263	255	9.71		
	80	51	55	53	54	2.00	239	238	217	223	222	228	249	245	224	229	243	238	245	240	221	220	230	231	232	5.13		
1350	10	59	40	47	49	1.52	390	365	350	375	370	370	387	383	370	372	379	378	391	389	362	378	385	381	376	5.69		
	20	58	51	53	55	3.61	260	261	264	264	268	263	280	271	258	265	270	269	271	274	267	269	270	270	267	3.79		
	40	58	50	54	62	4.00	264	258	250	261	263	259	270	268	246	258	264	261	265	263	261	261	265	263	261	2.00		
	80	30	28	32	30	2.00	261	259	264	240	228	250	244	245	231	238	246	241	252	251	248	251	249	250	247	5.20		

น ป น

ตารางที่ ก.2 ผลของรอบการเชื่อมคู่ต่อความแกร่งและความแข็งที่บริเวณกระทบร้อนของเหล็กกล้า ASTM A 572 เกรด 50

TP <sub>1</sub> (°C)	TP <sub>2</sub> (°C)	ความแกร่ง ที่ 25 °C (J)			ค่าความ แกร่งเฉลี่ย ที่ 25°C (J)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน ของค่า ความแกร่ง	ความแข็ง(HV10)																				ค่าความแข็ง เฉลี่ย (HV10)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน ของค่า ความแข็ง
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			ครั้งที่ 1					ครั้งที่ 2					ครั้งที่ 3											
							วัดครั้งที่					วัดครั้งที่					วัดครั้งที่											
							1	2	3	4	5	เฉลี่ย	1	2	3	4	5	เฉลี่ย	1	2	3	4	5	เฉลี่ย				
1350	1350	42	38	44	42	3.06	264	267	271	272	284	272	281	279	275	275	280	278	280	275	275	277	276	275	275	3.06		
1350	1300	88	84	90	87	3.06	267	271	278	274	271	272	277	274	265	265	270	270	280	274	270	271	276	274	272	2.00		
1350	1100	57	62	64	61	3.61	266	262	255	248	239	254	257	250	244	248	252	250	266	256	247	249	255	254	253	2.31		
1350	1000	56	52	50	53	3.06	262	255	269	265	258	262	272	261	254	250	265	260	277	271	250	258	262	264	262	2.00		
1350	900	58	49	52	53	4.58	254	243	239	236	230	240	255	250	230	237	249	244	254	248	234	249	256	248	294	4.00		
1350	800	76	74	80	77	3.06	234	238	250	227	230	236	261	222	228	232	255	240	240	231	224	232	237	233	236	3.51		
1350	700	140	142	144	142	2.00	242	244	242	256	250	247	243	240	229	236	240	238	248	241	226	231	233	236	240	5.86		
1300	1350	50	46	52	49	3.06	267	267	267	269	277	269	270	271	264	261	268	267	268	266	263	260	269	265	267	2.00		
1300	1300	124	116	120	120	4.00	262	265	259	264	267	263	261	264	256	257	263	260	265	262	261	264	264	263	262	1.73		
1300	1100	64	70	72	69	4.16	290	286	281	277	265	280	295	292	281	280	294	288	289	288	277	276	291	284	284	4.00		
1300	1000	56	60	58	58	2.00	249	240	239	247	266	247	255	259	241	245	251	250	254	262	256	245	259	255	251	4.04		
1300	900	63	66	69	66	3.00	277	271	264	274	268	271	277	274	253	268	270	268	269	271	249	266	267	264	268	3.51		
1300	800	68	74	76	73	4.16	248	244	235	232	234	239	247	249	228	235	242	240	246	240	236	239	248	242	240	1.53		
1300	700	180	174	178	177	3.06	2.33	2.34	221	230	240	232	233	236	225	225	238	231	235	231	232	228	240	233	231	1.00		
1100	1350	80	78	79	79	1.00	298	287	274	281	272	282	289	286	270	271	286	280	281	286	268	270	293	278	280	2.00		
1100	1300	119	120	116	118	2.08	258	254	248	267	267	259	270	271	258	255	275	266	265	264	258	260	269	263	263	3.51		
1100	1100	64	76	70	70	6.00	263	264	257	260	261	261	259	257	264	259	262	260	272	257	264	264	262	264	262	2.08		
1100	1000	62	68	64	65	3.06	273	259	259	240	262	259	260	258	257	256	260	258	264	260	259	256	264	261	259	1.53		
1100	900	48	40	46	45	4.16	240	243	253	241	246	245	230	240	244	235	226	240	244	245	250	241	248	246	244	2.65		
1100	800	80	82	78	80	2.00	276	249	255	269	250	260	270	244	240	269	256	256	273	270	248	259	260	262	259	3.06		
1100	700	192	191	188	190	2.08	232	239	258	254	249	246	225	223	235	236	229	228	233	230	216	242	230	230	235	9.87		

ตารางที่ ก.2 ผลของรอบการเชื่อมคู่ต่อความแกร่งและความแข็งที่บริเวณกระทบบร้อนของเหล็กกล้า ASTM A 572 เกรด 50 (ต่อ)

Tp <sub>1</sub> (°C)	Tp <sub>2</sub> (°C)	ความแกร่ง ที่ 25 °C (J)			ค่าความ แกร่งเฉลี่ย ที่ 25°C (J)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน ของค่า ความแกร่ง	ความแข็ง(HV10)																				ค่าความแข็ง เฉลี่ย (HV10)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน ของค่า ความแข็ง
		จันที่ 1	จันที่ 2	จันที่ 3			จันที่ 1					จันที่ 2					จันที่ 3											
							วัดครั้งที่					วัดครั้งที่					วัดครั้งที่											
							1	2	3	4	5	เฉลี่ย	1	2	3	4	5	เฉลี่ย	1	2	3	4	5	เฉลี่ย				
1000	1350	82	79	75	75	3.51	342	295	279	278	282	295	298	300	290	289	292	294	304	302	295	300	294	299	296	2.65		
1000	1300	100	106	104	103	3.06	258	265	260	270	269	264	268	277	264	269	271	270	273	271	260	264	271	268	267	3.06		
1000	1100	62	65	50	59	7.94	294	282	292	290	291	289	282	269	289	293	282	283	315	303	293	300	310	304	292	10.82		
1000	1000	65	55	53	58	6.43	287	278	296	288	288	287	290	291	270	272	284	281	279	280	279	278	284	280	283	3.06		
1000	900	68	51	50	56	10.12	248	241	240	240	244	243	228	223	235	242	229	234	243	244	230	230	241	238	238	4.51		
1000	800	53	69	70	64	9.54	265	245	238	220	234	240	255	245	238	229	238	241	250	244	240	237	241	242	241	1.00		
1000	700	206	220	212	213	7.02	222	226	230	220	230	226	211	205	204	206	206	207	222	213	242	222	228	225	219	10.69		
900	1350	72	78	75	75	3.00	247	249	246	250	248	248	270	280	250	259	266	265	264	270	252	263	264	263	259	9.29		
900	1300	90	94	96	93	3.06	240	242	239	241	238	240	252	255	259	260	262	258	270	260	259	251	260	260	253	11.02		
900	1100	70	75	68	71	3.61	268	272	275	273	271	272	266	268	273	296	275	275	281	273	280	278	280	278	275	3.00		
900	1000	64	62	60	62	2.00	290	260	264	252	256	264	265	258	247	259	267	265	280	275	264	260	256	267	265	1.53		
900	900	40	42	50	44	5.29	237	221	245	230	250	237	234	226	232	230	235	231	232	217	214	223	226	222	230	7.55		
900	800	69	71	70	70	1.00	253	246	241	240	252	246	229	225	230	217	236	228	247	244	234	235	241	240	238	9.17		
900	700	204	205	182	197	13.00	215	232	243	248	236	235	194	207	189	198	189	199	190	191	187	189	216	195	210	22.03		
800	1350	68	66	72	69	29.60	303	301	274	289	287	291	310	298	295	300	299	300	295	289	281	284	289	288	293	6.24		
800	1300	77	85	90	84	6.56	245	254	252	263	272	257	269	266	253	255	270	263	260	261	247	251	250	254	258	4.58		
800	1100	64	86	86	77	12.70	264	270	282	281	283	276	260	259	256	271	266	262	266	265	266	267	266	266	268	7.21		
800	1000	70	74	68	71	3.06	262	252	262	251	260	257	260	248	260	248	260	256	263	261	260	247	259	258	257	1.00		
800	900	37	38	40	38	1.53	273	265	247	247	260	258	229	227	237	236	229	232	250	251	228	234	240	241	244	13.20		
800	800	57	60	61	59	2.08	261	233	236	234	250	243	253	250	240	244	248	247	240	245	241	242	241	244	2.65	2.65		
800	700	190	206	162	186	22.27	249	230	214	239	235	233	192	209	199	212	229	212	206	179	196	203	198	196	18.56	18.56		

ตารางที่ ก.2 ผลของรอบการเชื่อมคู่ต่อความแกร่งและความแข็งที่บริเวณกระทบร้อนของเหล็กกล้า ASTM A 572 เกรด 50 (ต่อ)

Tp <sub>1</sub> (°C)	Tp <sub>2</sub> (°C)	ความแกร่ง ที่ 25 °C (J)			ค่าความ แกร่งเฉลี่ย ที่ 25°C (J)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน ของค่า ความแกร่ง	ความแข็ง(HV10)																				ค่าความแข็ง เฉลี่ย (HV10)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน ของค่า ความแข็ง
		จันที่ 1					จันที่ 2					จันที่ 3																
		วัดครั้งที่					วัดครั้งที่					วัดครั้งที่																
		1	2	3			4	5	เฉลี่ย	1	2	3	4	5	เฉลี่ย	1	2	3	4	5	เฉลี่ย							
700	1350	54	50	51	52	2.08	313	312	306	315	299	309	310	306	298	300	302	303	312	310	302	300	308	306	306	3.00		
700	1300	53	55	54	53	1.00	272	263	256	266	268	265	280	276	265	262	268	270	265	269	257	260	265	263	266	3.61		
700	1100	50	52	43	48	4.73	298	276	275	298	290	287	288	291	263	270	291	281	273	270	274	250	268	267	278	10.26		
700	1000	58	50	55	54	4.04	261	256	257	262	257	259	273	266	258	262	267	265	254	256	258	250	262	256	260	4.58		
700	900	56	40	47	48	8.02	272	243	247	235	268	253	265	243	231	255	258	250	252	248	249	253	252	251	251	1.53		
700	800	55	60	62	59	3.61	276	247	241	232	213	242	264	248	235	237	243	245	264	240	241	239	250	248	245	3.00		
700	700	156	163	134	151	15.13	203	218	180	183	195	196	199	174	197	182	198	190	204	183	183	198	210	196	194	3.46		

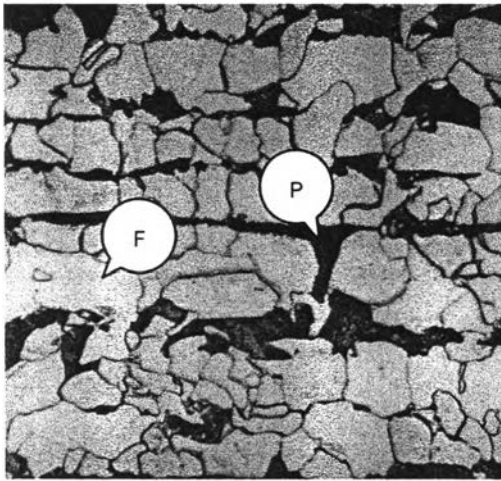
ตารางที่ ก.3 ผลของรอบการเชื่อมหลายรอบต่อความแกร่งและความแข็งที่บริเวณกระทบร้อนของเหล็กกล้า ASTM A 572 เกรด 50

Multi- thermal cycle	$\Delta t_{6/5}$ (s)	ความแกร่งที่ 25 °C (J)			ค่าความแกร่งเฉลี่ยที่ 25°C (J)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความแกร่ง	ความแข็ง(HV10)															ค่าความแข็งเฉลี่ย (HV10)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความแข็ง			
		ที่ 25 °C (J)					ขั้นที่ 1					ขั้นที่ 2					ขั้นที่ 3									
		ขั้นที่ 1	ขั้นที่ 2	ขั้นที่ 3			วัดครั้งที่					วัดครั้งที่					วัดครั้งที่									
							1	2	3	4	5	เฉลี่ย	1	2	3	4	5	เฉลี่ย	1	2	3			4	5	เฉลี่ย
$T_{p1} = 1350^{\circ}\text{C}$ $T_{p2} = 1300^{\circ}\text{C}$ $T_{p3} = 1100^{\circ}\text{C}$ $T_{p4} = 900^{\circ}\text{C}$ $T_{p5} = 800^{\circ}\text{C}$ $T_{p6} = 700^{\circ}\text{C}$	20	216	220	215	<b>217</b>	2.65	196	196	200	196	191	196	194	195	192	190	191	192	190	191	190	191	192	191	<b>193</b>	2.00
$T_{p1} = 1300^{\circ}\text{C}$ $T_{p2} = 1100^{\circ}\text{C}$ $T_{p3} = 900^{\circ}\text{C}$ $T_{p4} = 800^{\circ}\text{C}$ $T_{p5} = 700^{\circ}\text{C}$	20	200	218	212	<b>200</b>	9.17	185	186	183	184	198	187	190	193	184	188	190	189	200	190	192	193	196	194	<b>190</b>	3.61
$T_{p1} = 1100^{\circ}\text{C}$ $T_{p2} = 900^{\circ}\text{C}$ $T_{p3} = 800^{\circ}\text{C}$ $T_{p4} = 700^{\circ}\text{C}$	80	203	210	208	<b>207</b>	3.61	173	171	169	188	199	180	171	172	180	178	179	176	183	182	171	179	180	179	<b>179</b>	2.08
$T_{p1} = 1300^{\circ}\text{C}$ $T_{p2} = 1100^{\circ}\text{C}$ $T_{p3} = 900^{\circ}\text{C}$ $T_{p4} = 800^{\circ}\text{C}$ $T_{p5} = 700^{\circ}\text{C}$	80	200	198	195	<b>198</b>	2.52	179	172	173	184	188	179	170	175	173	169	177	173	171	174	183	179	178	177	<b>176</b>	3.06
$T_{p1} = 1100^{\circ}\text{C}$ $T_{p2} = 900^{\circ}\text{C}$ $T_{p3} = 800^{\circ}\text{C}$ $T_{p4} = 700^{\circ}\text{C}$	20	204	186	190	<b>196</b>	9.45	174	183	178	198	212	189	194	179	183	181	211	190	214	211	174	224	226	210	<b>196</b>	11.85
$T_{p1} = 1100^{\circ}\text{C}$ $T_{p2} = 900^{\circ}\text{C}$ $T_{p3} = 800^{\circ}\text{C}$ $T_{p4} = 700^{\circ}\text{C}$	80	198	178	185	<b>187</b>	10.15	172	210	210	189	170	190	187	188	184	186	223	194	170	175	177	204	212	188	<b>191</b>	3.06

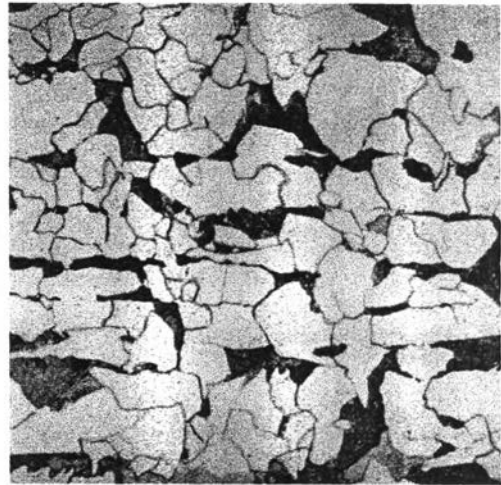


## ภาคผนวก ข

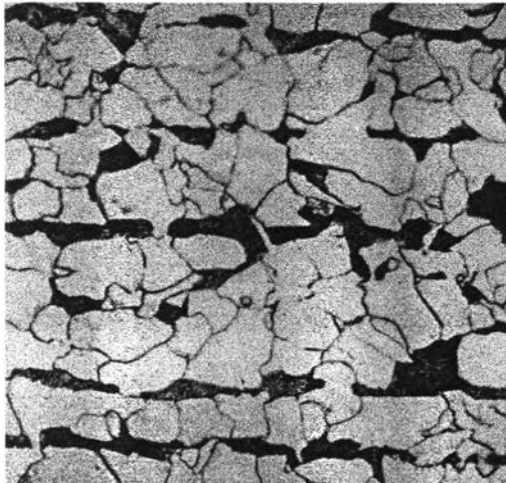
โครงสร้างจุลภาคบริเวณกระทันของเหล็กกล้า ASTM A 572 เกรด 50 ที่ผ่านรอบการเชื่อมเดียว



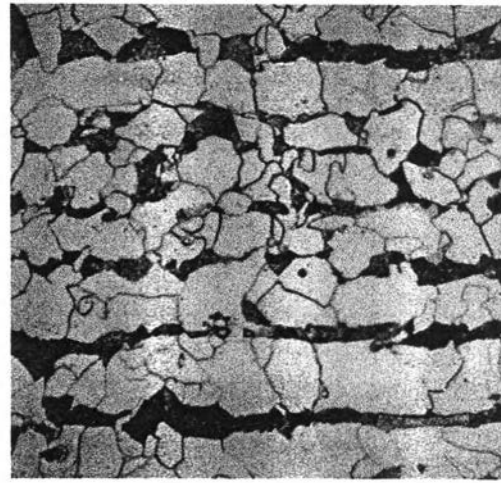
(น)  $\Delta t_{8/5} = 10$  s



(ข)  $\Delta t_{8/5} = 20$  s

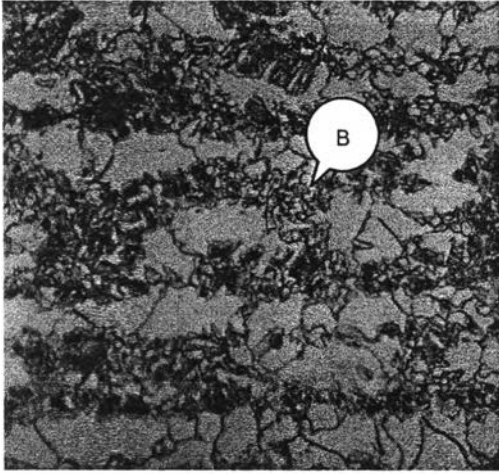


(ค)  $\Delta t_{8/5} = 40$  s

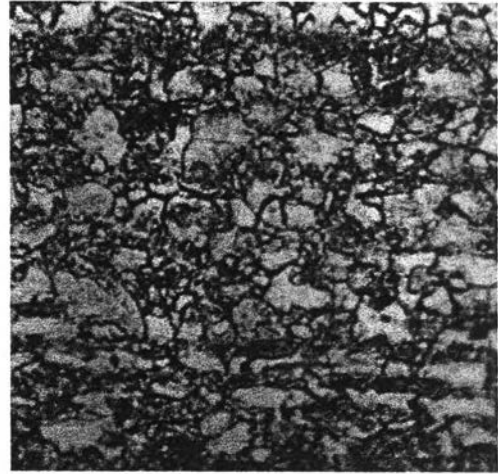


(ง)  $\Delta t_{8/5} = 80$  s

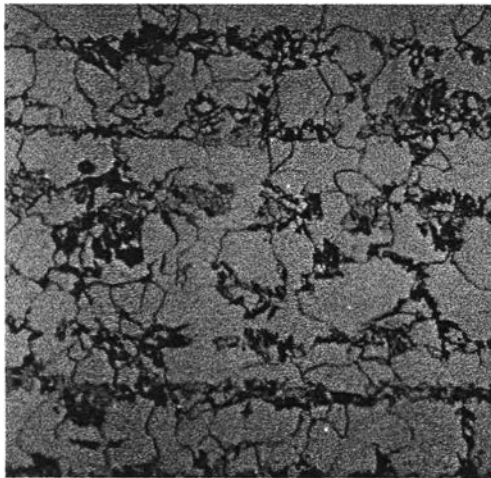
รูปที่ ข.1 โครงสร้างจุลภาคบริเวณกระทันที่ผ่านรอบการเชื่อมเดียว  $T_p = 700$  °C 500 เท่า



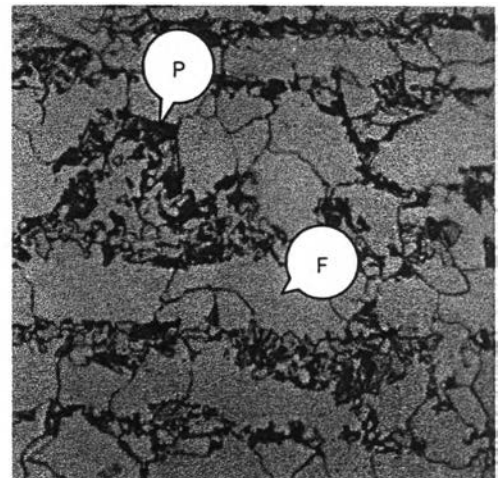
(น)  $\Delta t_{8/5} = 10 \text{ s}$



(ข)  $\Delta t_{8/5} = 20 \text{ s}$

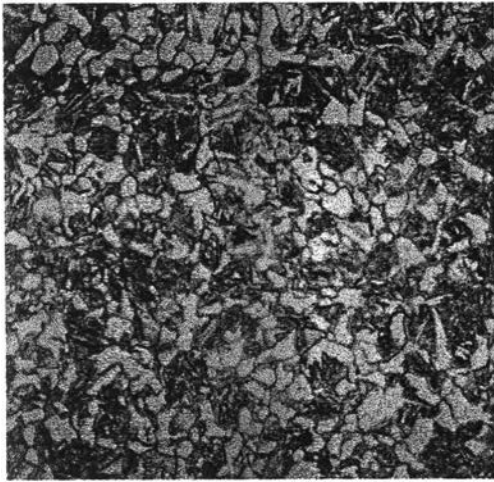
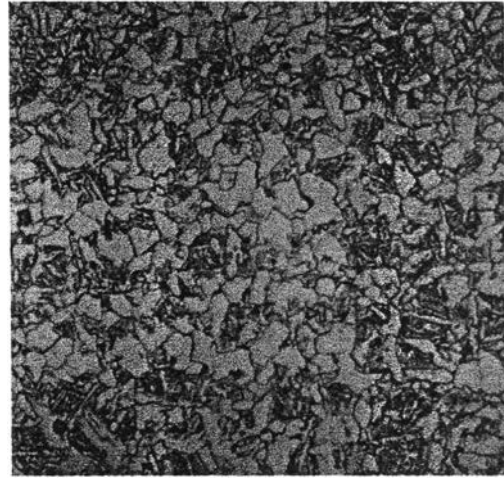
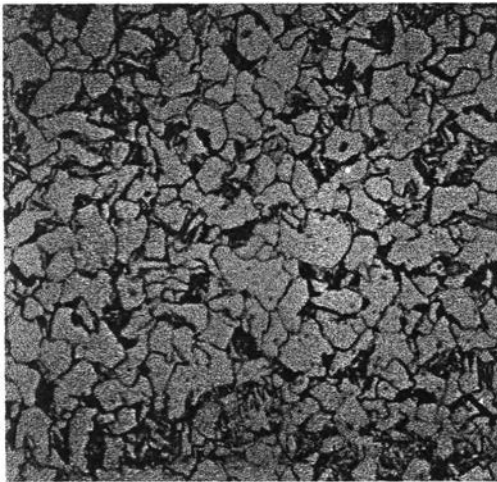
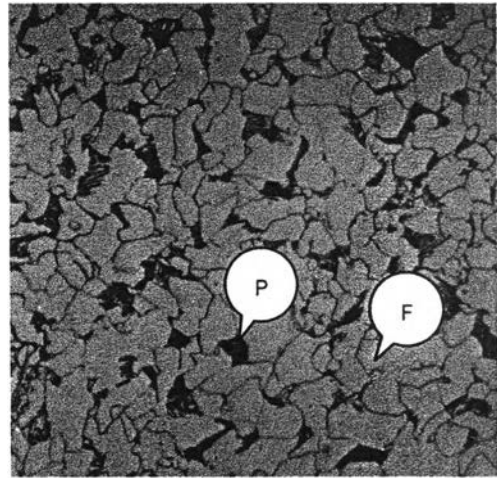


(ค)  $\Delta t_{8/5} = 40 \text{ s}$

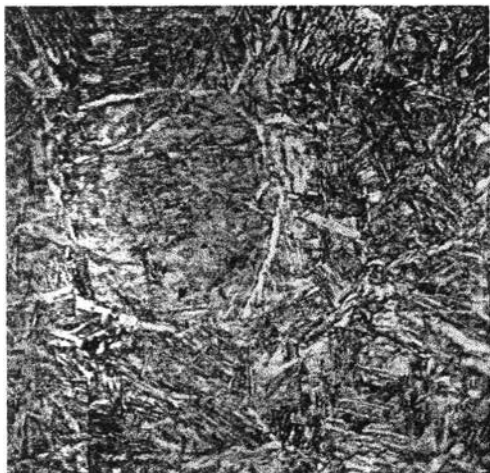
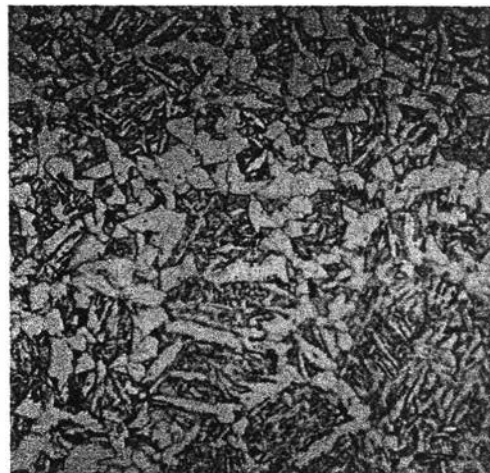
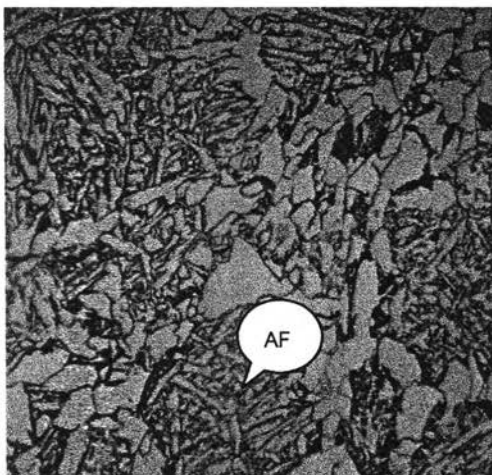
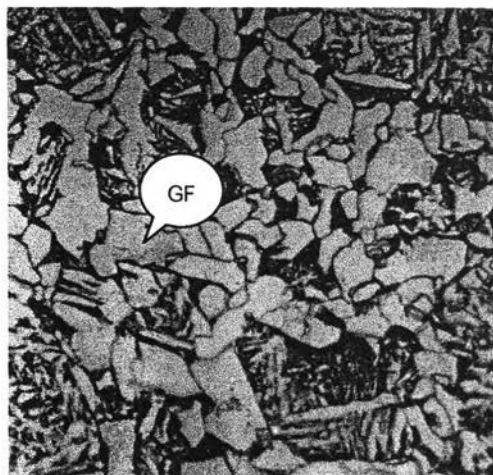


(ง)  $\Delta t_{8/5} = 80 \text{ s}$

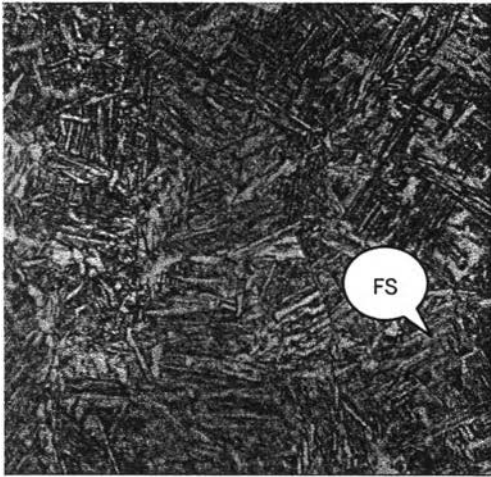
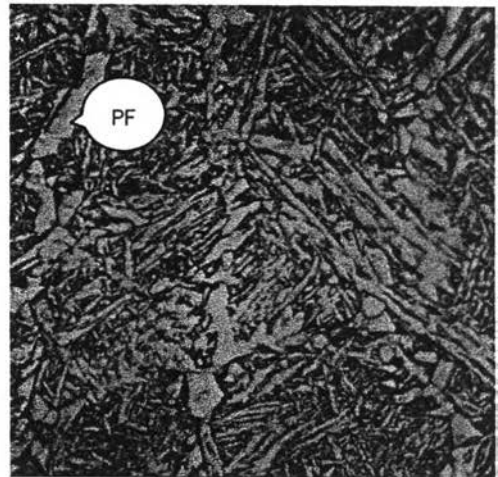
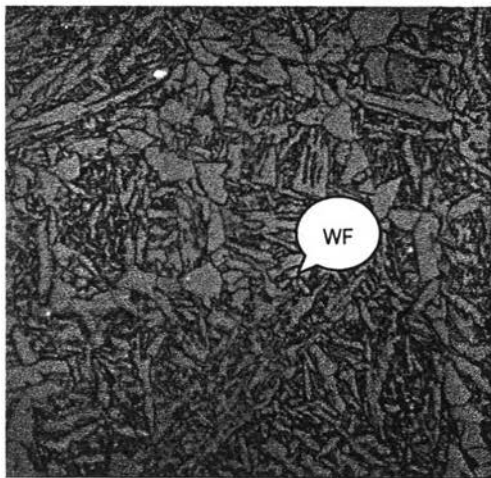
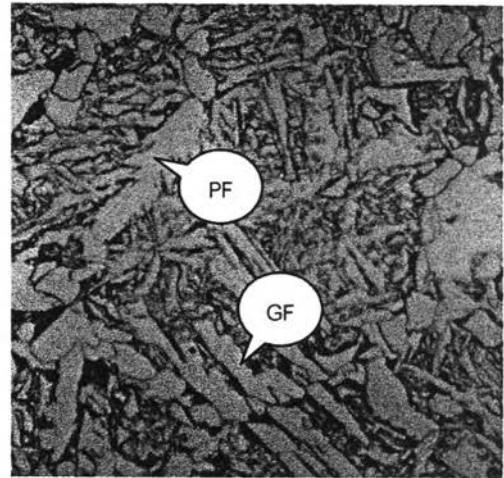
รูปที่ ข.2 โครงสร้างจุลภาคบริเวณกระทบบร้อนที่ผ่านรอบการเชื่อมเดียว  $T_p = 800^\circ \text{C}$  500 เท่า

(n)  $\Delta t_{8/5} = 10 \text{ s}$ (ข)  $\Delta t_{8/5} = 20 \text{ s}$ (ค)  $\Delta t_{8/5} = 40 \text{ s}$ (ง)  $\Delta t_{8/5} = 80 \text{ s}$ 

รูปที่ ข.3 โครงสร้างจุลภาคบริเวณกระทบบร้อนที่ผ่านรอบการเชื่อมเดียว  $T_p = 1000 \text{ }^\circ\text{C}$  500 เท่า

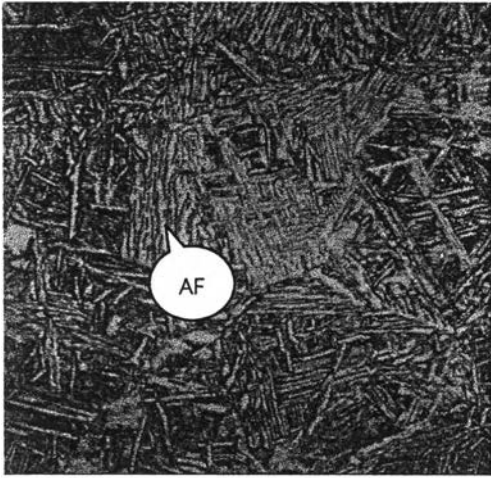
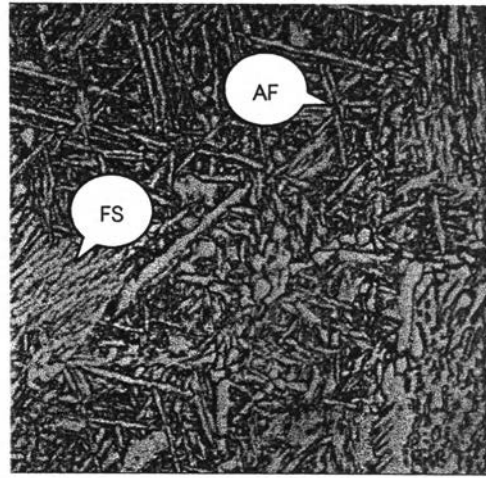
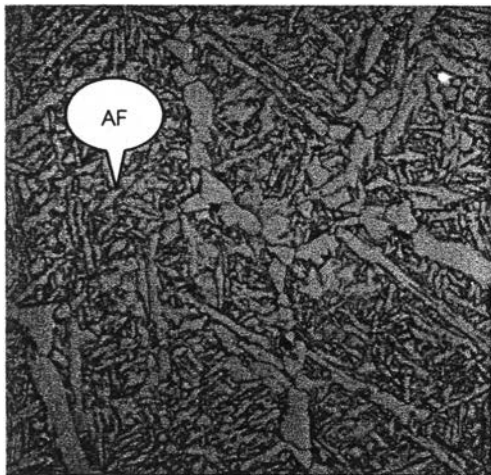
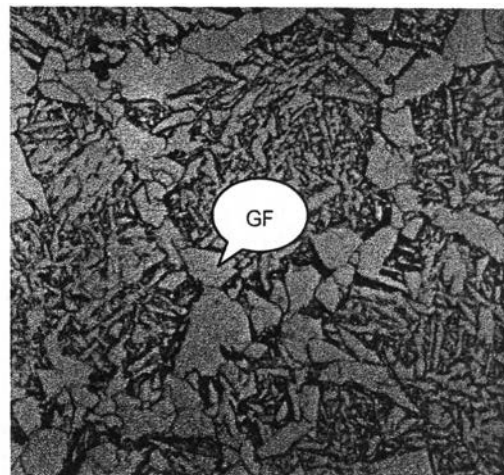
(ก)  $\Delta t_{8/5} = 10 \text{ s}$ (ข)  $\Delta t_{8/5} = 20 \text{ s}$ (ค)  $\Delta t_{8/5} = 40 \text{ s}$ (ง)  $\Delta t_{8/5} = 80 \text{ s}$ 

รูปที่ ข.4 โครงสร้างจุลภาคบริเวณกระทันที่ผ่านรอบการเชื่อมเดียว  $T_p = 1100^\circ \text{C}$  500 เท่า

(น)  $\Delta t_{8/5} = 10 \text{ s}$ (ข)  $\Delta t_{8/5} = 20 \text{ s}$ (ค)  $\Delta t_{8/5} = 40 \text{ s}$ (ง)  $\Delta t_{8/5} = 80 \text{ s}$ 

รูปที่ ข.5 โครงสร้างจุลภาคบริเวณกระทบริ้นที่ผ่านรอบการเชื่อมเดี่ยว  $T_p = 1300^\circ \text{C}$  500 เท่า

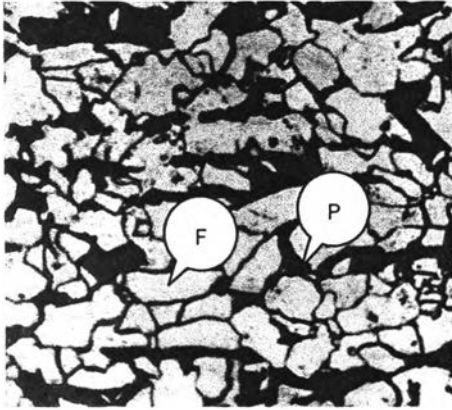


(น)  $\Delta t_{8/5} = 10 \text{ s}$ (ข)  $\Delta t_{8/5} = 20 \text{ s}$ (ค)  $\Delta t_{8/5} = 40 \text{ s}$ (ง)  $\Delta t_{8/5} = 80 \text{ s}$ 

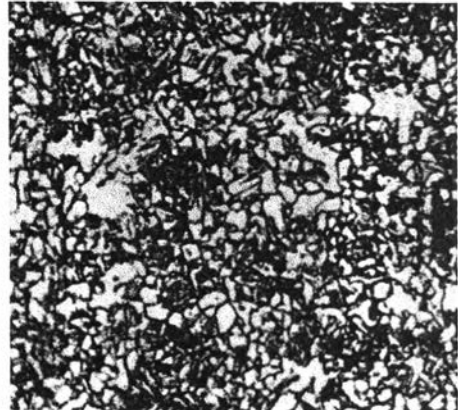
รูปที่ 1.6 โครงสร้างจุลภาคบริเวณกระทันที่ผ่านรอบการเชื่อมเดียว  $T_p = 1350^\circ \text{C}$  500 เท่า

ภาคผนวก ค

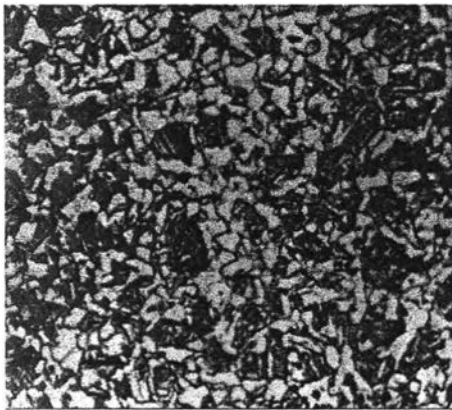
โครงสร้างจุลภาคบริเวณกระทบบร้อนของเหล็กกล้า ASTM A 572 เกรด 50 ที่ผ่านรอบการเชื่อมคู่



(น)  $T_{p_2} = 700\text{ }^{\circ}\text{C}$



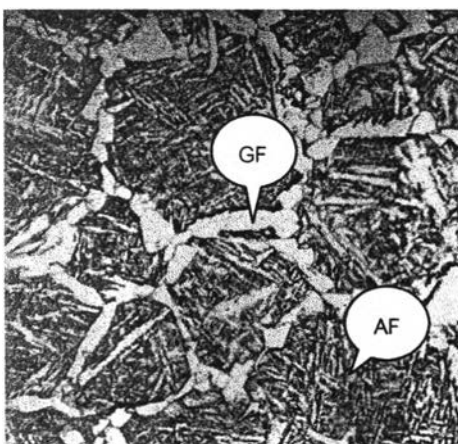
(ข)  $T_{p_2} = 800\text{ }^{\circ}\text{C}$



(ค)  $T_{p_2} = 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$



(ง)  $T_{p_2} = 1100\text{ }^{\circ}\text{C}$



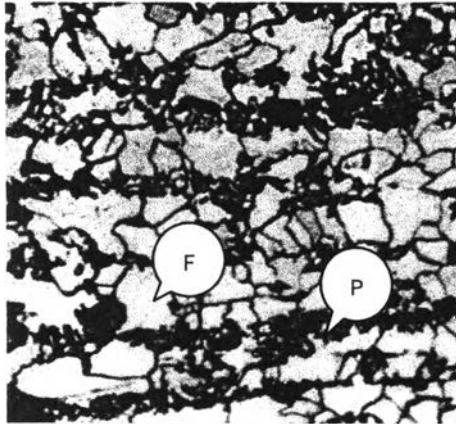
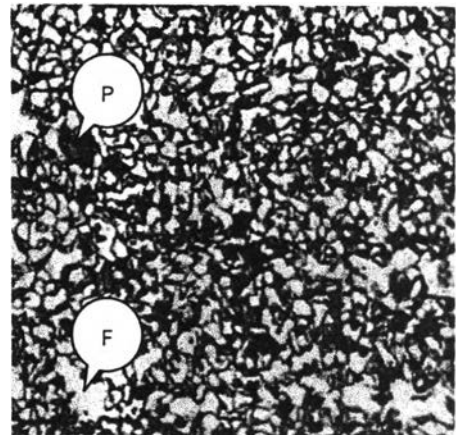
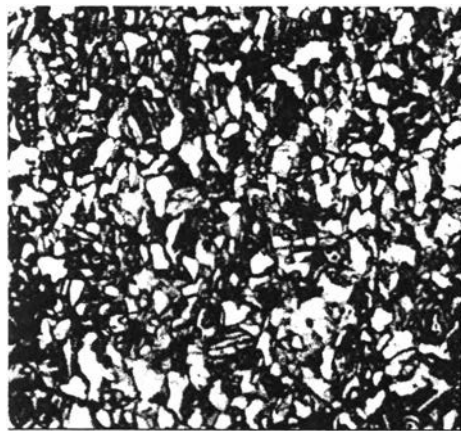
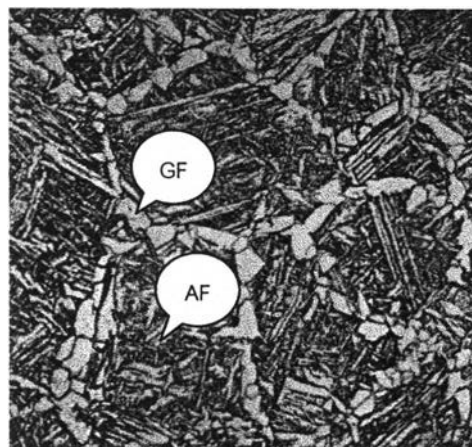
(จ)  $T_{p_2} = 1300\text{ }^{\circ}\text{C}$



(ฉ)  $T_{p_2} = 1350\text{ }^{\circ}\text{C}$

รูปที่ ค.1 โครงสร้างจุลภาคบริเวณกระทบบร้อนที่ผ่านรอบการเชื่อมคู่  $T_{p_1} = 700\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\Delta t_{8/5(1)} =$

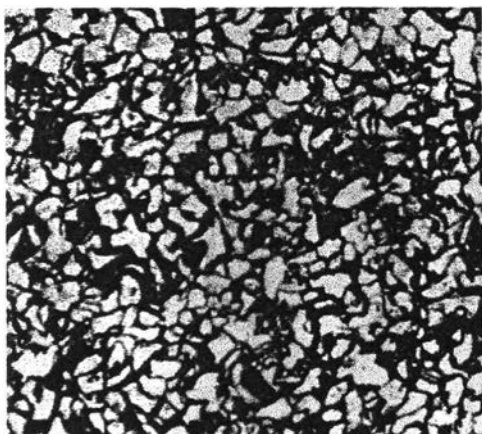
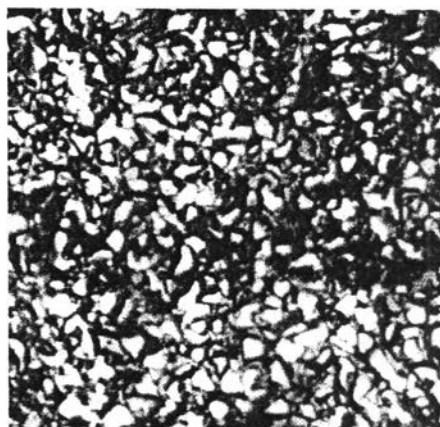
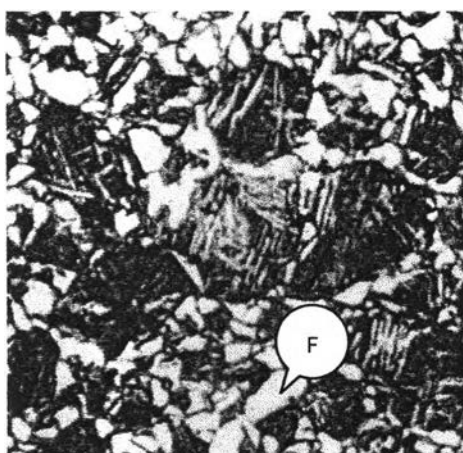
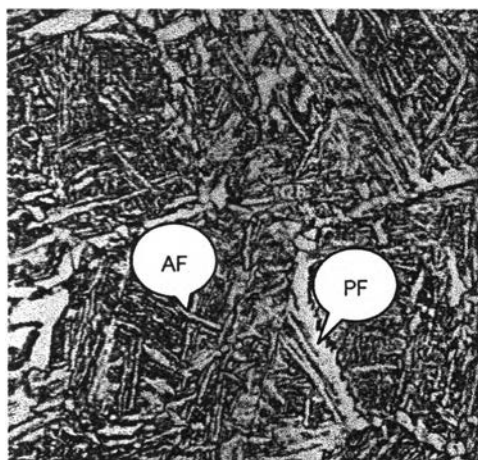
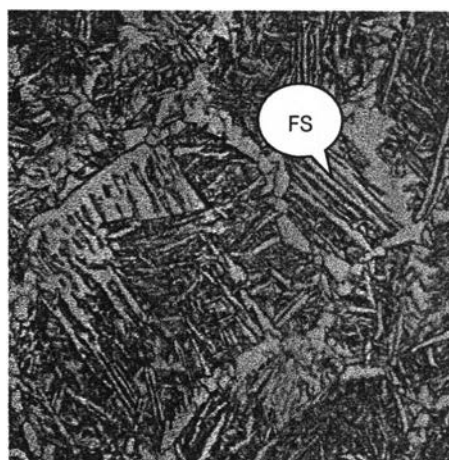
$\Delta t_{8/5(2)} = 20\text{ s } 500\text{ เท่า}$

(n)  $T_{p_2} = 700 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (ข)  $T_{p_2} = 800 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (ค)  $T_{p_2} = 1000 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (ง)  $T_{p_2} = 1100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (จ)  $T_{p_2} = 1300 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (ฉ)  $T_{p_2} = 1350 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 

รูปที่ ค.2 โครงสร้างจุลภาคบริเวณกระทันร้อนที่ผ่านรอบการเชื่อมคู่  $T_{p_1} = 800 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\Delta t_{8/5(i)} =$

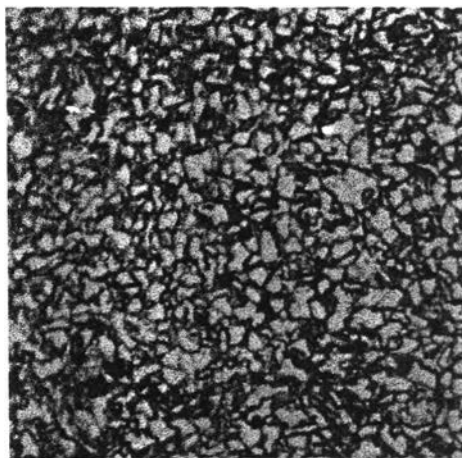
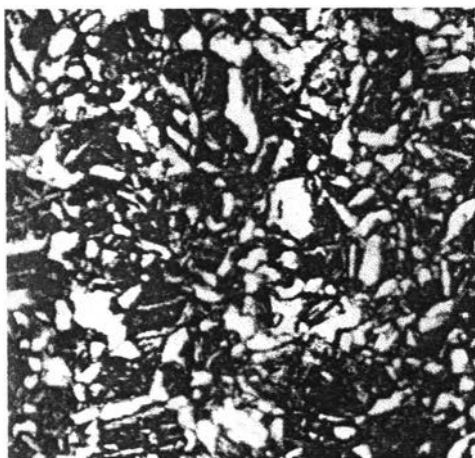
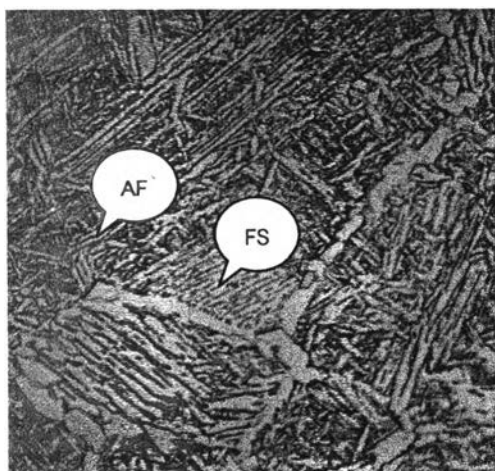
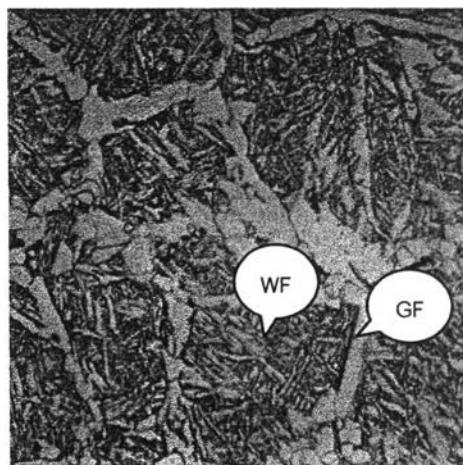
$$\Delta t_{8/5(2)} = 20 \text{ s } 500 \text{ เท่า}$$



(n)  $T_{p_2} = 700 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (ข)  $T_{p_2} = 800 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (ค)  $T_{p_2} = 1000 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (ง)  $T_{p_2} = 1100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (จ)  $T_{p_2} = 1300 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (ฉ)  $T_{p_2} = 1350 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 

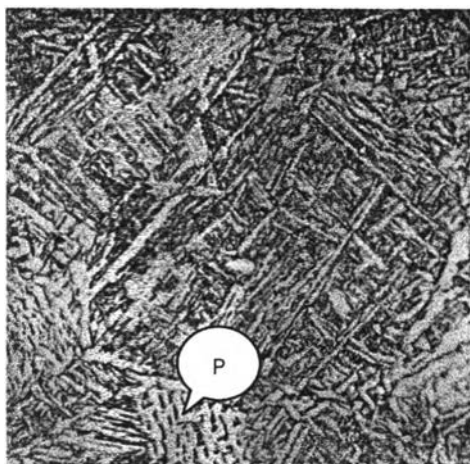
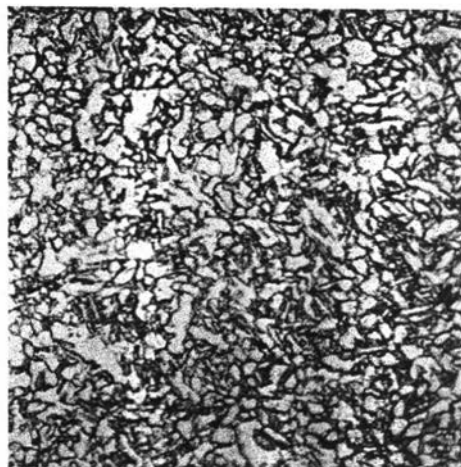
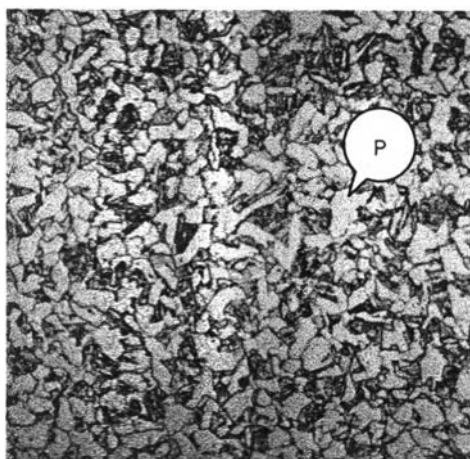
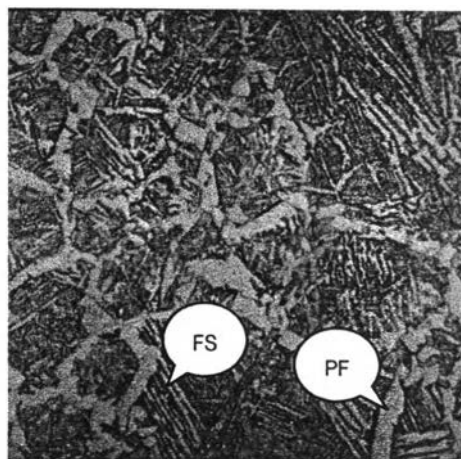
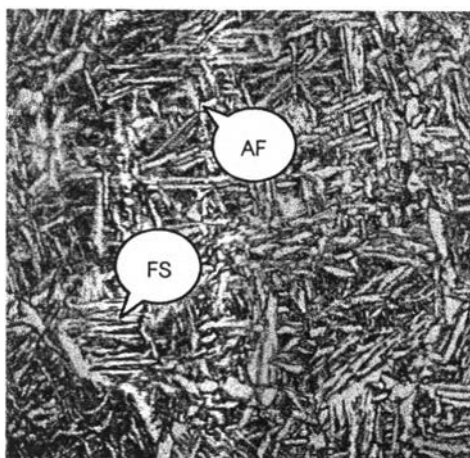
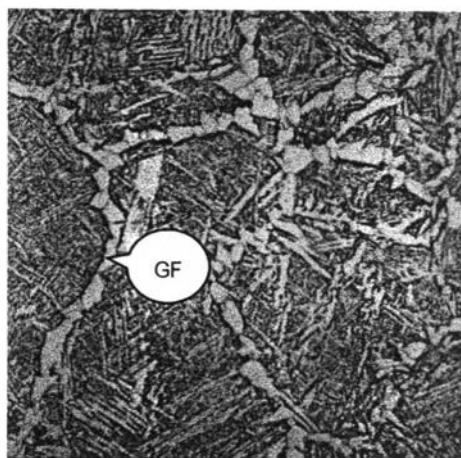
รูปที่ ค.3 โครงสร้างจุลภาคบริเวณกระทบบร้อนที่ผ่านรอบการเชื่อมคู่  $T_{p_1} = 1000 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\Delta t_{8/5(1)} =$

$\Delta t_{8/5(2)} = 20 \text{ s } 500 \text{ เท่า}$

(n)  $T_{p_2} = 700 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (ข)  $T_{p_2} = 800 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (ค)  $T_{p_2} = 1000 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (ง)  $T_{p_2} = 1100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (จ)  $T_{p_2} = 1300 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (ฉ)  $T_{p_2} = 1350 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 

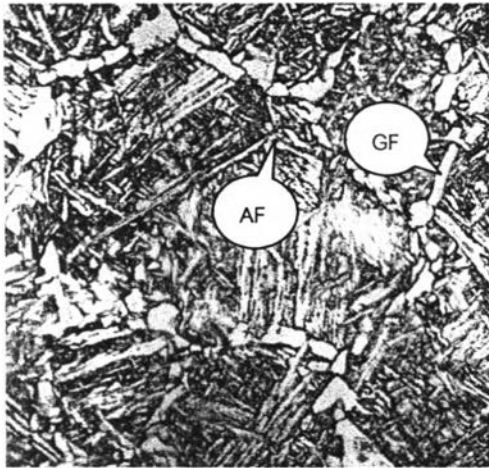
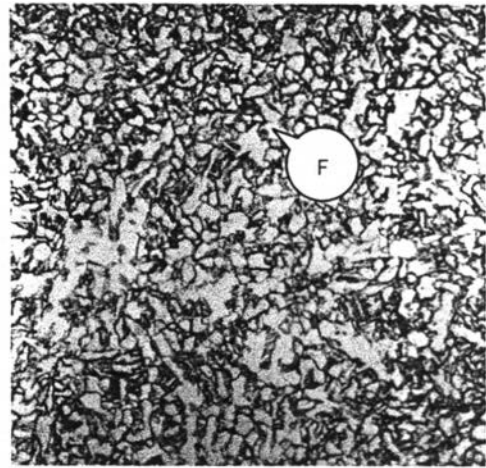
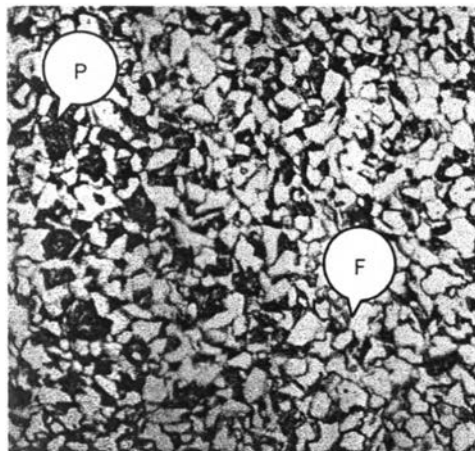
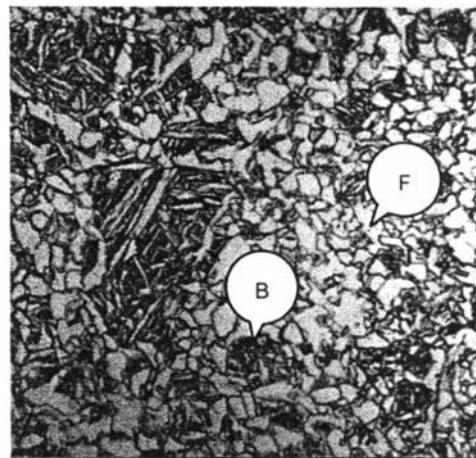
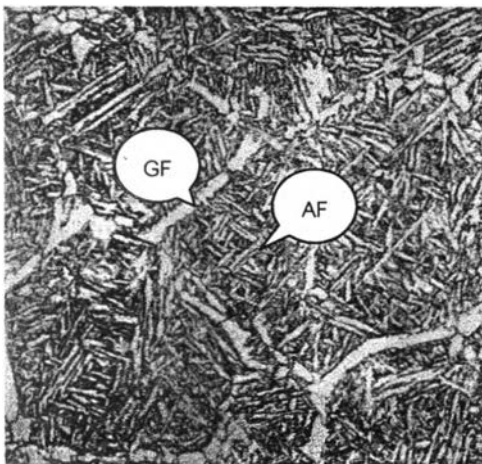
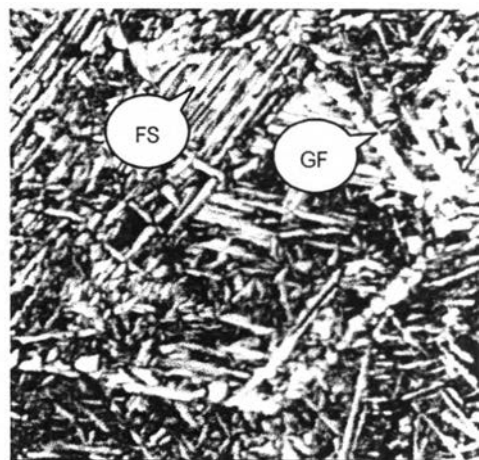
รูปที่ ค.4 โครงสร้างจุลภาคบริเวณกระทันร้อนที่ผ่านรอบการเชื่อมคู่  $T_{p_1} = 1100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\Delta t_{8/5(1)} =$

$\Delta t_{8/5(2)} = 20 \text{ s } 500 \text{ เท่า}$

(n)  $T_{p_2} = 700\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ข)  $T_{p_2} = 800\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ค)  $T_{p_2} = 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ง)  $T_{p_2} = 1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ (จ)  $T_{p_2} = 1300\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ฉ)  $T_{p_2} = 1350\text{ }^{\circ}\text{C}$ 

รูปที่ ค.5 โครงสร้างจุลภาคบริเวณกระทบบร้อนที่ผ่านรอบการเชื่อมคู่  $T_{p_1} = 1300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\Delta t_{8/5(1)} =$

$\Delta t_{8/5(2)} = 20\text{ s}$  500 เท่า

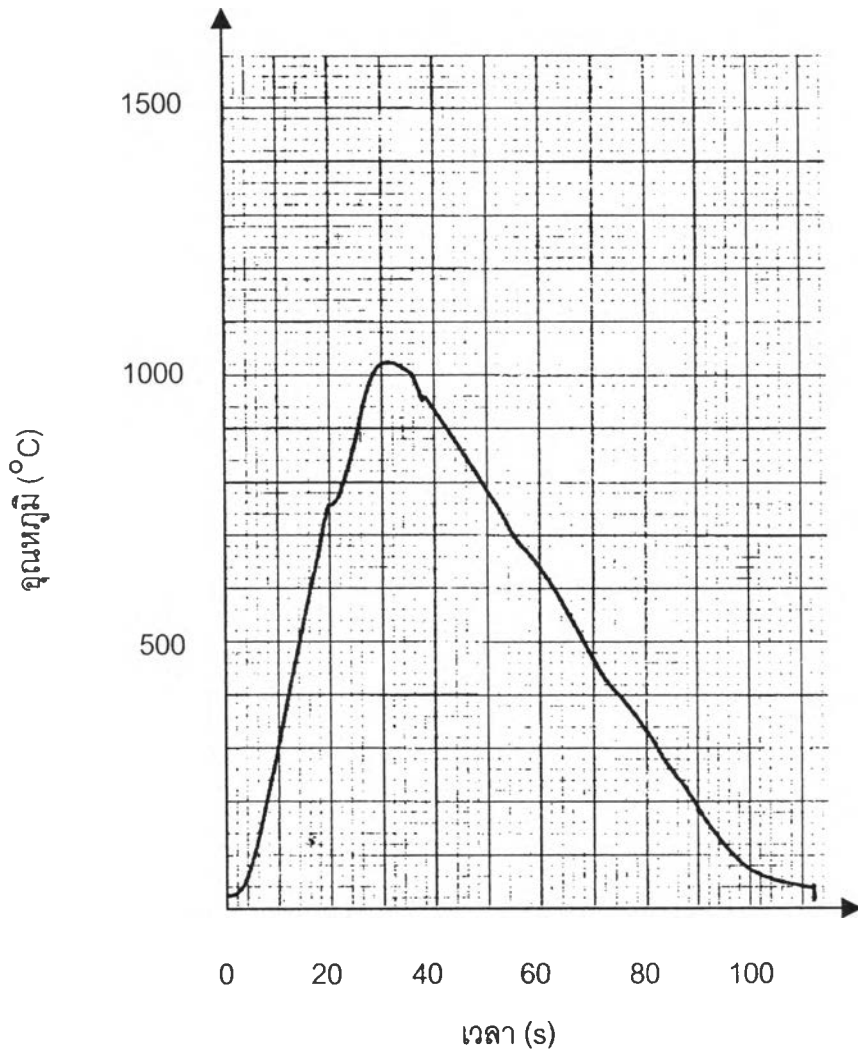
(n)  $T_{p_2} = 700 \text{ }^\circ\text{C}$ (ข)  $T_{p_2} = 800 \text{ }^\circ\text{C}$ (ค)  $T_{p_2} = 1000 \text{ }^\circ\text{C}$ (ง)  $T_{p_2} = 1100 \text{ }^\circ\text{C}$ (จ)  $T_{p_2} = 1300 \text{ }^\circ\text{C}$ (ฉ)  $T_{p_2} = 1350 \text{ }^\circ\text{C}$ 

รูปที่ ค.6 โครงสร้างจุลภาคบริเวณกระทบบร้อนที่ผ่านรอบการเชื่อมคู่  $T_{p_1} = 1350 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\Delta t_{8/5(1)} =$   
 $\Delta t_{8/5(2)} = 20 \text{ s}$  500 เท่า

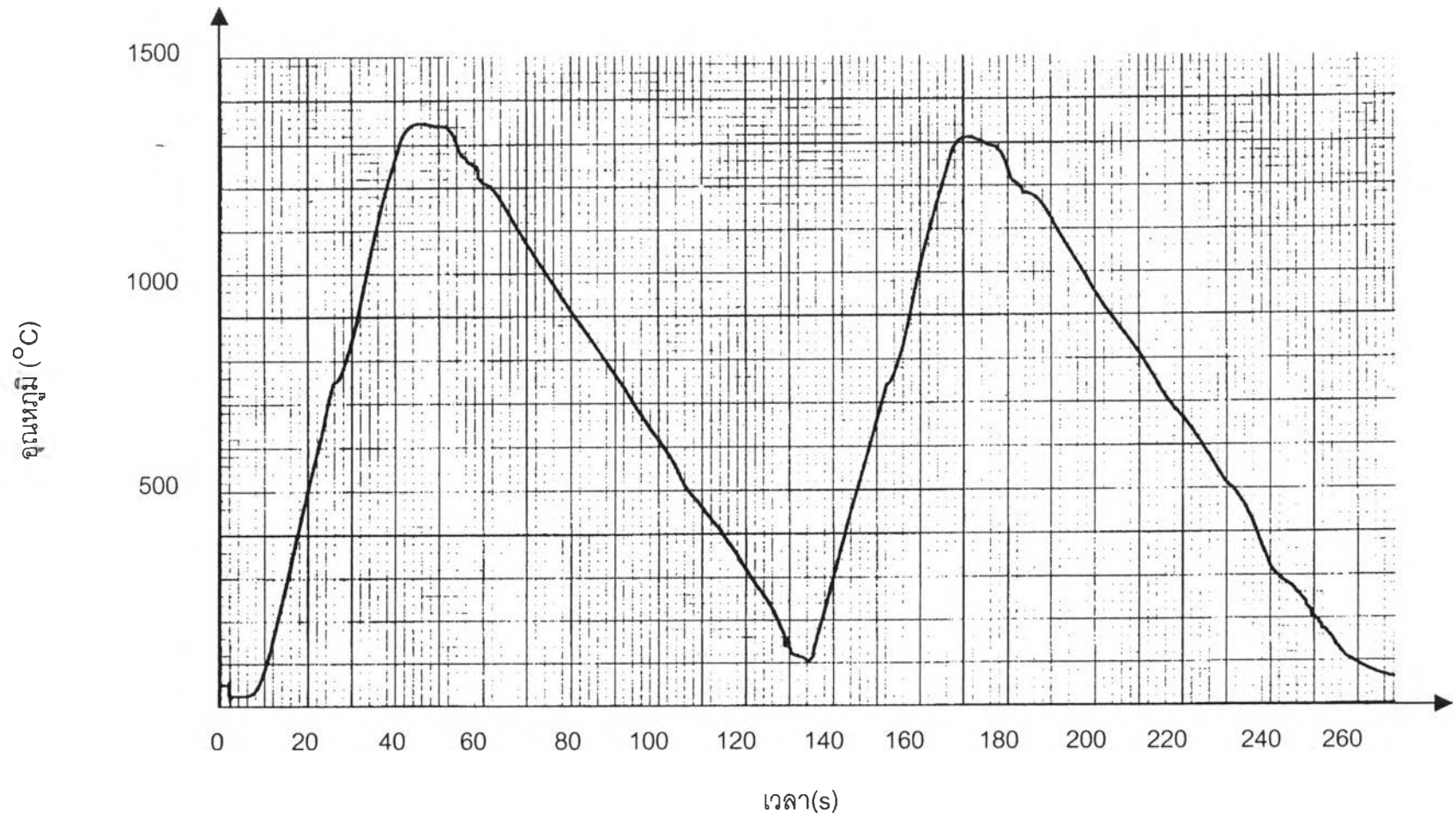


### ภาคผนวก ง

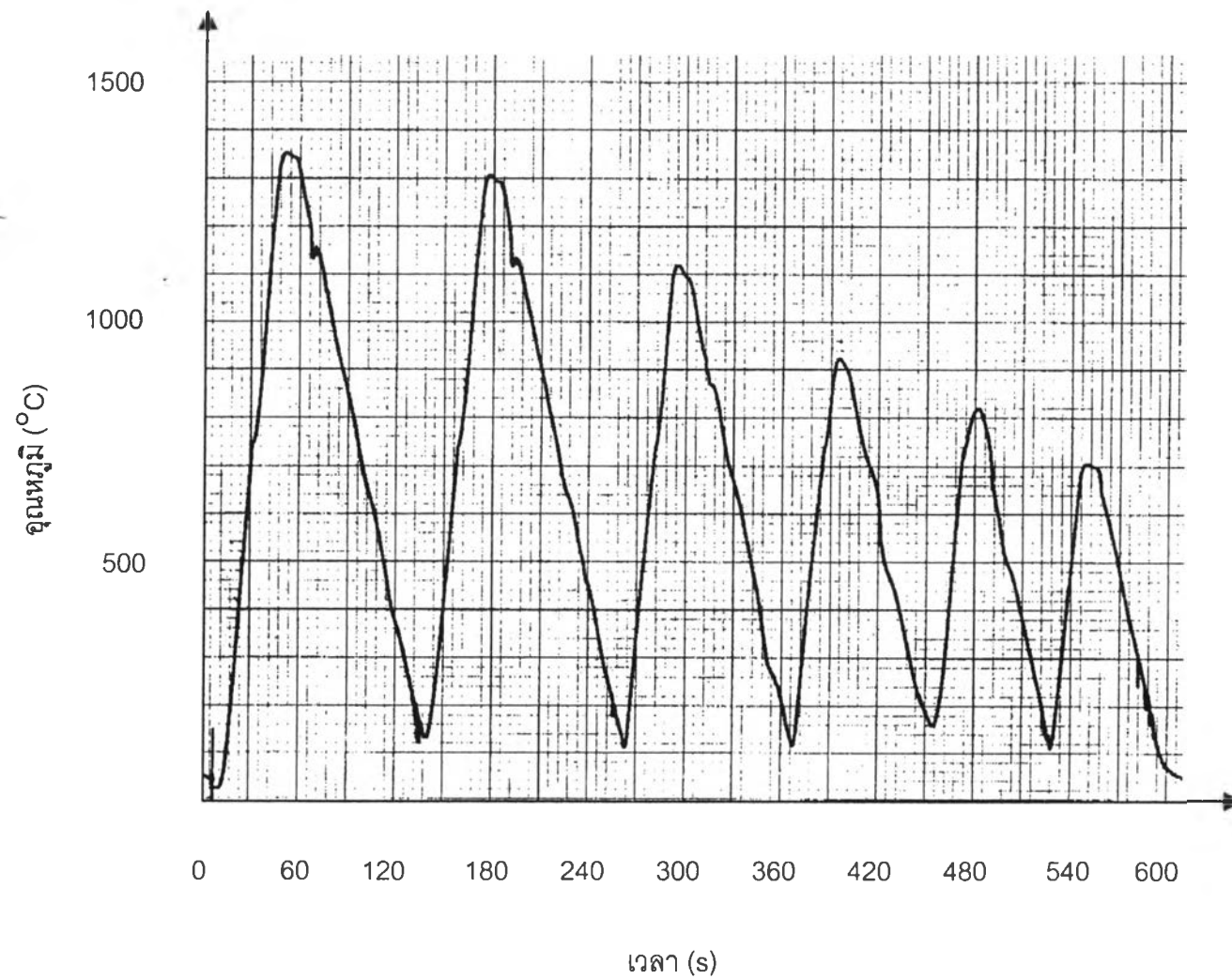
ตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของรอบการเชื่อมเดี่ยว รอบ การเชื่อมคู่และรอบการเชื่อมหลายรอบที่แสดงออกมาทางพล็อตเตอร์



รูปที่ ง.1 ลักษณะรอบการเชื่อมเดี่ยวที่แสดงออกมาทางพล็อตเตอร์



รูปที่ ง.2 ลักษณะรอบการเชื่อมคู่ที่แสดงออกมาทางพล็อตเตอร์



รูปที่ ง.3 ลักษณะรอบการเชื่อมหลายรอบที่แสดงออกมาทางพล็อตเตอร์

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ	นายพรชัย ลาภเจริญวงศา
วัน/เดือน/ปี เกิด	6 สิงหาคม 2518
ที่อยู่	770 ซอยจรัญสนิทวงศ์ 19 ถนนจรัญสนิทวงศ์ แขวงบางขุนศรี เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร 10700
การศึกษา	ปีการศึกษา 2529 ประถมศึกษา โรงเรียนอานวยวิทย อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี ปีการศึกษา 2535 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเทพศิรินทร์ กรุงเทพฯ ปีการศึกษา 2539 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปัจจุบัน กำลังศึกษาในระดับปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
โทรศัพท์	02 – 8665823 (บ้าน)
e-mail address	pornchai_boy@yahoo.com