

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กาญจนา กาญจนสุนทร. ส่วนผสมที่เหมาะสมของวัสดุคิบเพื่อการลดต้นทุนการผลิตพีวีซีชนิด ยืดหยุ่น . ปรินูญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย, 2539.
- ชาญวุฒิ ตั้งจิตวิทยา และ สาโรช จูติเกียรติพงศ์. วัสดุในงานวิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2538.
- ชาตรี หลักทอง สุมาลี วงศ์จันทร์ และ ประสงค์ ศรีเจริญชัย. วัสดุวิศวกรรมเบื้องต้น เล่ม1. กรุงเทพมหานคร : แมคกรอ-ฮิล อินเทอร์เน็ต เนชั่นแนล เอ็นเตอร์ไพรส์ อิง. 2539.
- ประกอบ จันทร์มา การอัดผงโลหะขึ้นรูป วารสารแม่พิมพ์, (ต.ค.-ธ.ค.2536) : 31-34
- ภูษิต วงศ์หล่อสายชล และ วัชรพล ธรรมอารี. การประยุกต์ Linear Programming กับวัตถุดิบทาง เซรามิกส์. ปรินูญานิพนธ์ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.
- มานพ ต้นตระกูลบัณฑิตย์. วัสดุวิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริม เทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), 2538.
- ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ และ จันทนา จันทโร. สถิติสำหรับงานวิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.
- ศิริชัย พงษ์วิชัย. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย, 2539.
- อรรถจน์ ประภาพิทยากร และ พิพัฒน์ เมฆประเสริฐ. ที่สุดของวัสดุช่าง. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ไอเดียนส์โตร, 2531.

ภาษาอังกฤษ

- Arato, P., Besenyi, E., Kele, A., and Weber, F. Mechanical Properties in the Initial Stage of Sintering. Journal of Materials Science 30 (1995) : 1863-1871.
- Avner, Sidney H. Introduction to Physical Metallurgy. 2nd ed. Singapore : Mcraw-Hill, 1974.
- Bazaraa, Mokhtar S. and Shetty, C.M. Nonlinear Programming. Singapore : John Wiley & Son, 1990.
- Dowson, Gordon Powder Metallurgy : the Process and its Products. New York : Adom Hilger, 1990.
- German, R.M. Powder Metallurgy Science. 2nd ed. New Jersey : Metal Powder Industries Federation Princeton, 1994.
- Goto, K. et al. Formation and Sintering of 75% Alumina/25 Mol% Zirconia Composite Powder Prepared by the Hydrazine Method. Journal of Materials Science 31 (1996) : 204-208.
- Howard, A. Powder Metallurgy Processing. New York : Academic Press, 1978.
- Kalpakjian, S. Manufacturing Processes for Engineering Materials. 2nd ed. New York : Addison-wesley, 1991.
- Kuczynski, G.C. Sintering Processes. New York : Plenum Press, 1979.
- Liu, Y.B., Lim, S.C., Lu, L. and Lai, M.O. Recent Development in the Fabrication of Metal Matrix-Particulate Composites using Powder Metallurgy Techniques. Journal of Materials Science 29 (1994) : 1999-2007.
- May, Iain L. and Schetky, L. M. Copper in Iron and Steel. New York : Wiley-Interscience, 1982.
- Moen, Ronald D., Nolan, Thomas W. and Provost, Llooyd P. Improving Quality Through Planned Experimentation. Singapore : Mcraw-Hill , 1991.
- Montgomery, Douglas C. Design and Analysis of Experiments. 3rd ed. Singapore : John Wiley & Sons, 1991.
- Nogueira, R.E.F.Q., Gawne, D.T. and Edirisinghe, M.J. Fabrication of Engineering Ceramics by Injection Moulding a Suspension with Optimum Powder Properties. Journal of Materials Science 28 (1993) : 4821-4828.

- Ostwald , Phillip F. and Jairo, M. Manufacturing Process and Systems. 9th ed. Singapore : John Wiley & Sons, 1997.
- Roll,Kempton H. Metals Handbook. 9th ed. Vol 7. New York : American Society for Metals International Handbook Committee, 1969.
- Schwartz, J.B., Flamholz, J. R. and Press, R.H. "Computer Optimization of Pharmaceutical Formulation I : General Procedure. Journal of Pharmaceutical Science 61 (1973) : 1165-1170.
- Soppe, W.J. et al A Computer Simulation Method for Sintering in Three-Dimensional Powder Compacts. Journal of Materials Science 29 (1994) : 754-761.
- Ter haar, J.H. and Duszczyn, J. Mechanical Properties and Microstructure of a P/M Aluminium Matrix Composite with δ -Alumina Fibres and their Relation to Extrusion. Journal of Materials Science 29 (1994) : 1011-1024.
- Timing, R.L. Manufacturing Technology. 2nd ed. Vol 1. London : Longman, 1993.
- Timoshenko, Stephen P. and Woinowsky-Krieger, S. Theory of Plates and Shells. 2nd ed. : London : Mcraw-Hill, 1959.
- Ting, J.M. and Lin, R.Y. Effect of Particle-Size Distribution on Sintering. Journal of Materials Science 29 (1994) : 1867-1872.
- Wachtman, J.B., Capps, W. and Mandel, J., Biaxial Flexure of Ceramic Substrates. Journal of Materials (1972) : 188-194.
- Welsch, G. and Walter, J.L. Encyclopedia of Materials Science and Engineering. Vol 2. Oxford : Pergamon Press, 1990.
- Yankee, H. W. Manufacturing Processes. New Jersey : Prentice-Hall,1979.

ภาคผนวก ก

ข้อมูลผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกล
 ของส่วนผสม ของผงโลหะผสมระหว่าง เหล็ก ทองแดง แกรไฟต์ และ อลูมิเนียมการเผา

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลค่าความถ่วงจำเพาะ(specific gravity) ที่ได้จากการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

ส่วนผสมที่	ทดลองครั้งที่ 1		ทดลองครั้งที่ 2	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	6.0699	0.0120	6.0673	0.0124
2	6.0846	0.0051	6.0542	0.0061
3	6.0793	0.0098	6.0691	0.0067
4	6.0873	0.0103	6.0653	0.0119
5	6.0920	0.0088	6.0662	0.0130
6	6.0970	0.0054	6.0760	0.0043
7	6.0611	0.0118	6.0805	0.0039
8	6.0924	0.0024	6.0878	0.0088
9	6.0903	0.0114	6.1025	0.0127
10	6.1104	0.0032	6.1122	0.0012
11	6.1250	0.0126	6.1232	0.0041
12	6.1400	0.0041	6.1228	0.0047
13	6.0769	0.0108	6.0889	0.0069
14	6.1134	0.0046	6.0932	0.0099
15	6.1059	0.0024	6.1169	0.0056
16	6.1278	0.0084	6.1277	0.0061
17	6.1423	0.0127	6.1417	0.0121
18	6.1651	0.0038	6.1609	0.0078
19	6.0998	0.0043	6.0930	0.0060
20	6.1074	0.0110	6.1216	0.0050
21	6.1154	0.0010	6.1328	0.0053
22	6.1231	0.0013	6.1556	0.0018
23	6.1309	0.0085	6.1755	0.0129
24	6.1868	0.0084	6.1826	0.0075

ตารางที่ 1(ต่อ) แสดงข้อมูลค่าความถ่วงจำเพาะ(specific gravity)

ส่วนผสมที่	ทดลองครั้งที่ 1		ทดลองครั้งที่ 2	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
25	5.9434	0.0021	5.9590	0.0062
26	5.9566	0.0075	5.9634	0.0117
27	5.9614	0.0054	5.9670	0.0047
28	5.9718	0.0035	5.9711	0.0080
29	5.9808	0.0011	5.9751	0.0053
30	5.9984	0.0039	6.0134	0.0083
31	5.9641	0.0018	5.9535	0.0074
32	5.9536	0.0046	5.9722	0.0090
33	5.9695	0.0052	5.9787	0.0025
34	5.9678	0.0122	5.9933	0.0048
35	5.9705	0.0043	6.0059	0.0046
36	6.0233	0.0041	6.0263	0.0090
37	5.9738	0.0047	5.9604	0.0075
38	5.9705	0.0097	5.9681	0.0125
39	5.9970	0.0067	5.9822	0.0031
40	6.0036	0.0084	5.9920	0.0021
41	6.0152	0.0024	6.0029	0.0057
42	6.0448	0.0077	6.0384	0.0015
43	5.9762	0.0085	5.9750	0.0045
44	5.9789	0.0105	5.9759	0.0109
45	6.0021	0.0116	5.9979	0.0068
46	6.0116	0.0071	6.0058	0.0078
47	6.0246	0.0043	6.0173	0.0122
48	6.0530	0.0006	6.0624	0.0089

ตารางที่ 1(ต่อ) แสดงข้อมูลค่าความถ่วงจำเพาะ(specific gravity)

ส่วนผสมที่	ทดลองครั้งที่ 1		ทดลองครั้งที่ 2	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
49	5.8281	0.0095	5.8187	0.0094
50	5.8368	0.0065	5.8342	0.0026
51	5.8527	0.0046	5.8585	0.0077
52	5.8638	0.0115	5.8770	0.0028
53	5.8761	0.0083	5.8969	0.0030
54	5.9098	0.0046	5.8850	0.0078
55	5.8222	0.0073	5.8340	0.0072
56	5.8490	0.0042	5.8422	0.0086
57	5.8637	0.0062	5.8521	0.0116
58	5.8865	0.0074	5.8609	0.0077
59	5.9072	0.0081	5.8699	0.0074
60	5.9037	0.0087	5.9151	0.0069
61	5.8431	0.0035	5.8267	0.0090
62	5.8565	0.0073	5.8507	0.0117
63	5.8740	0.0094	5.8610	0.0113
64	5.8888	0.0036	5.8805	0.0014
65	5.9043	0.0067	5.8976	0.0060
66	5.9180	0.0101	5.9214	0.0076
67	5.8568	0.0019	5.8590	0.0096
68	5.8624	0.0046	5.8756	0.0074
69	5.8828	0.0059	5.8910	0.0057
70	5.8933	0.0094	5.9072	0.0056
71	5.9063	0.0078	5.9232	0.0067
72	5.9346	0.0081	5.9322	0.0095

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลค่าการเปลี่ยนแปลงขนาด(dimension change) ที่ได้จากการทดลอง ซ้ำ 2 ครั้ง

หน่วย : เปอร์เซ็นต์

ส่วนผสมที่	ทดลองครั้งที่ 1		ทดลองครั้งที่ 2	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	-0.18	0.12	-0.30	0.22
2	0.16	0.15	0.35	0.11
3	1.04	0.12	0.95	0.23
4	1.64	0.08	1.49	0.12
5	1.65	0.23	1.79	0.24
6	1.75	0.10	1.53	0.15
7	-0.10	0.15	-0.05	0.22
8	0.41	0.11	0.24	0.12
9	0.65	0.22	0.80	0.08
10	0.84	0.12	0.67	0.20
11	0.58	0.06	0.72	0.25
12	0.59	0.05	0.49	0.24
13	0.03	0.15	0.04	0.07
14	0.17	0.11	0.27	0.10
15	0.36	0.23	0.21	0.08
16	0.21	0.12	0.11	0.10
17	0.04	0.22	0.01	0.01
18	-0.04	0.20	-0.02	0.04
19	0.15	0.15	0.06	0.21
20	0.19	0.12	0.31	0.11
21	0.04	0.05	0.08	0.20
22	-0.27	0.05	-0.17	0.21
23	-0.24	0.04	-0.40	0.11
24	-0.44	0.21	-0.32	0.09

ตารางที่ 2(ต่อ) แสดงข้อมูลค่าการเปลี่ยนแปลงขนาด(dimension change)

หน่วย : เปอร์เซ็นต์

ส่วนผสมที่	ทดลองครั้งที่ 1		ทดลองครั้งที่ 2	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
25	-0.66	0.12	-0.82	0.05
26	-0.51	0.15	-0.61	0.24
27	-0.40	0.20	-0.30	0.18
28	0.26	0.11	0.09	0.07
29	0.19	0.25	0.11	0.21
30	0.04	0.09	0.10	0.12
31	-0.61	0.05	-0.49	0.13
32	-0.47	0.24	-0.61	0.19
33	-0.30	0.04	-0.45	0.15
34	-0.21	0.05	-0.33	0.12
35	-0.25	0.13	-0.35	0.05
36	-0.45	0.25	-0.59	0.06
37	-0.57	0.22	-0.42	0.04
38	-0.37	0.14	-0.44	0.11
39	-0.29	0.22	-0.44	0.16
40	-0.54	0.22	-0.49	0.15
41	-0.65	0.08	-0.50	0.25
42	-0.77	0.13	-0.64	0.06
43	-0.34	0.09	-0.48	0.07
44	-0.52	0.16	-0.44	0.21
45	-0.37	0.18	-0.53	0.07
46	-0.62	0.23	-0.56	0.11
47	-0.83	0.19	-0.90	0.10
48	-0.84	0.22	-0.99	0.13

ตารางที่ 2(ต่อ) แสดงข้อมูลค่าการเปลี่ยนแปลงขนาด(dimension change)

หน่วย : เปอร์เซ็นต์

ส่วนผสมที่	ทดลองครั้งที่ 1		ทดลองครั้งที่ 2	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
49	-1.07	0.19	-0.90	0.13
50	-0.89	0.14	-0.98	0.25
51	-0.81	0.19	-0.69	0.13
52	-0.18	0.24	-0.56	0.23
53	-0.16	0.08	-0.20	0.17
54	-0.10	0.25	-0.25	0.14
55	-0.86	0.22	-0.71	0.12
56	-0.84	0.11	-0.80	0.13
57	-0.67	0.12	-0.79	0.22
58	-0.50	0.04	-0.62	0.17
59	-0.62	0.16	-0.79	0.13
60	-0.78	0.24	-0.70	0.20
61	-0.73	0.23	-0.80	0.19
62	-0.67	0.19	-0.83	0.12
63	-0.65	0.20	-0.61	0.23
64	-0.80	0.07	-0.62	0.18
65	-0.89	0.21	-0.73	0.20
66	-0.83	0.16	-0.75	0.12
67	-0.70	0.07	-0.86	0.15
68	-0.87	0.16	-0.73	0.19
69	-0.81	0.20	-0.73	0.19
70	-0.94	0.23	-1.04	0.11
71	-0.94	0.21	-1.13	0.13
72	-1.09	0.04	-1.23	0.09

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลค่าแรงคัตชนิด 2 แกน(biaxial bending strength) ที่ได้จากการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

หน่วย : N/mm^2

ส่วนผสมที่	ทดลองครั้งที่ 1		ทดลองครั้งที่ 2	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	210.52	12.04	219.52	15.63
2	302.76	13.29	284.40	11.81
3	323.02	16.70	317.08	15.56
4	323.38	11.66	336.08	9.59
5	329.92	13.11	338.24	8.77
6	321.33	7.74	327.69	15.57
7	280.69	9.79	296.99	14.94
8	414.77	14.92	409.99	11.71
9	495.14	11.47	510.59	15.40
10	525.49	14.18	539.40	18.60
11	492.55	12.49	483.59	10.74
12	473.02	14.93	478.77	10.22
13	439.16	15.01	453.47	12.58
14	574.40	16.64	582.70	10.84
15	628.90	6.87	616.95	17.36
16	652.78	12.57	659.53	13.12
17	557.01	12.95	571.51	8.12
18	505.62	13.16	519.24	14.43
19	440.62	10.79	430.32	15.52
20	497.23	16.37	501.54	13.62
21	509.35	12.80	518.98	8.02
22	493.09	14.24	507.40	13.85
23	493.89	12.62	481.54	10.05
24	461.38	7.42	459.07	15.89

ตารางที่ 3(ต่อ) แสดงข้อมูลค่าแรงค้ำชนิด 2 แกน(biaxial bending strength)

หน่วย : N/mm²

ส่วนผสมที่	ทดลองครั้งที่ 1		ทดลองครั้งที่ 2	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
25	207.84	10.56	200.68	16.81
26	246.51	12.79	231.61	16.60
27	250.36	13.16	245.97	13.11
28	252.91	7.83	262.05	7.17
29	259.15	14.72	246.79	15.41
30	241.91	11.07	251.57	11.93
31	214.56	16.39	220.93	11.69
32	255.87	15.55	272.43	9.97
33	273.38	10.28	264.19	14.99
34	271.83	11.44	276.45	12.27
35	274.28	15.89	268.34	13.06
36	267.31	16.25	271.63	14.93
37	235.38	11.27	226.24	13.39
38	266.68	16.00	273.59	13.09
39	284.22	8.43	276.63	12.28
40	286.82	11.27	295.09	14.71
41	283.70	7.61	288.01	8.66
42	282.56	10.86	275.07	10.49
43	230.06	13.98	224.17	13.69
44	253.14	13.66	264.60	11.99
45	265.10	11.20	257.39	15.21
46	265.95	16.38	271.36	16.30
47	269.06	8.34	262.70	11.78
48	264.63	13.90	253.67	10.92

ตารางที่ 3(ต่อ) แสดงข้อมูลค่าแรงค้ำคชนิค 2 แกน(biaxial bending strenth)

หน่วย : N/mm²

ส่วนผสมที่	ทดลองครั้งที่ 1		ทดลองครั้งที่ 2	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
49	134.75	9.86	125.66	13.19
50	143.51	11.04	137.77	14.14
51	142.69	15.83	147.66	16.93
52	156.20	8.94	168.05	15.20
53	160.03	6.63	167.00	10.82
54	151.88	10.24	159.03	11.21
55	129.65	9.11	139.60	12.32
56	151.22	7.82	141.52	12.45
57	151.86	12.61	144.68	10.10
58	169.31	13.10	175.06	15.99
59	188.77	14.38	195.52	16.71
60	174.97	14.68	183.34	8.11
61	143.52	15.25	129.22	16.33
62	140.98	14.19	153.49	16.45
63	156.27	11.50	147.16	16.57
64	164.76	14.98	170.53	10.51
65	186.52	12.46	176.20	16.34
66	178.58	10.61	172.26	13.50
67	130.60	10.19	135.71	15.14
68	147.59	13.05	143.70	11.48
69	151.04	9.11	144.01	15.80
70	159.71	11.36	171.64	7.74
71	176.77	15.25	171.59	14.92
72	171.73	7.78	162.58	13.75

ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น(modulus elongation) ที่ได้จากการทดลอง ซ้ำ 2 ครั้ง

หน่วย : N/mm^2

ส่วนผสมที่	ทดลองครั้งที่ 1		ทดลองครั้งที่ 2	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	2106.64	187.97	2367.54	191.11
2	3368.49	152.03	3617.97	187.62
3	4491.50	117.27	4294.42	156.33
4	4562.19	216.75	4802.61	237.82
5	4338.49	131.05	4167.33	193.84
6	3701.83	87.64	3845.11	212.05
7	3398.78	166.25	3088.90	236.88
8	4874.36	227.75	5115.32	146.69
9	5513.91	194.36	5649.79	158.39
10	5711.60	172.67	5542.14	145.72
11	6129.04	164.92	6277.32	152.91
12	5973.23	182.08	5799.91	197.32
13	4970.73	177.56	5282.48	155.16
14	5758.03	171.47	5585.07	240.20
15	7547.31	158.47	7390.95	185.12
16	8575.90	177.01	8383.02	171.42
17	7547.36	143.43	7690.70	150.53
18	7460.87	233.45	7729.05	142.37
19	4363.67	164.68	4627.24	128.68
20	5283.09	156.03	5042.55	124.25
21	6925.35	225.59	6754.22	120.69
22	8041.37	190.88	7790.07	110.34
23	7668.13	221.08	7946.73	143.85
24	7492.40	191.74	7686.51	133.52

ตารางที่ 4(ต่อ) แสดงข้อมูลค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น(modulus elongation)

หน่วย : N/mm²

ส่วนผสมที่	ทดลองครั้งที่ 1		ทดลองครั้งที่ 2	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
25	2255.97	227.05	2107.63	196.32
26	2183.80	230.03	2372.22	203.17
27	2376.91	131.30	2231.89	213.03
28	2475.21	198.30	2353.97	196.53
29	2756.40	168.22	2898.18	219.90
30	2429.17	170.82	2617.75	174.66
31	2117.48	149.04	2364.94	153.88
32	2066.26	185.73	2466.47	213.04
33	2612.24	154.10	2321.22	102.04
34	2978.06	224.04	2785.32	197.91
35	2417.49	150.21	2696.47	167.60
36	2606.92	159.14	2461.03	178.29
37	2574.40	216.37	2753.28	228.78
38	3589.06	182.80	3399.82	178.69
39	4061.04	153.22	3788.06	216.02
40	3900.37	154.65	4216.31	128.04
41	4764.95	141.94	5003.05	209.22
42	3939.72	234.30	3752.50	164.91
43	2498.17	182.44	2306.24	143.05
44	2547.58	130.38	2338.50	220.77
45	2453.24	164.12	2717.00	122.89
46	3348.47	122.92	3214.83	119.03
47	3378.57	184.35	3526.68	188.05
48	2726.24	174.18	2864.79	195.65

ตารางที่ 4(ต่อ) แสดงข้อมูลค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น(modulus elongation)

หน่วย : N/mm²

ส่วนผสมที่	ทดลองครั้งที่ 1		ทดลองครั้งที่ 2	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
49	1635.15	93.36	1365.49	192.90
50	1450.99	141.00	1697.11	208.41
51	1538.09	102.99	1719.73	249.88
52	1928.75	140.63	1627.19	188.95
53	2344.74	127.54	2173.51	156.87
54	1719.31	185.39	1590.59	229.71
55	1897.10	157.46	1555.30	128.69
56	1651.54	148.70	1894.78	178.30
57	1989.37	189.50	1708.61	134.15
58	2102.58	128.63	1796.82	157.40
59	2452.64	110.08	2621.58	126.56
60	1746.28	201.86	1929.42	186.15
61	1718.88	150.18	1846.52	141.18
62	1689.12	247.30	1844.02	190.61
63	1688.85	248.96	1886.55	197.04
64	2048.92	92.98	1843.77	241.74
65	2123.66	221.07	1948.66	205.19
66	1599.73	157.49	1789.34	238.77
67	1718.16	236.35	1855.94	135.82
68	1841.35	143.89	1744.73	238.41
69	1620.89	140.28	1737.83	175.16
70	1712.10	168.36	1907.11	165.72
71	1941.35	211.85	1738.09	171.19
72	1846.68	153.04	1673.20	161.48

ตารางที่ 5 แสดงข้อมูลค่าความแข็ง(harness) ที่ได้จากการทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

หน่วย : HRT

ส่วนผสมที่	ทดลองครั้งที่ 1		ทดลองครั้งที่ 2	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	47.35	3.63	44.26	1.14
2	50.49	2.23	47.84	1.58
3	52.78	2.50	54.72	3.25
4	56.71	2.14	55.02	1.00
5	56.54	1.38	58.43	0.80
6	62.62	1.38	61.19	0.91
7	46.13	1.17	50.61	1.20
8	58.10	2.80	51.23	1.18
9	67.04	2.24	68.94	2.15
10	68.29	3.39	70.79	2.11
11	70.03	2.30	73.10	0.97
12	76.52	1.17	75.09	1.74
13	57.97	2.56	54.88	3.40
14	65.85	2.55	63.16	1.93
15	68.11	2.47	71.46	3.41
16	72.68	2.52	76.99	3.44
17	79.00	3.61	75.31	0.70
18	81.39	2.97	77.96	2.57
19	67.42	3.00	63.48	1.20
20	69.26	1.49	74.02	0.62
21	73.24	2.24	77.17	1.38
22	76.82	3.07	79.69	2.42
23	82.11	2.65	76.42	3.27
24	83.93	0.41	79.07	2.00

ตารางที่ 5(ต่อ) แสดงข้อมูลค่าความแข็ง(harness)

หน่วย : HRT

ส่วนผสมที่	ทดลองครั้งที่ 1		ทดลองครั้งที่ 2	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
25	23.62	2.19	21.32	2.20
26	21.33	2.54	24.96	0.49
27	24.41	1.56	25.34	1.18
28	27.36	2.16	23.67	1.98
29	28.02	0.29	25.76	3.67
30	27.99	3.61	26.25	3.52
31	20.84	0.36	25.75	1.38
32	26.08	2.15	23.39	1.24
33	27.30	0.97	24.14	1.45
34	26.40	3.53	26.90	1.67
35	25.57	0.83	28.53	2.65
36	30.10	3.63	31.24	2.78
37	25.30	1.78	26.39	2.72
38	28.21	2.68	24.75	2.39
39	30.30	3.67	26.36	1.02
40	29.52	2.05	31.83	3.43
41	35.68	1.17	31.99	0.54
42	38.23	3.44	32.80	0.64
43	30.02	3.12	26.52	1.65
44	34.06	0.68	29.34	1.67
45	28.59	1.37	35.82	2.69
46	34.74	2.65	37.12	0.98
47	36.42	3.31	40.12	2.77
48	47.53	3.00	42.88	2.10

ตารางที่ 5(ต่อ) แสดงข้อมูลค่าความแข็ง(harness)

หน่วย : HRT

ส่วนผสมที่	ทดลองครั้งที่ 1		ทดลองครั้งที่ 2	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
49	13.97	0.21	12.32	3.25
50	15.09	0.62	14.00	3.38
51	16.54	1.61	13.25	2.86
52	15.39	0.92	14.89	0.75
53	16.47	3.56	17.91	1.74
54	17.36	0.97	20.33	0.67
55	21.30	2.68	14.99	3.56
56	21.15	3.69	19.81	1.76
57	20.24	3.52	21.99	1.91
58	23.31	3.42	20.82	0.09
59	22.10	0.67	25.46	0.65
60	24.73	0.28	24.43	2.76
61	21.03	1.06	16.57	2.16
62	22.99	3.65	20.69	3.03
63	25.43	0.65	21.13	0.66
64	22.31	3.57	26.04	0.16
65	26.56	1.48	24.66	1.77
66	28.62	1.48	24.78	2.08
67	18.64	1.75	20.26	0.69
68	23.80	3.29	21.50	0.13
69	23.59	1.78	25.49	1.15
70	28.93	3.35	23.49	2.25
71	29.20	3.50	25.76	0.66
72	31.08	0.66	30.20	1.95

ภาคผนวก ข

ผลการวิเคราะห์ส่วนผสมในผงโลหะผสมโดยวิธีการฉายรังสีเอ็กซ์

1. ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนผสมในผงโลหะผสม ของส่วนผสมที่ 16

SEMQuant results. Listed at 15:09:20 PM on 09/04/97
 Operator : Boonlaer
 Client : Samchai
 Job : powder
 Spectrum label :

System resolution = 98 eV

Quantitative method : ZAF (3 iterations) .
 Analysed all elements and normalised results.

6 peaks possibly omitted : 1.42, 1.76, 4.70,
 12.78, 13.42, 14.46 keV

Standards :

C K CaCO3 01/12/93
 Fe K Fe 01/12/93
 Cu K Cu 01/12/93

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	1.01	7.91
Fe K	ED	92.36	86.37
Cu K	ED	6.63	5.72
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

2. ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนผสมในผงโลหะผสม ของส่วนผสมที่ 24

SEMQuant results. Listed at 14:07:36 PM on 09/04/97
 Operator : Boonlaer
 Client : Samchai
 Job : powder
 Spectrum label :

System resolution = 98 eV

Quantitative method : ZAF (3 iterations) .
 Analysed all elements and normalised results.

6 peaks possibly omitted : 1.74, 2.32, 3.44,
 3.68, 12.80, 13.46 keV

Standards :

C K CaCO3 01/12/93
 Fe K Fe 01/12/93
 Cu K Cu 01/12/93

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	1.34	7.87
Fe K	ED	89.28	83.68
Cu K	ED	9.38	8.45
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

- 3. ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนผสมในผงโลหะผสม ของส่วนผสมที่ 40

SEMQuant results. Listed at 15:23:32 PM on 09/04/97
 Operator : Boonlaer
 Client : Samchai
 Job : powder
 Spectrum label :

System resolution = 98 eV

Quantitative method : ZAF (3 iterations) .
 Analysed all elements and normalised results.

5 peaks possibly omitted : 1.46, 1.74, 3.68,
 12.80, 13.42 keV

Standards :

C K CaCO3 01/12/93
 Fe K Fe 01/12/93
 Cu K Cu 01/12/93

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
C K	ED	0.94	4.31
Fe K	ED	93.90	92.21
Cu K	ED	5.16	3.48
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

4. ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนผสมในผงโลหะผสม ของส่วนผสมที่ 48

SEMQuant results. Listed at 14:37:06 PM on 09/04/97
 Operator : Boonlaer
 Client : Samchai
 Job : powder
 Spectrum label :

System resolution = 98 eV

Quantitative method : ZAF (3 iterations) .
 Analysed all elements and normalised results.

5 peaks possibly omitted : 1.46, 1.76, 3.68,
 12.78, 13.42 keV

Standards :

C K CaCO3 01/12/93
 Fe K Fe 01/12/93
 Cu K Cu 01/12/93

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
C K	ED	1.11	6.41
Fe K	ED	88.47	85.14
Cu K	ED	10.42	8.45
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

5. ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนผสมในผงโลหะผสม ของส่วนผสมที่ 64

SEMQuant results. Listed at 15:55:50 PM on 09/04/97
 Operator : Boonlaer
 Client : Samchai
 Job : powder
 Spectrum label :

System resolution = 98 eV

Quantitative method : ZAF (3 iterations) .
 Analysed all elements and normalised results.

5 peaks possibly omitted : 1.76, 2.30, 3.70,
 12.78, 13.46 keV

Standards :

C K CaCO3 01/12/93
 Fe K Fe 01/12/93
 Cu K Cu 01/12/93

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
C K	ED	0.71	7.12
Fe K	ED	94.17	89.46
Cu K	ED	5.12	3.42
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

6. ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนผสมในผงโลหะผสม ของส่วนผสมที่ 72

SEMQuant results. Listed at 14:56:37 PM on 09/04/97
 Operator : Boonlaer
 Client : Samchai
 Job : powder
 Spectrum label :

System resolution = 98 eV

Quantitative method : ZAF (3 iterations) .
 Analysed all elements and normalised results.

4 peaks possibly omitted : 1.76, 3.70, 12.80,
 13.42 keV

Standards :

C K CaCO3 01/12/93
 Fe K Fe 01/12/93
 Cu K Cu 01/12/93

Elmt	Spect: Type	Element %	Atomic %
C K	ED	1.04	5.62
Fe K	ED	89.18	86.85
Cu K	ED	9.78	7.53
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

ภาคผนวก-ค

ตัวอย่างผลการทดสอบคุณสมบัติของชิ้นงานด้วยเครื่องทดสอบแรงดัดชนิด 2 แกน

"Compression to Extension (N) Bottom Zone"

"Product Code","POWER1120"

"Batch Reference","0 Cu-0 C"

"Product Descript.", ""

"Date","3.2.97"

"Operator","SAMCHAI"

"Temperature [C]", ""

"Relative Humidity", ""

,Load Range,15000,N

Extension Range,4,mm

Test Speed,2,mm/min

Test End Point,3.8,mm

Auto Reverse,ON,

,"Max Load", "Displacement at Max"

,"N", "mm"

" 1",1376,0.810

" 2",1281,0.754

" 3",1338,0.762

" 4",1116,0.750

" 5",1083,0.668

" 6",1215,0.701

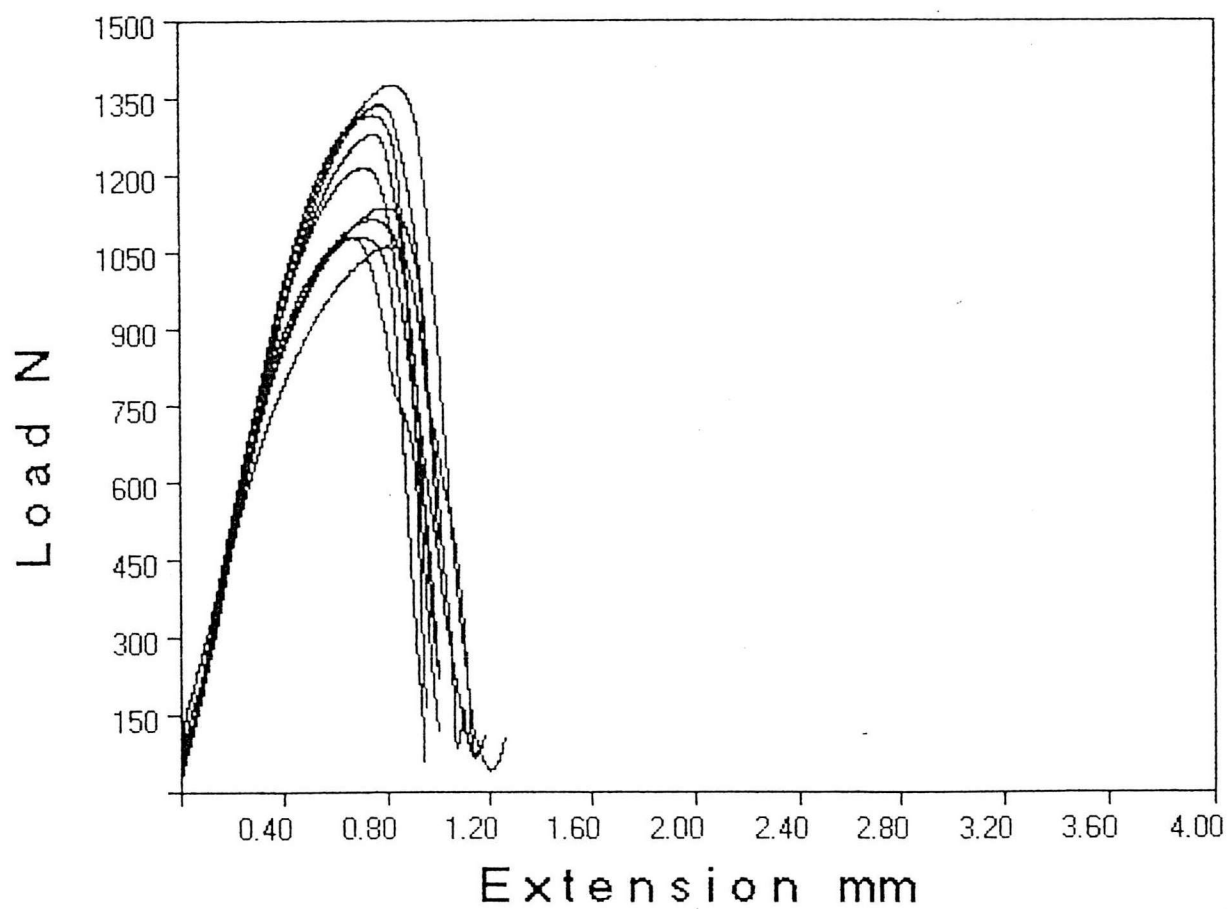
" 7",1138,0.780

" 8",1083,0.677

" 9",1065,0.808

" 10",1319,0.751

"Mean",1201,0.746,
"Median",1176,0.753,
"Std.Dev.",119,0.050,
"Range",311,0.142,
"Coe.Var.",10,6.665
"Minimum",1065,0.668,
"Maximum",1376,0.810,



ภาคผนวก ง

ตัวอย่างโปรแกรมคำสั่ง และผลการทดสอบด้วยโปรแกรม SPSS

1. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลแรงค้ำชนิด 2 แกน

ANOVA

VARIABLES=bending

BY copper(0 10) carbon1(0 3) temp1(0 2)

/MAXORDERS 3

/STATISTICS MCA MEAN

/METHOD EXPERIM

/FORMAT LABELS .

*** ANALYSIS OF VARIANCE ***

BENDING
by COPPER
CARBON1
TEMP1
EXPERIMENTAL sums of squares
Covariates entered FIRST

Source of Variation	Sum of Squares	DF	Mean Square	F	Sig. of F
Main Effects	2417265.326	10	241726.533	6555.806	.000
COPPER	100990.631	5	20198.126	547.788	.000
CARBON1	190052.254	3	63350.751	1718.120	.000
TEMP1	2126222.441	2	1063111.221	28832.377	.000
2-Way Interactions	310641.868	31	10020.705	271.769	.000
COPPER CARBON1	14948.475	15	996.565	27.028	.000
COPPER TEMP1	51285.697	10	5128.570	139.091	.000
CARBON1 TEMP1	244407.696	6	40734.616	1104.753	.000
3-Way Interactions	25106.682	30	836.889	22.697	.000
COPPER CARBON1 TEMP1	25106.682	30	836.889	22.697	.000
Explained	2753013.876	71	38774.843	1051.603	.000
Residual	2654.794	72	36.872		
Total	2755668.669	143	19270.410		

144 cases were processed.

0 cases (.0 pct) were missing.

Multiple R Squared .877

Multiple R .937

2. การวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลแรงค้ำชนิด 2 แกน

REGRESSION

/MISSING LISTWISE

/STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA

/CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)

/NOORIGIN

/DEPENDENT bending

/METHOD=STEPWISE copper carbon temp cop_cop car_car temp_tep cop_car

cop_temp car_temp .

*** MULTIPLE REGRESSION ***

Equation Number 1 Dependent Variable.. BENDING

Variable(s) Entered on Step Number

6.. COP_COP

Multiple R .96233
 R Square .92608
 Adjusted R Square .92284
 Standard Error 38.56025

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	6	2551964.37406	425327.39568
Residual	137	203704.29520	1486.89267

F = 286.05118 Signif F = .0000

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
CARBON	-455.894628	74.485845	-1.473829	-6.121	.0000
TEMP	.662128	.055710	.482349	11.885	.0000
COP_COP	-1.821687	.304066	-.468594	-5.991	.0000
CAR_CAR	-146.007378	20.083462	-.591059	-7.270	.0000
COP_TEMP	.023892	.003205	.589593	7.456	.0000
CAR_TEMP	.703447	.071300	2.268865	9.866	.0000
(Constant)	-473.300203	54.003048		-8.764	.0000

----- Variables not in the Equation -----

Variable	Beta	In Partial	Min Toler	T	Sig T
COPPER	.164024	.058069	.009265	.678	.4987
TEMP_TEP	-1.942286	-.191997	7.213E-04	-2.281	.0241
COP_CAR	-.075431	-.125825	.009126	-1.479	.1414

**** MULTIPLE REGRESSION ****

Equation Number 1 Dependent Variable.. BENDING

Variable(s) Entered on Step Number

7.. TEMP_TEP

Multiple R .96374
 R Square .92880
 Adjusted R Square .92514
 Standard Error 37.98173

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	7	2559473.48977	365639.06997
Residual	136	196195.17950	1442.61161

F = 253.45635 Signif F = .0000

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
CARBON	-455.894628	73.368333	-1.473829	-6.214	.0000
TEMP	3.327370	1.169488	2.423933	2.845	.0051
COP_COP	-1.821687	.299504	-.468594	-6.082	.0000
CAR_CAR	-146.007378	19.782150	-.591059	-7.381	.0000
TEMP_TEP	-.001324	5.8032E-04	-1.942286	-2.281	.0241
COP_TEMP	.023892	.003157	.589593	7.569	.0000
CAR_TEMP	.703447	.070231	2.268865	10.016	.0000
(Constant)	-1800.439348	584.123959		-3.082	.0025

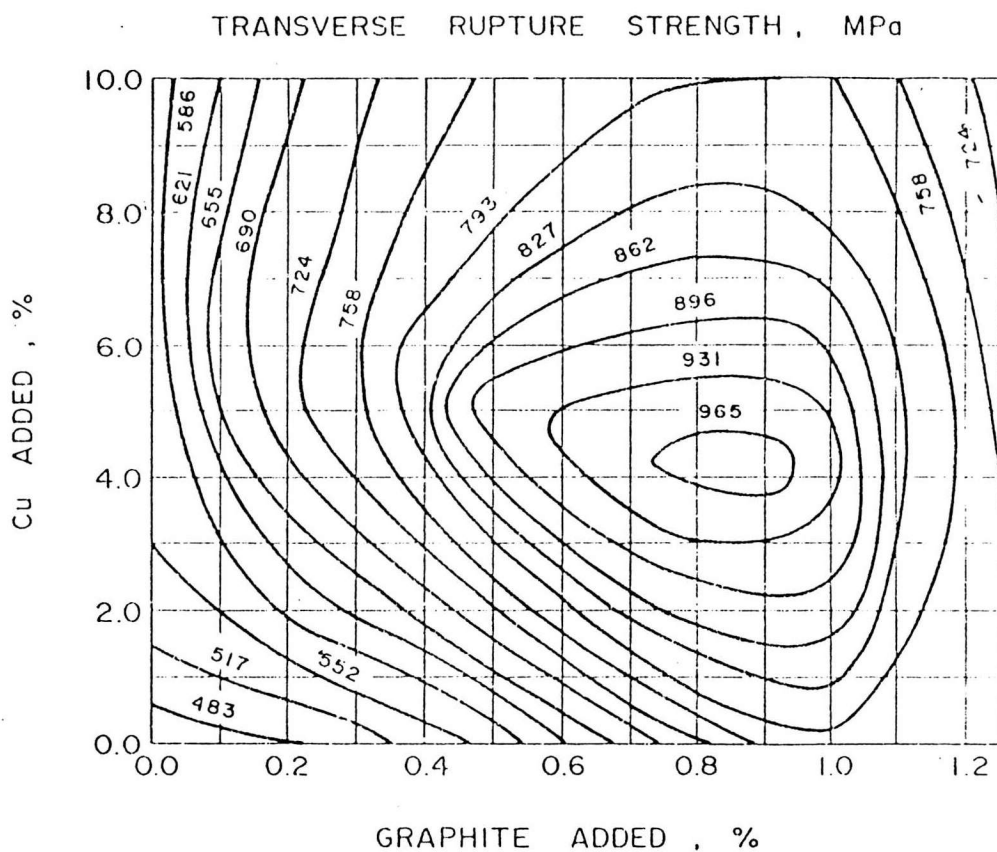
----- Variables not in the Equation -----

Variable	Beta	In Partial	Min Toler	T	Sig T
COPPER	.164024	.059170	7.203E-04	.689	.4922
COP_CAR	-.075431	-.128210	7.212E-04	-1.502	.1354

End Block Number 1 PIN = .050 Limits reached.

ภาคผนวก จ

กราฟแสดงผลของค่าความแข็งแรงในการรับแรงดัดชนิด 3 จุด
ของผงโลหะผสม ระหว่าง ทองแดง และ แกรไฟต์ ที่มีผงเหล็กเป็นองค์ประกอบหลัก
ที่อุณหภูมิการเผา 1120 องศาเซลเซียส



ประวัติผู้เขียน

นายสามชัย จิระภัทรศิลป์ เกิดเมื่อวันที่ 2 มกราคม พ.ศ. 2515 ที่จังหวัดราชบุรี สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม จากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในปีการศึกษา 2536 หลังจากนั้นได้เข้าทำงานกับ บริษัท ซีเอช โอโตพาร์ท จำกัด จ.สมุทรปราการ แล้วจึงเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2538