รายการอ้างอิง

1. ประสงค์ ศรีเจริญชัย, ศิริรัตน์ สมพันธ์ และปริทรรศน์ พันธุบรรยงก์, "การปรับปรุงพื้นผิวแม่พิมพ์ด้วยกระบวนการทีดี," วารสาร MTEC (เมษายน-มิถุนายน 2540): 12-16.
2. S.H. Avner, Introduction to Physical Metallurgy. Singapore McGraw-Hill Book Company, 1974. pp. 387-422.
3. T. Arai and S. Harper, "Thermoreactive Deposition/Diffusion Process," ASM Handbook 4 (1994): 448-453.
4. T. Arai, "Carbide Coating Process by Use of Molten Borax Bath in Japan," Heat Treating 1, 2 (1981): 15-22.
5. H.C. Child, S.A. Plumb and J.J. McDermott, "Carbide layer formation on steel in fused borax baths," Proceeding of Heat Treatment' 84. London England, (1984): 5.1-5.7.
6. S.B. Fazluddin and A. Koursaris, "Formation of VC Coating on Steel Substrates in Molten Borax," Surface Modification Technologies VI (1993): 45-60.
7. สุรพล พรนิมิตรธรรม, "การเคลือบผิวเหล็กกล้าด้วยไนโอเบียมคาร์ไบด์โดยกระบวนการ ทีดี," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540)
8. ปฏิภาณ จุ้ยเจิม, "อิทธิพลของรีดิวเซอร์ต่อการเคลือบผิวเหล็กกล้าด้วยวาเนเดียมคาร์ไบด์ โดยกระบวนการ ทีดี," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ ก.1 ความหนาชั้นเคลือบวาเนเดียมคาร์ไบด์ที่ได้จากการเคลือบผิวเหล็กกล้า D2 ที่อุณหภูมิ 1000 °C โดยทำการกวนบอแรกซ์หลอมเหลวเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

เวลาการเคลือบผิว (ชั่วโมง)		1	2.25	4
ความหนาชั้นเคลือบ (ไมครอน)	1	2.74	4.62	5.99
	2	2.62	4.74	6.24
	3	2.62	4.99	6.36
	4	3.11	4.87	6.61
	5	2.99	4.12	6.86
	6	2.99	4.24	6.99
	7	2.87	4.12	6.86
	8	3.11	4.24	6.74
	9	2.74	4.74	6.74
	10	2.99	5.24	6.49
	11	2.87	5.44	6.26
	12	3.12	5.61	6.62
	13	2.99	4.99	5.99
	14	2.87	5.11	6.26
	15	2.50	4.44	6.24
	16	2.62	4.24	6.49
	17	2.50	4.12	6.49
	18	2.62	4.24	6.86
	19	2.74	4.24	6.26
	20	2.82	4.62	6.86
ค่าต่ำสุด (ไมครอน)		2.50	4.12	5.99
ค่าสูงสุด (ไมครอน)		3.12	5.61	6.99
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.20	0.45	0.30
ความหนาชั้นเคลือบเฉลี่ย (ไมครอน)		2.82	4.65	6.51

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.2 ความหนาชั้นเคลือบวาเนเดียมคาร์ไบด์ที่ได้จากการเคลือบผิวเหล็กกล้า D2 ที่อุณหภูมิ 1000 °C โดยทำการกวนบอแรกซ์หลอมเหลวเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

เวลาการเคลือบผิว (ชั่วโมง)		1	2.25	4	6.25
ความหนาชั้นเคลือบ (ไมครอน)	1	4.05	5.88	7.19	9.15
	2	3.53	5.75	7.58	8.76
	3	3.79	5.88	7.32	9.02
	4	4.05	6.01	7.06	9.41
	5	3.92	5.75	7.06	9.15
	6	3.79	5.62	7.32	9.54
	7	4.05	5.75	7.32	9.54
	8	4.18	5.49	7.06	9.54
	9	4.32	5.62	7.19	9.67
	10	4.05	6.27	6.54	9.8
	11	3.66	6.54	6.41	10.2
	12	4.18	6.27	7.71	8.63
	13	4.05	6.14	7.84	8.63
	14	4.18	6.41	7.45	9.28
	15	4.44	5.23	6.93	8.89
	16	3.92	5.49	7.06	9.28
	17	4.18	5.75	7.45	9.28
	18	3.92	5.49	7.84	8.76
	19	4.05	5.49	7.71	9.15
	20	4.05	5.62	7.32	9.02
ค่าต่ำสุด (ไมครอน)		3.53	5.23	6.41	8.63
ค่าสูงสุด (ไมครอน)		4.44	6.54	7.84	10.2
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.21	0.34	0.38	0.4
ความหนาชั้นเคลือบเฉลี่ย (ไมครอน)		4.02	5.82	7.27	9.24

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.3 ความหนาชั้นเคลือบวาเนเดียมคาร์ไบด์ที่ได้จากการเคลือบผิวเหล็กกล้า D2 ที่อุณหภูมิ 1000 °C โดยทำการกวนบอแรกซ์หลอมเหลวเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

เวลาการเคลือบผิว (ชั่วโมง)		1	2.25	4
ความหนาชั้นเคลือบ (ไมครอน)	1	4.33	6.17	7.87
	2	4.46	6.17	7.74
	3	4.07	6.04	7.61
	4	4.46	5.91	7.87
	5	4.86	6.3	7.61
	6	4.46	6.43	8.27
	7	3.94	7.22	7.74
	8	4.46	6.56	7.74
	9	4.07	6.3	7.87
	10	4.07	6.43	7.74
	11	3.81	6.04	7.09
	12	3.94	6.3	6.96
	13	4.07	6.04	7.87
	14	4.46	5.77	7.48
	15	3.81	5.64	7.61
	16	4.2	5.77	7.74
	17	4.33	5.91	7.22
	18	4.59	5.51	7.61
	19	4.2	5.64	7.87
	20	4.2	5.77	8.27
ค่าต่ำสุด (ไมครอน)		3.81	5.51	6.96
ค่าสูงสุด (ไมครอน)		4.86	7.22	8.27
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.27	0.39	0.32
ความหนาชั้นเคลือบเฉลี่ย (ไมครอน)		4.24	6.1	7.69

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.4 ความหนาชั้นเคลือบวาเนเดียมคาร์ไบด์ที่ได้จากการเคลือบผิวเหล็กกล้า D2 ที่อุณหภูมิ 1000 °C โดยทำการแช่บอแรกซ์หลอมเหลวเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

เวลาการเคลือบผิว (ชั่วโมง)		1	2.25	4	6.25
ความหนาชั้นเคลือบ (ไมครอน)	1	3.49	4.62	6.11	7.73
	2	3.56	4.62	5.61	8.23
	3	3.12	4.49	5.86	7.61
	4	3.24	4.49	5.47	7.86
	5	3.37	4.62	6.11	7.49
	6	3.12	4.49	5.74	8.36
	7	3.12	4.74	6.36	8.11
	8	3.37	4.24	5.86	8.86
	9	3.12	4.49	5.61	9.48
	10	3.24	4.49	6.36	8.36
	11	2.62	5.11	5.74	7.86
	12	2.62	5.11	5.49	7.73
	13	2.87	4.87	5.41	8.11
	14	2.99	4.49	5.49	7.49
	15	2.99	4.37	5.49	7.86
	16	2.74	4.62	5.36	9.23
	17	3.49	4.87	5.99	8.23
	18	3.24	4.49	5.74	8.11
	19	2.99	4.62	6.36	7.61
	20	3.37	4.62	5.49	7.61
ค่าต่ำสุด (ไมครอน)		2.62	4.24	5.36	7.49
ค่าสูงสุด (ไมครอน)		3.56	5.11	6.36	9.48
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.27	0.22	0.32	0.54
ความหนาชั้นเคลือบเฉลี่ย (ไมครอน)		3.13	4.62	5.78	8.10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.5 ความหนาชั้นเคลือบวาเนเดียมคาร์ไบด์ที่ได้จากการเคลือบผิวเหล็กกล้า D2 ที่อุณหภูมิ 1000 °C โดยทำการกวนบอแรกซ์หลอมเหลวเป็นเวลา 5 นาทีและแช่ 1 ชั่วโมง

เวลาการเคลือบผิว (ชั่วโมง)		1	2.25	4
ความหนาชั้นเคลือบ (ไมครอน)	1	4.46	6.04	6.82
	2	4.33	5.91	7.09
	3	4.2	6.43	6.96
	4	4.33	6.17	6.69
	5	4.2	6.3	7.09
	6	4.33	6.3	7.09
	7	4.2	6.17	6.82
	8	4.33	6.17	7.22
	9	4.2	6.04	7.35
	10	4.07	5.91	7.09
	11	3.94	5.77	7.35
	12	4.07	5.64	7.35
	13	4.07	5.91	7.48
	14	4.07	5.77	7.48
	15	3.81	5.64	7.09
	16	4.07	5.77	7.09
	17	4.33	6.04	7.09
	18	4.46	6.17	7.22
	19	4.46	5.91	6.96
	20	4.2	6.3	6.96
ค่าต่ำสุด (ไมครอน)		3.81	5.64	6.69
ค่าสูงสุด (ไมครอน)		4.46	6.43	7.48
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.17	0.22	0.21
ความหนาชั้นเคลือบเฉลี่ย (ไมครอน)		4.21	6.02	7.11

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.6 ความหนาชั้นเคลือบวาเนเดียมคาร์ไบด์ที่ได้จากการเคลือบผิวเหล็กกล้า D2 ที่อุณหภูมิ 1000 °C โดยทำการกวนบอแรกซ์หลอมเหลวเป็นเวลา 5 นาทีทุกๆ 30 นาที

เวลาการเคลือบผิว (ชั่วโมง)		1	2.25	4	6.25
ความหนาชั้นเคลือบ (ไมครอน)	1	2.00	2.87	3.74	4.37
	2	1.75	2.87	3.99	4.99
	3	1.62	3.49	4.49	3.49
	4	1.62	3.37	3.87	3.74
	5	2.12	3.24	4.62	3.24
	6	2.12	3.24	3.74	4.24
	7	2.12	2.87	3.24	4.87
	8	2.12	3.74	3.24	4.37
	9	2.12	3.12	2.62	3.37
	10	2.00	3.12	3.12	5.61
	11	2.5	2.87	3.12	5.49
	12	1.50	2.74	3.37	5.86
	13	1.87	2.25	3.99	5.61
	14	1.37	1.75	2.99	5.61
	15	1.25	2.37	3.74	5.86
	16	1.50	2.62	3.99	5.86
	17	1.62	1.62	4.62	4.87
	18	1.62	2.37	4.37	5.11
	19	1.25	2.12	4.24	4.62
	20	1.37	3.24	3.12	5.61
ค่าต่ำสุด (ไมครอน)		1.25	1.62	2.62	3.24
ค่าสูงสุด (ไมครอน)		2.50	3.74	4.62	5.86
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.34	0.55	0.56	0.86
ความหนาชั้นเคลือบเฉลี่ย (ไมครอน)		1.77	2.79	3.71	4.84

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Reference pattern: 34-0187

Name : Vanadium Oxide
Name : Karelianite, syn
Formula : V2O3
Elements : O, V
Groups : --
Subfiles : Inorganic, Minerals, Alloys, Common phases, NBS patterns, Educational patterns
Pattern deleted: NO

Radiation : Cu KÁ1
Wavelength : 1.54060

d value	Angle	Rel.Int.
3.6578	24.314	71
2.7132	32.987	100
2.4774	36.231	80
2.3356	38.514	6
2.1885	41.216	36
2.0519	44.099	7
1.8292	49.811	34
1.6990	53.923	85
1.6210	56.745	1
1.5798	58.366	7
1.4719	63.115	24
1.4298	65.195	31
1.3316	70.688	14
1.3180	71.527	3
1.2385	76.916	6
1.2193	78.357	4
1.1972	80.092	1
1.1728	82.114	9
1.1728	82.114	9
1.1674	82.575	2
1.1267	86.267	4
1.0940	89.515	12
1.0601	93.207	9
1.0601	93.207	9
1.0559	93.693	3
1.0255	97.381	1
0.9745	104.456	1
0.9745	104.456	1
0.9690	105.295	1
0.9476	108.760	8
0.9363	110.712	4
0.9068	116.308	4
0.9068	116.308	4
0.9044	116.800	5
0.8689	124.874	5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Reference pattern: 09-0387

Name : Vanadium Oxide
Name : Shcherbinaite, syn
Formula : V2O5
Elements : O, V
Groups : V2O5
Subfiles : Inorganic, Minerals, Alloys, Common phases, NBS patterns, Forensics, Educational patterns
Pattern deleted: YES

Radiation : Cu KÁ1
Wavelength : 1.54060

d value	Angle	Rel.Int.
5.7600	15.371	40
4.3800	20.258	100
4.0900	21.712	35
3.4800	25.577	8
3.4000	26.189	90
2.8800	31.027	65
2.7600	32.412	35
2.6870	33.318	16
2.6100	34.331	40
2.4920	36.011	8
2.4050	37.361	8
2.1850	41.286	18
2.1470	42.051	12
2.0420	44.324	4
1.9920	45.498	18
1.9190	47.332	25
1.9000	47.835	18
1.8640	48.818	14
1.8400	49.498	6
1.7780	51.347	4
1.7570	52.006	30
1.7400	52.553	14
1.6480	55.733	12
1.6320	56.328	8
1.5764	58.503	10
1.5640	59.013	12
1.5396	60.043	4
1.5149	61.126	18
1.5124	61.237	12
1.4925	62.144	18
1.4447	64.443	8
1.4421	64.573	6
1.4123	66.107	8
1.3801	67.856	6
1.3625	68.854	6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

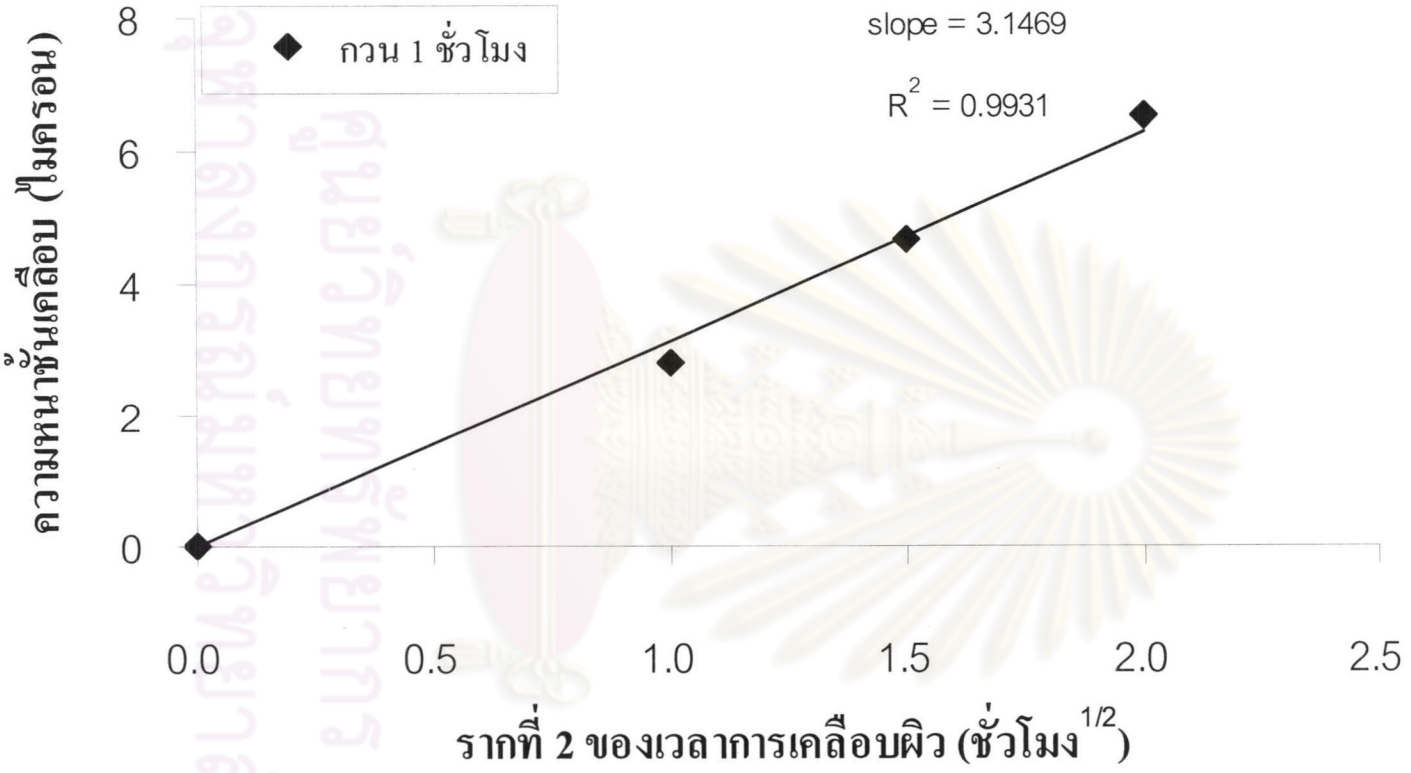
Reference pattern: 06-0696

Name : Iron
Name : Iron, syn
Formula : Fe
Elements : Fe
Groups : --
Subfiles : Inorganic, Minerals, Alloys, Common phases, NBS patterns, Forensics, Educational patterns
Pattern deleted: NO

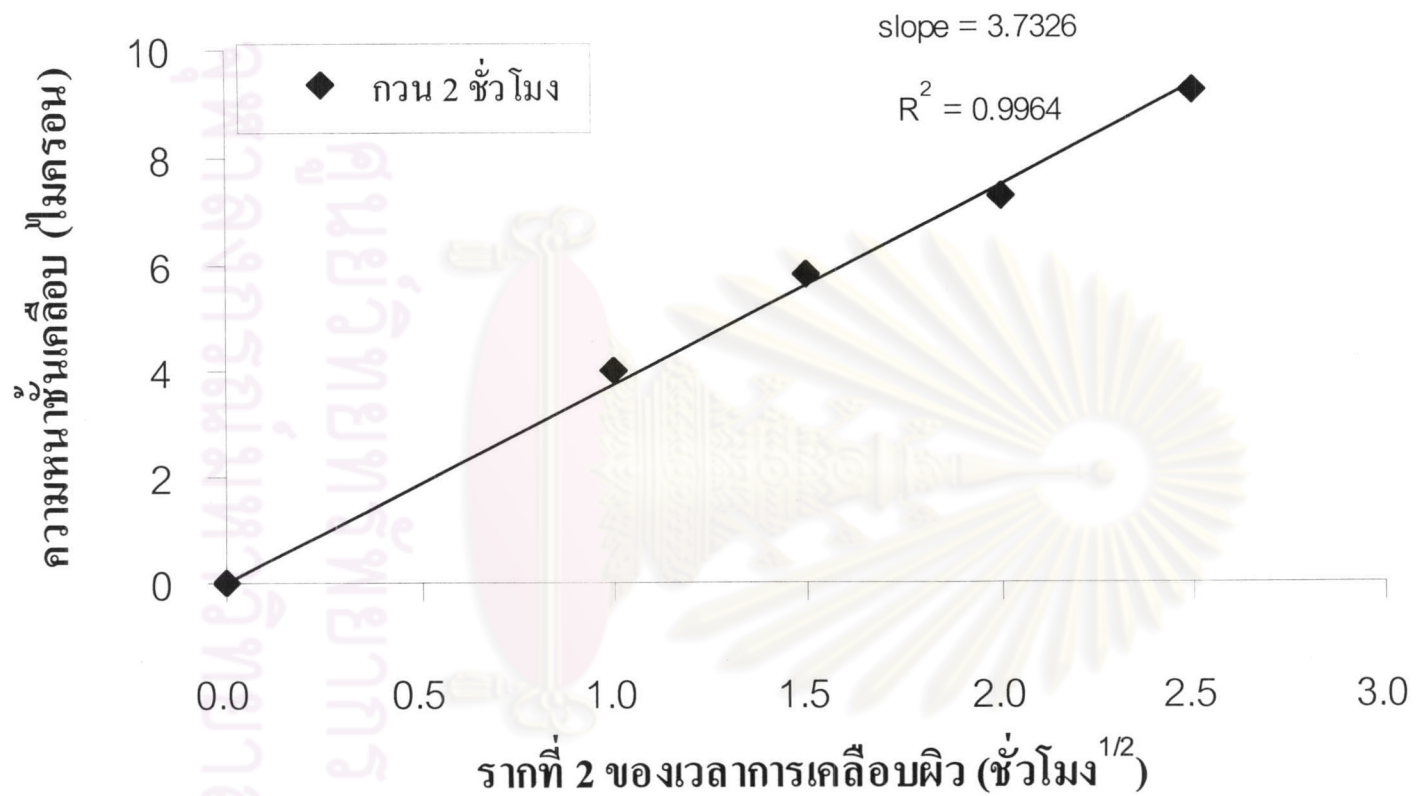
Radiation : Cu KÁ1
Wavelength : 1.54060

d value	Angle	Rel.Int.
2.0268	44.674	100
1.4332	65.023	20
1.1702	82.335	30
1.0134	98.949	10
0.9064	116.390	12
0.8275	137.144	6

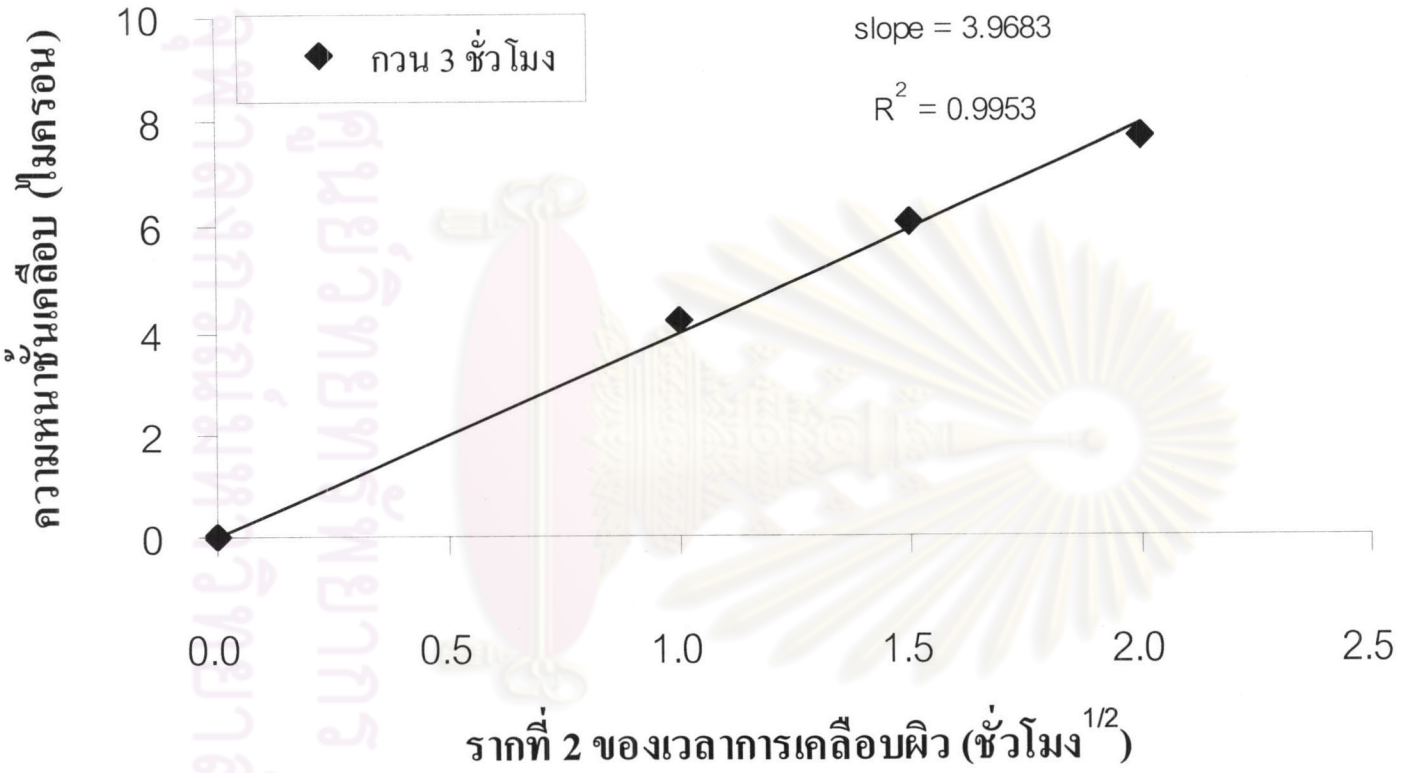
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



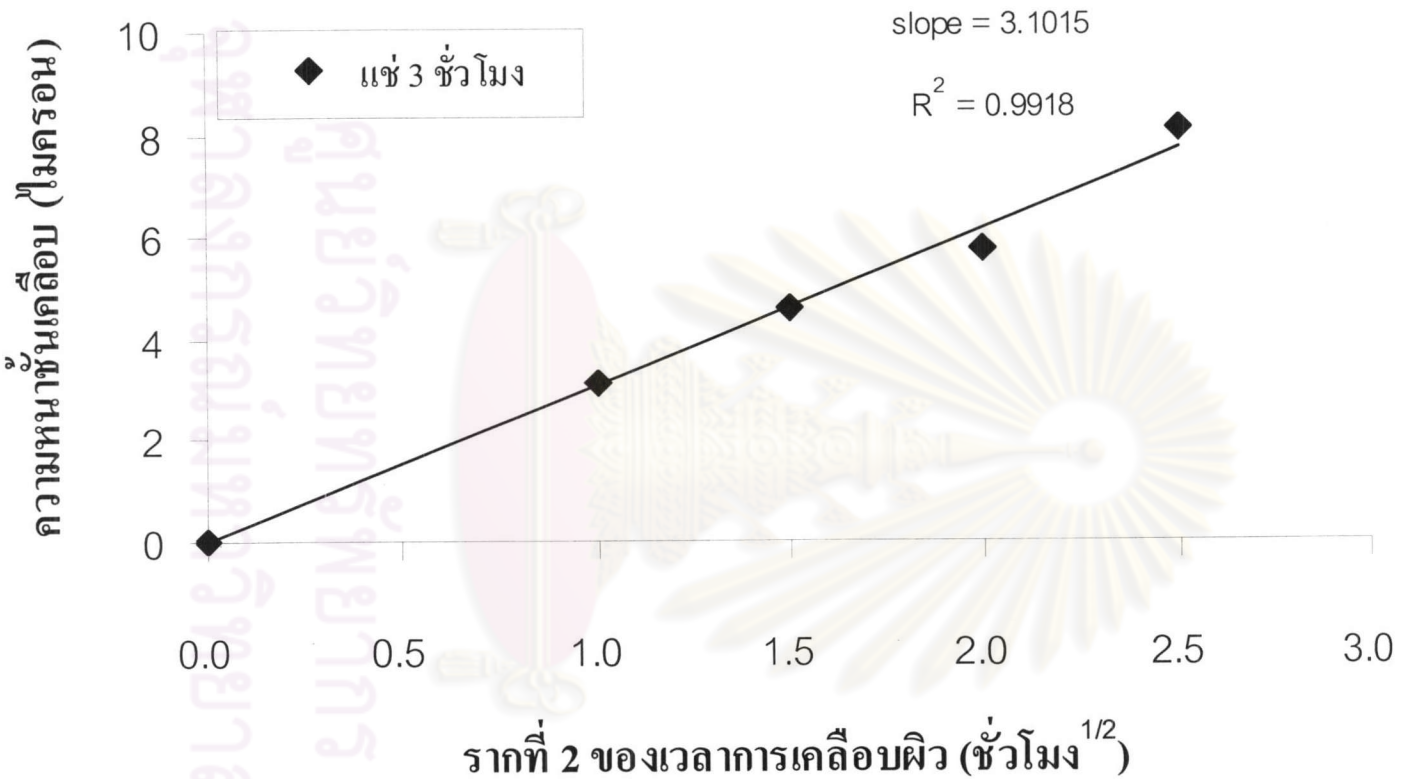
รูปที่ ข.1 ความสัมพันธ์ระหว่างรากที่ 2 ของเวลาการเคลือบผิวและความหนาชั้นเคลือบของเหล็กกล้าเครื่องมือ D2 ที่ทำการเคลือบผิวโดยกวน Fe-V 15 %ในบอแรกซ์หลอมเหลว 1 ชั่วโมง และเติม Al 1 %โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 1000°C



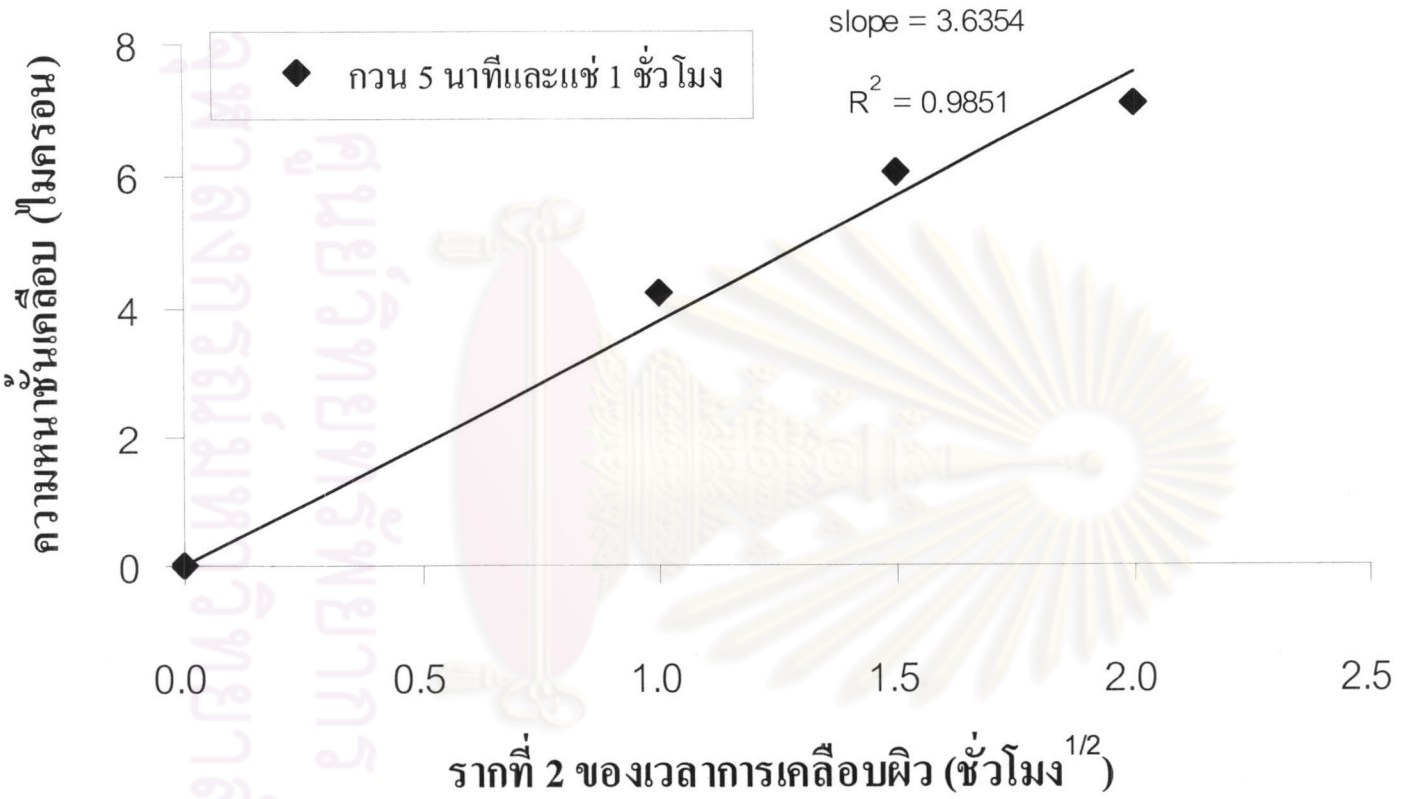
รูปที่ ข.2 ความสัมพันธ์ระหว่างรากที่ 2 ของเวลาการเคลือบผิวและความหนาชั้นเคลือบของเหล็กกล้าเครื่องมือ D2 ที่ทำการเคลือบผิวโดยกวน Fe-V 15 %ในบอแรกซ์หลอมเหลว 2 ชั่วโมง และเติม Al 1 %โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 1000°C



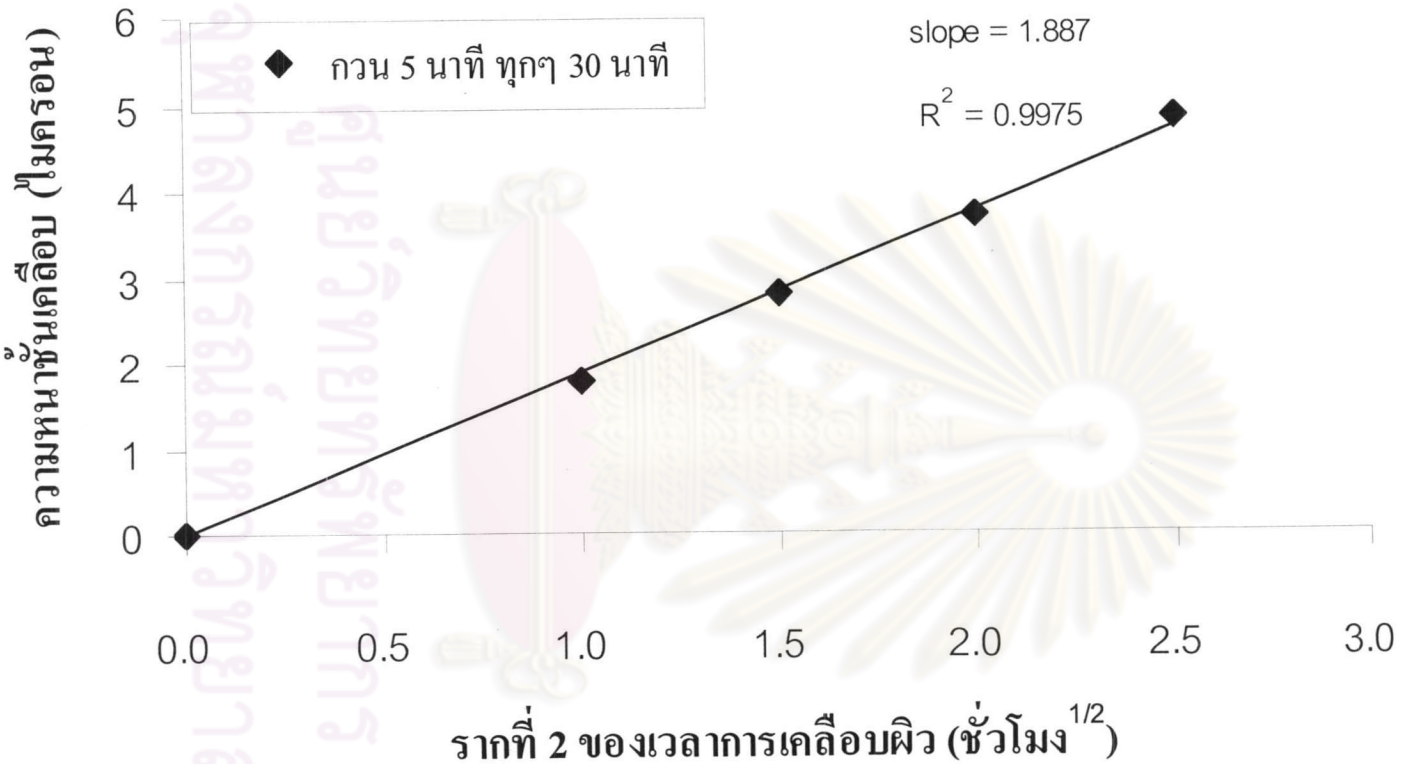
รูปที่ ข.3 ความสัมพันธ์ระหว่างรากที่ 2 ของเวลาการเคลือบผิวและความหนาชั้นเคลือบของเหล็กกล้าเครื่องมือ D2 ที่ทำการเคลือบผิวโดยกวน Fe-V 15 %ในบอแรกซ์หลอมเหลว 3 ชั่วโมง และเติม Al 1 %โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 1000°C



รูปที่ ข.4 ความสัมพันธ์ระหว่างรากที่ 2 ของเวลาการเคลือบผิวและความหนาชั้นเคลือบของเหล็กกล้าเครื่องมือ D2 ที่ทำการเคลือบผิวโดยแช่ Fe-V 15 %ในบอแรกซ์หลอมเหลว 3 ชั่วโมง และเติม Al 1 %โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 1000°C



รูปที่ ข.5 ความสัมพันธ์ระหว่างรากที่ 2 ของเวลาการเคลือบผิวและความหนาชั้นเคลือบของเหล็กกล้าเครื่องมือ D2 ที่ทำการเคลือบผิวโดยกวน Fe-V 15 % เป็นเวลา 5 นาทีและแช่ 1 ชั่วโมงในบอแรกซ์หลอมเหลว และเติม Al 1 % โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 1000°C



รูปที่ ข.6 ความสัมพันธ์ระหว่างรากที่ 2 ของเวลาการเคลือบผิวและความหนาชั้นเคลือบของเหล็กกล้าเครื่องมือ D2 ที่ทำการเคลือบผิวโดยกวน Fe-V 15 %ในบอแรกซ์หลอมเหลว 5 นาที ทุกๆ 30 นาที และเติม Al 1 %โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 1000°C

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายชัยวัฒน์ จงประสิทธิผล เกิดเมื่อวันที่ 21 มกราคม พ.ศ. 2521 เริ่มเข้าศึกษาระดับอุดมศึกษาที่สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีการศึกษา 2539 และ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต ปีการศึกษา 2542 จากนั้นเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2544

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย