รายการอ้างอิง

1. Advanced surface coatings. Innovation 128 TechTrends, International Reports on Advanced Technologies, 1989, Paris France, pp. 92-98
2. T. Arai and S. Harper, Thermoreactive Deposition/Diffusion Process. ASM Handbook, Vol. 4 (1994) : pp. 448-453
3. TD Process, Tokyo Heat Treating Company Ltd, p. 2
4. H.C. Child, S.A. Plumb and J.J. McDermott, Carbide layer formation on steels in fused borax baths. Proceeding of Heat Treatment' 84, London England, (1984), part 5.1
5. ประสงค์ ศรีเจริญชัย, ศิริรัตน์ สมพันธุ์ และปริทรรศน์ พันธุบรรยงก์, การปรับปรุงพื้นผิวแม่พิมพ์ด้วยกระบวนการทีดี. วารสาร MTEC ฉบับ เมษายน-มิถุนายน 2540 หน้า 12-16
6. T.Arai, Carbide Coating Process by Use of Molten Borax Bath in Japan. Heat Treating, Vol. 1, No. 2 (1981) : pp. 15-22
7. R. Wilson,"Dimension change occurring during the hardening and tempering of tool steels and method adopted to minimize them", Proceeding of Heat Treatment' 74, Birmingham England (1979), pp. 95-109
8. H.J. Hunger and G. Trute, Boronizing to Produce Wear-resistant Surface Layers. Heat Treatment of Metals, Vol. 21, No.2 (1994) : pp. 31-39
9. R. Chatterjee-Fischer, Boriding and Diffusion Metallizing. Surface modification technologies and engineering's guide, ed. T.S. Sudarshan (New York: Marcel Dekker, Inc,.1989), pp. 573

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 ความหนาชั้นเคลือบไนโอเบียมคาร์ไบด์ที่ได้ในการเคลือบผิวเหล็กกล้า D2 ที่อุณหภูมิ 1000°C โดยแปรผันปริมาณเฟอร์โรไนโอเบียมและอะลูมิเนียมที่เติมลงในเกลือบอแรกซ์

ปริมาณ เฟอร์โรไนโอเบียม (wt %)	ปริมาณ อะลูมิเนียม (wt %)	เวลาการเคลือบผิว (ชั่วโมง)	ความหนาชั้นเคลือบ (ไมครอน)
2	3	1	1.49
		4	2.77
		9	3.84
8	3	1	1.67
		4	3.82
		9	5.81
12	3	1	1.91
		4	4.07
		9	6.62
16	1	1	2.10
		2.25	3.31
		4	4.33
		6.25	5.44
		9	7.20
16	3	1	2.17
		2.25	3.40
		4	4.41
		6.25	6.17
		9	7.53
16	5	1	1.91
		4	3.80
		9	5.61

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

ปริมาณ เฟอร์โรไนโอเบียม (wt %)	ปริมาณ อะลูมิเนียม (wt %)	เวลาการเคลือบผิว (ชั่วโมง)	ความหนาชั้นเคลือบ (ไมครอน)
20	3	1	2.19
		2.25	3.34
		4	4.37
		6.25	6.15
		9	7.49
32	3	1	2.13
		4	4.40
		9	7.51

ตารางที่ ก.2 ความหนาชั้นเคลือบไนโอเบียมคาร์ไบด์ที่ได้ในการเคลือบผิวเหล็กกล้า D2 ที่อุณหภูมิการเคลือบผิว 950 และ 900°C ในอ่างเกลือที่เติมเฟอร์โรไนโอเบียม 16 เปอร์เซ็นต์และอะลูมิเนียม 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

อุณหภูมิการเคลือบผิว (°C)	เวลาการเคลือบผิว (ชั่วโมง)	ความหนาชั้นเคลือบ (ไมครอน)
950	1	1.42
	4	3.27
	9	5.50
900	1	1.17
	4	2.83
	9	4.29

ตารางที่ ก.3 ความหนาชั้นเคลือบไนโอเบียมคาร์ไบด์ที่ได้ในการเคลือบผิวเหล็กกล้า H13 ที่อุณหภูมิ 1000°C โดยเติมเฟอร์โรไนโอเบียม 16 เปอร์เซ็นต์และอะลูมิเนียม 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

เวลาการเคลือบผิว (ชั่วโมง)	ความหนาชั้นเคลือบ (ไมครอน)
1	0.92
2.25	1.14
4	1.20
6.25	1.48
9	1.83

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลขนาดชิ้นงานเหล็กกล้า D2 ก่อนการเคลือบผิวเป็นไนโอเบียมคาร์ไบด์ ที่อุณหภูมิ 1000°C เคลือบผิวเป็นเวลา 4 ชั่วโมง ในอ่างเกลือบอแรกซ์ที่เติมเฟอร์โรไนโอเบียม 16 เปอร์เซ็นต์และอะลูมิเนียม 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ตำแหน่งการวัด	A-A	B-B	C-C	D-D	ค่าเฉลี่ย
d1	9.990	9.990	9.990	9.991	9.990
d2	20.008	20.009	20.009	20.009	20.009
d3	30.010	30.009	30.010	30.011	30.010
ตำแหน่งการวัด	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย
h1	10.006	10.004	10.008	10.005	10.006
h2	20.009	20.008	20.010	20.008	20.009
h3	29.993	29.995	30.002	29.996	29.997

ตารางที่ ข.2 ข้อมูลขนาดชิ้นงานเหล็กกล้า D2 ภายหลังการเคลือบผิวเป็นไนโอเบียม คาร์ไบด์ ที่อุณหภูมิ 1000°C เคลือบผิวเป็นเวลา 4 ชั่วโมง ในอ่างเกลือบอแรกซ์ที่เติมเฟอร์โร ไนโอเบียม 16 เปอร์เซ็นต์และอะลูมิเนียม 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ตำแหน่งการวัด	A-A	B-B	C-C	D-D	ค่าเฉลี่ย
d1	10.022	10.017	10.019	10.020	10.020
d2	20.019	20.019	20.023	20.021	20.021
d3	30.020	30.024	30.019	30.018	30.020
ตำแหน่งการวัด	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย
h1	10.013	10.010	10.016	10.015	10.014
h2	20.007	20.008	20.009	20.007	20.008
h3	30.020	30.019	30.015	30.017	30.018

ตารางที่ ข.3 ข้อมูลขนาดชิ้นงานเหล็กกล้า D2 ก่อนการเคลือบผิวเป็นไนโอเบียมคาร์ไบด์ที่อุณหภูมิ 1000°C เคลือบผิวเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ในอ่างเกลือบอแรกซ์ที่เติมเฟอร์โรไนโอเบียม 16 เปอร์เซ็นต์และอะลูมิเนียม 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ตำแหน่งการวัด	A-A	B-B	C-C	D-D	ค่าเฉลี่ย
d1	9.991	9.989	9.989	9.989	9.990
d2	20.010	20.009	20.009	20.008	20.009
d3	30.011	30.010	30.009	30.008	30.010
ตำแหน่งการวัด	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย
h1	10.010	10.008	10.006	10.011	10.009
h2	20.011	20.010	20.012	20.009	20.011
h3	30.002	29.996	29.997	30.000	29.999

ตารางที่ ข.4 ข้อมูลขนาดชิ้นงานเหล็กกล้า D2 ภายหลังการเคลือบผิวเป็นไนโอเบียมคาร์ไบด์ ที่อุณหภูมิ 1000°C เคลือบผิวเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ในอ่างเกลือบอแรกซ์ที่เติมเฟอร์โรไนโอเบียม 16 เปอร์เซ็นต์และอะลูมิเนียม 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ตำแหน่งการวัด	A-A	B-B	C-C	D-D	ค่าเฉลี่ย
d1	10.025	10.016	10.024	10.025	10.023
d2	20.021	20.022	20.023	20.024	20.023
d3	30.027	30.014	30.028	30.019	30.022
ตำแหน่งการวัด	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย
h1	10.020	10.020	10.019	10.020	10.020
h2	20.024	20.022	20.023	20.019	20.022
h3	30.016	30.014	30.016	30.012	30.015

ตารางที่ ข.5 ข้อมูลขนาดชิ้นงานเหล็กกล้า D2 ก่อนการเคลือบผิวเป็นไนโอเบียมคาร์ไบด์ ที่อุณหภูมิ 1000°C เคลือบผิวเป็นเวลา 9 ชั่วโมง ในอ่างเกลือบอแรกซ์ที่เติมเฟอร์โรไนโอเบียม 16 เปอร์เซ็นต์และอะลูมิเนียม 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ตำแหน่งการวัด	A-A	B-B	C-C	D-D	ค่าเฉลี่ย
d1	9.990	9.990	9.991	9.991	9.991
d2	20.008	20.008	20.007	20.009	20.008
d3	30.009	30.012	30.010	30.009	30.010
ตำแหน่งการวัด	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย
h1	10.004	10.007	10.006	10.009	10.007
h2	20.008	20.012	20.009	20.010	20.010
h3	29.994	30.001	29.996	29.998	29.997

ตารางที่ ข.6 ข้อมูลขนาดชิ้นงานเหล็กกล้า D2 ภายหลังการเคลือบผิวเป็นไนโอเบียม คาร์ไบด์ ที่อุณหภูมิ 1000°C เคลือบผิวเป็นเวลา 9 ชั่วโมง ในอ่างเกลือบอแรกซ์ที่เติมเฟอร์โร ไนโอเบียม 16 เปอร์เซ็นต์และอะลูมิเนียม 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ตำแหน่งการวัด	A-A	B-B	C-C	D-D	ค่าเฉลี่ย
d1	10.031	10.034	10.035	10.032	10.033
d2	20.029	20.030	20.029	20.028	20.029
d3	30.024	30.020	30.018	30.019	30.020
ตำแหน่งการวัด	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย
h1	10.028	10.028	10.029	10.027	10.028
h2	20.026	20.025	20.025	20.026	20.026
h3	30.017	30.015	30.014	30.018	30.016

Reference pattern: 10-0181
==========

Name : Niobium Carbide
Formula : NbC
Elements : C, Nb
Groups : --
Crystal type : Cubic
Subfiles : Inorganic, Alloys
Pattern deleted: YES

d value	Angle	Rel.Int.
2.5800	34.743	100
2.2300	40.416	80
1.5800	58.357	50
1.3480	69.701	65
1.2900	73.330	14
1.1170	87.199	10
1.0250	97.443	25
0.9994	100.845	30
0.9124	115.185	25
0.8603	127.116	25
0.7902	154.228	12

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Reference pattern: 35-0742

Name : Niobium Boride
Formula : NbB2
Elements : B, Nb
Groups : --
Crystal type : Hexagonal
Subfiles : Inorganic, Alloys, NBS patterns
Pattern deleted: NO

d value	Angle	Rel.Int.
3.2742	27.214	33
2.6937	33.233	79
2.0808	43.455	100
1.6366	56.155	8
1.5553	59.374	23
1.4052	66.486	20
1.3994	66.796	18
1.3472	69.750	10
1.2459	76.380	17
1.1279	86.148	12
1.0404	95.529	5
1.0185	98.285	5
1.0117	99.174	3
0.9724	104.770	16
0.8982	118.105	3
0.8934	119.129	2
0.8662	125.576	7
0.8648	125.935	10
0.8480	130.552	3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Reference pattern: 32-0463

Name : Iron Boride
Formula : FeB
Elements : B, Fe
Groups : --
Crystal type : Orthorombic
Subfiles : Inorganic, Alloys, Common phases, NBS patterns

Pattern deleted: NO

d value	Angle	Rel.Int.
3.2690	27.258	16
2.7520	32.509	32
2.3840	37.703	50
2.2768	39.550	33
2.1888	41.211	72
2.0116	45.030	100
1.9043	47.720	67
1.8018	50.620	28
1.6716	54.880	33
1.6335	56.272	5
1.5995	57.578	27
1.4736	63.032	22
1.4542	63.971	3
1.3435	69.969	3
1.3030	72.481	10
1.2993	72.720	6
1.2466	76.329	17
1.2374	77.000	16
1.2354	77.148	25
1.2297	77.572	8
1.2141	78.760	5
1.1999	79.878	12
1.1917	80.540	4
1.1653	82.757	22
1.1224	86.675	9
1.1054	88.350	9
1.0889	90.049	7
1.0621	92.981	4
1.0147	98.777	6

Reference pattern: 03-1053

Name : Iron Boride
Formula : Fe2B
Elements : B, Fe
Groups : --
Crystal type : Tetragonal
Subfiles : Inorganic, Alloys, Common phases
Pattern deleted: YES

d value	Angle	Rel.Int.
3.6100	24.641	7
2.5600	35.023	15
2.1200	42.612	25
2.0100	45.068	100
1.8300	49.787	6
1.6300	56.403	18
1.3700	68.425	1
1.3500	69.583	1
1.2900	73.330	6
1.2000	79.870	13
1.1900	80.678	10
1.1400	85.017	1
1.0900	89.934	2
1.0700	92.094	1
1.0500	94.381	6
0.9300	111.845	4
0.9070	116.268	1
0.8850	121.009	1
0.8510	129.692	1
0.8080	144.857	1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Reference pattern: 34-0396

Name	: Iron Chromium
Name	: 434-L stainless steel
Formula	: Fe-Cr
Elements	: Cr, Fe
Groups	: --
Crystal type	: Cubic
Subfiles	: Inorganic, Alloys, Common phases, Educational patterns

Pattern deleted: NO

d value	Angle	Rel.Int.
2.0350	44.485	100
1.4380	64.779	20
1.1743	81.986	50
1.0170	98.475	18
0.9095	115.763	30
0.8302	136.204	12

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายสุรพล พรนิมิตรธรรม

วันเกิด 15 มีนาคม พ.ศ. 2507 จังหวัด กรุงเทพมหานคร

ที่อยู่ 1551 แขวงบางลำภูล่าง เขตคลองสาน กรุงเทพมหานคร
โทร.4374791

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในปีการศึกษา 2530 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมโลหการมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2537

ประวัติการทำงาน บ.ซีทีซีไอ (ประเทศไทย) จำกัด พ.ศ. 2531-2537

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย