รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

นฤมล สุวรรณจันทร์ดี, การสังเคราะห์และศึกษาสมบัติพิเศษเฉพาะตัวของเซรามิกซ์ไฮดรอกซี่อะพาไทต์. ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.

สมเกียรติ์ ภคภิญโญ และ ลลิตา บริสุทธิ์, การขึ้นรูปไฮดรอกซี่อะพาไทต์ชนิดที่มีรูพรุน. ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.

ภาษาอังกฤษ

Aizawa, M., et al., Fabrication of porous ceramic with well-controlled open pores by sintering of fibrous Hydroxyapatite particles, Journal of the Ceramic Society of Japan. 108, 3 (March 2000) : 249-253.

C373-88, Standard Test Method for Apparent Porosity of Fired Whiteware Products. American Society for testing and Materials, Philadelphia, PA (1997).

Callister, W. D., Materials Science and Engineering. New York : John Wiley & Sons, 2000.

Golden, D. C., Nutrient-Substituted Hydroxyapatite: Synthesis and Characterization. American Soil Science Society, 63 (May 1999) : 657-664.

Hench, L. L., Bioceramics, Journal of the American Ceramic Society. 81, 7 (1998) : 1705-1728.

Kositamongkol, W., Strengthening of Hydroxyapatite Prepared from Cattle Bone Ash by Inducting Compressive Surface. Master's Thesis, Graduated School, Chulalongkorn University, 1995.

Lu, J. X., et al., Role of Interconnections in porous Bioceramics on bone recolonization in Vitro and Vivo, Journal of Material Science-Material in Medicine. 10, 2 (February 1999) : 111-120.

Pongkao, D., Dissolution Behavior of Hydroxyapatite Prepare from Cattle Bone Ash. Master's Thesis, Graduated School, Chulalongkorn University, 1995.

Raynaud, S., et al., Synthesis sintering and Mechanical Characteristics of Non-Stoichiometric Apatite Ceramics. Bioceramics. 11 (November 1998) : 109-112.

Ribeiro, A. S., et al., Two New Routes for Producing Porous Bioactive Ceramics Polyurethane Precursors and Microwave Baking, Bioceramics. 11 (November 1998) : 735-738.

Rodriquez-Lorenzo, L. M., et al., Processing of Porous Hydroxyapatite by Starch Consolidation, Bioceramics. 11 (November 1998) : 89-92.

Suchanek, W. and Yoshimura, M., Processing and properties of Hydroxyapatite-based Biomaterials for use as hard tissue replacement implant, Journal of Material Research. 13, 1 (January 1998) : 94-117.

Thomas, M. E., et al, Macroporous Synthetic Hydroxyapatite Bioceramics for bone substitute applications, South African Journal of Science. 95, 8 (August 1999) : 359-363.

U. S. patent 3,929,971 Roy, D. M., Porous Biomaterials and Method of making the same. 1975.

Vargas, G., et al., Effect of Ultrasonic Vibration on the Particle Size Distribution of Hap Chemically Precipitatied from Ca(OH)2 and H3PO4, Bioceramics. 11 (November 1998) : 711-714.

Wongpichedchai, S., Motility Eye Implants Eye Prostheses and Hemifacial Prosthetics 1995-1999, Royal Thai Army Medical Journal. 52, 2 (November 1999) : 35-48.

ภาคผนวก

ภาคผนวก - ก

ข้อมูลผลการทดลองสมบัติทางกายภาพ และทางกล

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลของค่าเปอร์เซ็นต์ความพรุน (% Porosity)

ชิ้นงาน	ลำดับที่	M (กรัม)	S (กรัม)	D (กรัม)	M - S	M - D	เปอร์เซ็นต์ความพรุน (M-D) / (M-S)*100 (%)
SA1	1	6.36	2.39	5.80	3.97	0.56	14.2
SA1	2	6.75	2.60	6.12	4.15	0.63	15.3
SA1	3	6.53	2.56	5.94	3.97	0.59	14.8
SA2	1	6.47	2.53	5.85	3.94	0.62	15.7
SA2	2	6.63	2.63	5.99	4.00	0.64	16.0
SA2	3	7.09	2.84	6.33	4.25	0.76	18.0
SA3	1	6.62	2.12	5.25	4.50	1.37	30.5
SA3	2	6.30	2.20	5.14	4.10	1.16	28.4
SA3	3	7.20	2.80	6.04	4.40	1.16	26.3
SA4	1	6.43	3.34	5.14	3.09	1.29	41.6
SA4	2	6.79	3.59	5.39	3.20	1.40	43.7
SA4	3	7.07	3.32	5.57	3.75	1.50	39.9
SA5	1	8.59	4.38	6.34	4.21	2.25	53.4
SA5	2	8.82	4.57	6.50	4.25	2.32	54.6
SA5	3	8.15	4.00	6.02	4.15	2.13	51.3
SA6	1	9.48	5.43	6.41	4.05	3.07	75.8
SA6	2	10.41	6.02	7.11	4.39	3.30	75.2
SA6	3	9.77	5.54	6.64	4.23	3.13	73.9
SB1	1	6.50	3.57	4.56	2.93	1.94	66.2
SB1	2	9.01	5.12	6.04	3.89	2.97	76.3
SB1	3	7.48	4.13	5.04	3.35	2.44	72.8
SB2	1	8.53	4.25	6.48	4.28	2.05	47.9
SB2	2	7.13	3.42	5.64	3.71	1.49	40 2
SB2	3	7.83	3.84	6.01	3.99	1.82	45.6

ตารางที่ 1 (ต่อ) แสดงข้อมูลของค่าเปอร์เซ็นต์ความพรุน (% Porosity)

ชิ้นงาน	ลำดับที่	M (กรัม)	S (กรัม)	D (กรัม)	M - S	M - D	เปอร์เซ็นต์ความพรุน (M-D) / (M-S)*100 (%)
SB3	1	7.16	3.14	5.66	4.02	1.50	37.3
SB3	2	7.58	3.17	6.25	4.41	1.33	30.2
SB3	3	6.35	3.37	5.40	2.98	0.95	31.9
SB4	1	8.06	4.13	6.88	3.93	1.18	30.0
SB4	2	7.19	3.75	6.22	3.44	0.97	28.2
SB4	3	7.22	3.37	6.06	3.85	1.16	30.1
SC1	1	7.45	3.99	5.23	3.46	2.22	64.2
SC1	2	10.07	5.35	7.10	4.72	2.97	62.9
SC1	3	7.87	4.30	5.53	3.57	2.34	65.5
SC2	1	8.76	4.07	7.05	4.69	1.71	36.5
SC2	2	8.64	3.85	7.17	4.79	1.47	30.7
SC2	3	11.94	5.87	9.10	6.07	2.84	46.8
SC3	1	7.00	3.14	5.90	3.86	1.10	28.5
SC3	2	9.77	4.36	8.13	5.41	1.64	30.3
SC3	3	9.28	4.17	7.76	5.11	1.52	29.7
SC4	1	8.34	3.78	7.06	4.56	1.28	28.1
SC4	2	8.70	3.98	7.32	4.72	1.38	29.2
SC4	3	8.30	3.75	7.02	4.55	1.28	28.1
SD1	1	6.22	3.35	4.53	2.87	1.69	58.9
SD1	2	6.12	3.04	4.91	3.08	1.21	39.3
SD1	3	7.77	3.84	5.77	3.93	2.00	50.9
SD2	1	5.72	2.17	4.40	3.55	1.32	37.2
SD2	2	4.80	2.17	4.04	2.63	0.76	28.9
SD2	3	6.43	2.57	5.26	3.86	1.17	30.3
SD3	1	5.20	2.36	4.42	2.84	0.78	27.5
SD3	2	6.52	2.86	5.49	3.66	1.03	28.1
SD3	3	6.05	2.80	5.16	3.25	0.89	27.4

ตารางที่ 1 (ต่อ) แสดงข้อมูลของค่าเปอร์เซ็นต์ความพรุน (% Porosity)

ชิ้นงาน	ลำดับที่	M (กรัม)	S (กรัม)	D (กรัม)	M - S	M - D	เปอร์เซ็นต์ความพรุน (M-D) / (M-S)*100 (%)
SD4	1	7.12	3.59	6.28	3.53	0.84	23.8
SD4	2	7.26	2.23	5.91	5.03	1.35	26.8
SD4	3	7.07	2.64	5.98	4.43	1.09	24.6
PA1	1	6.49	3.46	5.45	3.03	1.04	34.5
PA1	2	6.35	3.76	5.50	2.59	0.85	33.8
PA1	3	6.78	3.21	5.55	3.57	1.23	34.3
PA2	1	7.32	3.61	6.50	3.71	0.82	23.1
PA2	2	7.54	3.49	6.65	4.05	0.89	21.4
PA2	3	6.98	3.49	6.20	3.49	0.78	22.2
PA3	1	7.46	3.66	6.70	3.80	0.76	19.2
PA3	2	7.32	3.87	6.65	3.45	0.67	18.6
PA3	3	7.18	3.54	6.50	3.64	0.68	18.4
PA4	1	7.01	3.18	6.30	3.83	0.71	18.4
PA4	2	6.77	3.15	6.10	3.62	0.67	18.3
PA4	3	6.72	3.25	6.10	3.47	0.62	17.9
PA5	1	6.96	2.85	6.25	4.11	0.71	17.6
PA5	2	6.73	2.95	6.10	3.78	0.63	16.9
PA5	3	6.85	2.96	6.15	3.89	0.70	17.1
PA6	1	7.65	3.10	6.30	4.55	1.35	31.2
PA6	2	7.56	2.95	6.20	4.61	1.36	29.6
PA6	3	7.96	2.89	6.55	5.07	1.41	28.6

ตารางที่ 1 (ต่อ) แสดงข้อมูลของค่าเปอร์เซ็นต์ความพรุน (% Porosity)

ชิ้นงาน	ลำดับที่	M (กรัม)	S (กรัม)	D (กรัม)	M - S	M - D	เปอร์เซ็นต์ความพรุน (M-D) / (M-S)*100 (%)
PB1	1	7.65	3.25	6.25	4.40	1.40	32.5
PB1	2	7.98	3.58	6.21	4.40	1.77	40.0
PB1	3	7.96	3.63	6.34	4.33	1.62	38.6
PB2	1	7.88	3.33	6.12	4.55	1.76	38.7
PB2	2	8.04	3.43	6.25	4.61	1.79	39.5
PB2	3	7.87	3.56	6.15	4.31	1.72	39.9
PB3	1	6.86	3.78	5.53	3.08	1.33	43.1
PB3	2	7.78	3.59	5.95	4.19	1.83	44.9
PB3	3	6.84	3.48	5.37	3.36	1.47	43.4
PC1	1	7.32	3.86	6.35	3.46	0.97	27.4
PC1	2	7.54	3.57	6.29	3.97	1.25	31.1
PC1	3	7.41	3.36	6.37	4.05	1.04	25.4
PC2	1	7.55	3.45	6.18	4.10	1.37	33.3
PC2	2	7.26	3.55	5.80	3.71	1.46	39.1
PC2	3	7.22	3.67	5.96	3.55	1.26	35.0
PC3	1	7.38	3.87	6.00	3.51	1.38	38.3
PC3	2	7.43	3.85	5.85	3.58	1.58	45.2
PC3	3	7.56	3.74	6.12	3.82	1.44	37.3
PD1	1	7.23	3.65	6.32	3.58	0.91	25.6
PD1	2	7.42	3.41	6.55	4.01	0.87	21.6
PD1	3	7.28	3.76	6.42	3.52	0.86	24.6
PD2	1	7.51	3.44	6.35	4.07	1.16	28.3
PD2	2	7.32	3.61	6.24	3.71	1.08	28.9
PD2	3	7.24	3.69	6.17	3.55	1.07	30.6
PD3	1	7.43	3.82	6.15	3.61	1.28	35.9
PD3	2	7.19	3.85	6.09	3.34	1.10	32.6
PD3	3	7.31	3.75	6.14	3.56	1.17	32.3

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลของค่าความหนาแน่นบัลค์ (Bulk Density)

ชิ้นงาน	ลำดับที่	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ความหนา (มิลลิเมตร)	ปริมาตร (ลูกบาศก์เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	ความหนาแน่นบัลค์ (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)
SA1	1	18.10	13.10	3.37	5.80	1.72
SA1	2	17.40	14.60	3.47	6.12	1.76
SA1	3	17.40	14.50	3.45	5.94	1.72
SA2	1	18.50	13.10	3.52	5.85	1.66
SA2	2	18.00	13.90	3.54	5.99	1.69
SA2	3	19.00	13.80	3.91	6.33	1.62
SA3	1	17.50	13.40	3.22	5.25	1.63
SA3	2	17.20	14.20	3.30	5.14	1.56
SA3	3	17.40	14.80	3.52	6.04	1.72
SA4	1	19.60	11.30	3.41	5.14	1.51
SA4	2	19.90	11.40	3.55	5.39	1.52
SA4	3	19.60	11.60	3.50	5.57	1.59
SA5	1	21.60	11.60	4.25	6.34	1.49
SA5	2	21.20	12.00	4.24	6.50	1.53
SA5	3	21.10	12.50	4.37	6.02	1.38
SA6	1	21.20	12.90	4.56	6.41	1.41
SA6	2	21.20	14.20	5.01	7.11	1.42
SA6	3	22.10	12.20	4.68	6.64	1.42
SB1	1	23.60	8.90	3.89	4.56	1.17
SB1	2	24.10	11.50	5.25	6.04	1.15
SB1	3	23.90	9.40	4.22	5.04	1.19
SB2	1	22.10	12.30	4.72	6.48	1.37
SB2	2	21.80	9.50	3.55	5.64	1.59
SB2	3	22.10	11.40	4.37	6.01	1.37
SB3	1	21.30	10.90	3.89	5.66	1.46
SB3	2	21.20	10.70	3.78	6.25	1.65
SB3	3	21.30	10.20	3.64	5.40	1.49

ตารางที่ 2 (ต่อ) แสดงข้อมูลของค่าความหนาแน่นบัลค์ (Bulk Density)

ชิ้นงาน	ลำดับที่	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ความหนา (มิลลิเมตร)	ปริมาตร (ลูกบาศก์เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	ความหนาแน่นบัลค์ (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)
SB4	1	21.10	11.30	3.95	6.88	1.74
SB4	2	21.30	10.70	3.81	6.22	1.63
SB4	3	21.50	10.40	3.78	6.06	1.60
SC1	1	23.80	9.30	4.14	5.23	1.26
SC1	2	24.00	12.70	5.75	7.10	1.24
SC1	3	24.20	10.00	4.60	5.53	1.20
SC2	1	21.40	12.10	4.35	7.05	1.62
SC2	2	21.50	12.30	4.47	7.17	1.60
SC2	3	21.40	13.50	4.86	9.10	1.87
SC3	1	21.60	10.70	3.92	5.90	1.50
SC3	2	21.80	11.80	4.41	8.13	1.85
SC3	3	21.70	11.50	4.25	7.76	1.82
SC4	1	21.50	10.90	3.96	7.06	1.78
SC4	2	22.10	11.10	4.26	7.32	1.72
SC4	3	23.20	10.10	4.27	7.02	1.64
SD1	1	21.60	9.30	3.41	4.53	1.33
SD1	2	19.80	10.60	3.27	4.91	1.50
SD1	3	21.80	12.20	4.56	5.77	1.27
SD2	1	18.80	9.10	2.53	4.40	1.74
SD2	2	18.50	8.80	2.37	4.04	1.71
SD2	3	18.90	10.40	2.92	5.26	1.80
SD3	1	18.60	9.70	2.64	4.42	1.68
SD3	2	18.50	11.20	3.01	5.49	1.82
SD3	3	18.90	10.10	2.83	5.16	1.82
SD4	1	20.90	10.70	3.67	6.28	1.71
SD4	2	19.90	10.10	3.14	5.91	1.88
SD4	3	19.50	10.40	3.11	5.98	1.92

ตารางที่ 2 (ต่อ) แสดงข้อมูลของค่าความหนาแน่นบัลค์ (Bulk Density)

ชิ้นงาน	ลำดับที่	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ความหนา (มิลลิเมตร)	ปริมาตร (ลูกบาศก์เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	ความหนาแน่นบัลค์ (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)
PA1	1	21.00	10.50	3.64	5.45	1.50
PA1	2	20.80	11.00	3.74	5.50	1.47
PA1	3	20.90	11.50	3.95	5.55	1.41
PA2	1	20.70	11.50	3.87	6.50	1.68
PA2	2	20.60	11.30	3.77	6.65	1.76
PA2	3	20.70	11.20	3.77	6.20	1.64
PA3	1	20.50	11.10	3.67	6.70	1.83
PA3	2	20.50	10.80	3.57	6.65	1.86
PA3	3	20.40	10.50	3.43	6.50	1.89
PA4	1	20.30	10.40	3.37	6.30	1.87
PA4	2	20.20	10.80	3.46	6.10	1.76
PA4	3	20.20	10.60	3.40	6.10	1.79
PA5	1	20.50	10.20	3.37	6.25	1.86
PA5	2	20.70	10.50	3.54	6.10	1.73
PA5	3	20.50	10.20	3.37	6.15	1.83
PA6	1	21.50	10.10	3.67	6.30	1.72
PA6	2	21.10	10.80	3.78	6.20	1.64
PA6	3	21.20	10.20	3.60	6.55	1.82

ตารางที่ 2 (ต่อ) แสดงข้อมูลของค่าความหนาแน่นบัลค์ (Bulk Density)

ชิ้นงาน	ลำดับที่	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ความหนา (มิลลิเมตร)	ปริมาตร (ลูกบาศก์เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	ความหนาแน่นบัลค์ (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)
PB1	1	22.00	10.70	4.07	6.25	1.54
PB1	2	22.10	10.70	4.11	6.21	1.51
PB1	3	22.40	10.60	4.18	6.34	1.52
PB2	1	21.70	10.80	4.00	6.12	1.52
PB2	2	22.50	10.40	4.14	6.25	1.51
PB2	3	21.80	10.90	4.07	6.15	1.51
PB3	1	21.60	10.00	3.67	5.53	1.51
PB3	2	22.20	10.40	4.03	5.95	1.48
PB3	3	21.50	10.20	3.70	5.37	1.45
PC1	1	20.00	12.70	3.99	6.35	1.59
PC1	2	20.30	12.30	3.98	6.29	1.58
PC1	3	20.50	11.90	3.93	6.37	1.62
PC2	1	21.00	11.60	4.02	6.18	1.54
PC2	2	20.50	11.60	3.83	5.80	1.51
PC2	3	21.10	11.20	3.92	5.96	1.52
PC3	1	21.00	11.40	3.95	6.00	1.52
PC3	2	20.80	11.60	3.94	5.85	1.48
PC3	3	20.80	11.80	4.01	6.12	1.53
PD1	1	19.50	13.40	4.00	6.32	1.58
PD1	2	20.00	12.30	3.87	6.55	1.69
PD1	3	19.80	13.00	4.00	6.42	1.60
PD2	1	20.10	12.60	4.00	6.35	1.59
PD2	2	20.00	12.60	3.96	6.24	1.58
PD2	3	20.00	12.70	3.99	6.17	1.55
PD3	1	20.00	12.60	3.96	6.15	1.55
PD3	2	20.80	11.60	3.94	6.09	1.54
PD3	3	19.90	12.80	3.98	6.14	1.54

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลของค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวเชิงเส้น (% Linear Shrinkage)

ชิ้นงาน	ลำดับที่	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)		เปอร์เซ็นต์การหดตัวเชิงเส้น
		ก่อนเผา	หลังเผา	(%)
SA1	1	25.00	18.10	27.6
SA1	2	25.00	17.40	30.4
SA1	3	25.00	17.40	30.4
SA2	1	25.00	18.50	26.0
SA2	2	25.00	18.00	28.0
SA2	3	25.00	19.00	24.0
SA3	1	25.00	17.50	30.0
SA3	2	25.00	17.20	31.2
SA3	3	25.00	17.40	30.4
SA4	1	25.00	19.60	21.6
SA4	2	25.00	19.90	20.4
SA4	3	25.00	19.60	21.6
SA5	1	25.00	21.60	13.6
SA5	2	25.00	21.20	15.2
SA5	3	25.00	21.10	15.6
SA6	1	25.00	21.20	15.2
SA6	2	25.00	21.20	15.2
SA6	3	25.00	22.10	11.6
SB1	1	25.00	23.60	5.6
SB1	2	25.00	24.10	3.6
SB1	3	25.00	23.90	4.4
SB2	1	25.00	22.10	11.6
SB2	2	25.00	21.80	12.8
SB2	3	25.00	22.10	11.6
SB3	1	25.00	21.30	14.8
SB3	2	25.00	21.20	15.2
SB3	3	25.00	21.30	14.8

ตารางที่ 3 (ต่อ) แสดงข้อมูลของค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวเชิงเส้น (% Linear Shrinkage)

ชิ้นงาน	ลำดับที่	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)		เปอร์เซ็นต์การหดตัวเชิงเส้น
		ก่อนเผา	หลังเผา	(%)
SB4	1	25.00	21.10	15.6
SB4	2	25.00	21.30	14.8
SB4	3	25.00	21.50	14.0
SC1	1	25.00	23.80	4.8
SC1	2	25.00	24.00	4.0
SC1	3	25.00	24.20	3.2
SC2	1	25.00	21.40	14.4
SC2	2	25.00	21.50	14.0
SC2	3	25.00	21.40	14.4
SC3	1	25.00	21.60	13.6
SC3	2	25.00	21.80	12.8
SC3	3	25.00	21.70	13.2
SC4	1	25.00	21.50	14.0
SC4	2	25.00	22.10	11.6
SC4	3	25.00	23.20	7.2
SD1	1	25.00	21.60	13.6
SD1	2	25.00	19.80	20.8
SD1	3	25.00	21.80	12.8
SD2	1	25.00	18.80	24.8
SD2	2	25.00	18.50	26.0
SD2	3	25.00	18.90	24.4
SD3	1	25.00	18.60	25.6
SD3	2	25.00	18.50	26.0
SD3	3	25.00	18.90	24.4
SD4	1	25.00	20.90	16.4
SD4	2	25.00	19.90	20.4
SD4	3	25.00	19.50	22.0

ตารางที่ 3 (ต่อ) แสดงข้อมูลของค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวเชิงเส้น (% Linear Shrinkage)

ชิ้นงาน	ลำดับที่	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)		เปอร์เซ็นต์การหดตัวเชิงเส้น (%)
		ก่อนเผา	หลังเผา	
PA1	1	25.00	21.00	16.0
PA1	2	25.00	20.80	16.8
PA1	3	25.00	20.90	16.4
PA2	1	25.00	20.70	17.2
PA2	2	25.00	20.60	17.6
PA2	3	25.00	20.70	17.2
PA3	1	25.00	20.50	18.0
PA3	2	25.00	20.50	18.0
PA3	3	25.00	20.40	18.4
PA4	1	25.00	20.30	18.8
PA4	2	25.00	20.20	19.2
PA4	3	25.00	20.20	19.2
PA5	1	25.00	20.50	18.0
PA5	2	25.00	20.70	17.2
PA5	3	25.00	20.50	18.0
PA6	1	25.00	21.50	14.0
PA6	2	25.00	21.10	15.6
PA6	3	25.00	21.20	15.2

ตารางที่ 3 (ต่อ) แสดงข้อมูลของค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวเชิงเส้น (% Linear Shrinkage)

ชิ้นงาน	ลำดับที่	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)		เปอร์เซ็นต์การหดตัวเชิงเส้น (%)
		ก่อนเผา	หลังเผา	
PB1	1	25.00	22.00	12.0
PB1	2	25.00	22.10	11.6
PB1	3	25.00	22.40	10.4
PB2	1	25.00	21.70	13.2
PB2	2	25.00	22.50	10.0
PB2	3	25.00	21.80	12.8
PB3	1	25.00	21.60	13.6
PB3	2	25.00	22.20	11.2
PB3	3	25.00	21.50	14.0
PC1	1	25.00	20.00	20.0
PC1	2	25.00	20.30	18.8
PC1	3	25.00	20.50	18.0
PC2	1	25.00	21.00	16.0
PC2	2	25.00	20.50	18.0
PC2	3	25.00	21.10	15.6
PC3	1	25.00	21.00	16.0
PC3	2	25.00	20.80	16.8
PC3	3	25.00	20.80	16.8
PD1	1	25.00	19.50	22.0
PD1	2	25.00	20.00	20.0
PD1	3	25.00	19.80	20.8
PD2	1	25.00	20.10	19.6
PD2	2	25.00	20.00	20.0
PD2	3	25.00	20.00	20.0
PD3	1	25.00	20.00	20.0
PD3	2	25.00	20.80	16.8
PD3	3	25.00	19.90	20.4

ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลของค่าความแข็งของวัสดุ (Hardness)

ชิ้นงาน	ลำดับที่	ความแข็งของวัสดุ (HV)			ค่าเฉลี่ย (HV)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
SA1	1	60.70	65.50	62.30	62.8
SA1	2	56.40	58.50	59.20	58.0
SA1	3	61.80	62.10	64.30	62.7
SA2	1	55.90	55.40	56.70	56.0
SA2	2	52.10	50.50	51.10	51.2
SA2	3	59.80	60.20	58.70	59.6
SA3	1	54.30	54.20	53.50	54.0
SA3	2	52.80	52.30	52.10	52.4
SA3	3	54.20	51.20	52.90	52.8
SA4	1	50.40	51.70	52.80	51.6
SA4	2	52.10	49.00	50.80	50.6
SA4	3	52.70	49.80	51.20	51.2
SA5	1	40.30	40.50	41.20	40.7
SA5	2	44.80	45.20	42.70	44.2
SA5	3	45.70	44.90	46.50	45.7
SA6	1	32.10	35.40	34.80	34.1
SA6	2	35.50	36.20	37.50	36.4
SA6	3	33.10	32.20	34.50	33.3
SB1	1	28.74	27.00	26.20	27.3
SB1	2	27.98	27.30	27.17	27.5
SB1	3	27.35	29.03	27.10	27.8
SB2	1	36.42	32.65	35.47	34.8
SB2	2	30.12	30.30	30.65	30.4
SB2	3	30.00	30.92	30.58	30.5
SB3	1	45.24	48.39	45.07	46.2
SB3	2	43.17	39.02	41.30	41.2
SB3	3	40.06	43.21	44.74	42.7

ตารางที่ 4 (ต่อ) แสดงข้อมูลของค่าความแข็งของวัสดุ (Hardness)

ชิ้นงาน	ลำดับที่	ความแข็งของวัสดุ (HV)			ค่าเฉลี่ย (HV)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
SB4	1	40.06	43.17	41.79	41.7
SB4	2	48.35	47.23	44.13	46.6
SB4	3	35.01	55.86	45.40	45.4
SC1	1	30.64	30.88	31.15	30.9
SC1	2	34.35	27.78	29.18	30.4
SC1	3	27.76	34.96	31.30	31.3
SC2	1	40.86	40.43	39.25	40.2
SC2	2	41.78	42.52	42.32	42.2
SC2	3	41.81	40.71	40.86	41.1
SC3	1	54.24	51.80	58.10	54.7
SC3	2	45.51	37.34	39.04	40.6
SC3	3	44.54	41.03	39.58	41.7
SC4	1	46.76	37.78	45.54	43.4
SC4	2	48.25	54.86	50.89	51.3
SC4	3	58.23	92.10	63.20	71.2
SD1	1	37.22	34.33	33.15	34.9
SD1	2	36.08	35.30	31.97	34.5
SD1	3	31.42	30.55	32.14	31.4
SD2	1	71.50	61.07	62.50	65.0
SD2	2	65.59	55.28	61.32	60.7
SD2	3	76.30	74.05	75.09	75.1
SD3	1	69.88	72.03	72.26	71.4
SD3	2	109.06	91.19	138.89	113.0
SD3	3	73.17	71.27	78.19	74.2
SD4	1	96.21	94.78	104.18	98.4
SD4	2	100.81	100.18	100.95	100.6
SD4	3	95.45	92.30	95.45	94.4

ตารางที่ 4 (ต่อ) แสดงข้อมูลของค่าความแข็งของวัสดุ (Hardness)

ชิ้นงาน	ลำดับที่	ความแข็งของวัสดุ (HV)			ค่าเฉลี่ย (HV)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
PA1	1	55.30	50.20	54.40	53.3
PA1	2	60.50	65.50	60.80	62.3
PA1	3	55.60	52.30	58.90	55.6
PA2	1	99.00	98.50	98.70	98.7
PA2	2	104.80	99.50	102.10	102.1
PA2	3	109.80	107.20	104.20	107.1
PA3	1	108.70	109.40	107.30	108.5
PA3	2	120.30	117.90	118.50	118.9
PA3	3	105.30	104.50	103.70	104.5
PA4	1	120.60	121.30	120.40	120.8
PA4	2	105.50	110.50	110.80	108.9
PA4	3	108.50	107.90	104.80	107.1
PA5	1	108.10	109.90	110.80	109.6
PA5	2	120.20	119.90	119.50	119.9
PA5	3	101.30	103.40	100.60	101.8
PA6	1	75.30	80.20	74.70	76.7
PA6	2	65.30	70.20	65.50	67.0
PA6	3	66.50	72.30	69.80	69.5

ตารางที่ 4 (ต่อ) แสดงข้อมูลของค่าความแข็งของวัสดุ (Hardness)

ชิ้นงาน	ลำดับที่	ความแข็งของวัสดุ (HV)			ค่าเฉลี่ย (HV)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
PB1	1	66.00	67.50	64.00	65.8
PB1	2	70.70	75.70	71.50	72.6
PB1	3	70.20	71.10	70.80	70.7
PB2	1	40.30	39.70	40.20	40.1
PB2	2	43.10	45.40	43.60	44.0
PB2	3	44.10	44.20	46.50	44.9
PB3	1	30.90	30.50	29.80	30.4
PB3	2	33.70	35.80	36.50	35.3
PB3	3	29.80	27.50	28.40	28.6
PC1	1	103.70	101.50	105.80	103.7
PC1	2	85.50	87.80	85.70	86.3
PC1	3	88.70	89.70	84.20	87.5
PC2	1	68.00	72.80	67.80	69.5
PC2	2	67.80	69.80	68.50	68.7
PC2	3	72.10	77.20	75.30	74.9
PC3	1	33.20	30.80	32.50	32.2
PC3	2	38.20	36.40	36.30	37.0
PC3	3	29.30	32.70	32.40	31.5
PD1	1	100.20	99.60	99.40	99.7
PD1	2	97.70	98.20	98.50	98.1
PD1	3	101.40	100.60	100.90	101.0
PD2	1	70.10	75.70	67.80	71.2
PD2	2	90.30	87.50	85.40	87.7
PD2	3	72.10	70.20	69.50	70.6
PD3	1	66.60	65.70	64.90	65.7
PD3	2	59.30	57.40	57.70	58.1
PD3	3	54.20	53.70	55.40	54.4

ตารางที่ 5 แสดงข้อมูลของค่าความแข็งแรงภายใต้แรงกดของวัสดุ (Compressive Strength) และ โมดูลัสของยังภายใต้แรงกด (Compressive Young's Modulus)

ชิ้นงาน	ลำดับที่	Diameter (mm.)	F_{max} (Kg.)	Compressive Strength (MPa)	Strain	Young's Modulus (MPa)
SA1	1	18.1	907.0	34.5	0.1	316.3
SA1	2	17.4	900.0	37.1	0.1	368.2
SA1	3	17.4	834.0	34.4	0.1	350.8
SA2	1	18.5	798.0	29.1	0.1	259.2
SA2	2	18.0	912.0	35.1	0.1	338.9
SA2	3	19.0	726.0	25.1	0.1	233.9
SA3	1	17.5	641.0	29.6	0.1	287.1
SA3	2	17.2	764.0	28.3	0.1	279.0
SA3	3	17.4	686.0	27.5	0.1	269.3
SA4	1	19.6	726.0	23.6	0.1	188.9
SA4	2	19.9	671.0	21.1	0.1	168.5
SA4	3	19.6	667.0	21.7	0.1	176.9
SA5	1	21.6	520.0	13.9	0.1	111.2
SA5	2	21.2	465.0	12.9	0.1	107.5
SA5	3	21.1	488.0	13.7	0.1	116.3
SA6	1	21.2	388.0	10.8	0.1	88.5
SA6	2	21.2	402.0	11.2	0.1	111.6
SA6	3	22.1	452.0	11.5	0.1	96.5
SB1	1	23.6	45.0	1.0	0.1	7.1
SB1	2	24.1	42.1	0.9	0.1	7.9
SB1	3	23.9	40.3	0.9	0.1	6.4
SB2	1	22.1	457.0	11.7	0.1	100.4
SB2	2	21.8	568.0	14.9	0.1	103.4
SB2	3	22.1	518.0	13.2	0.1	107.0

ตารางที่ 5 (ต่อ) แสดงข้อมูลของค่าความแข็งแรงภายใต้แรงกดของวัสดุ (Compressive Strength) และ โมดูลัสของยังภายใต้แรงกด (Compressive Young's Modulus)

ชิ้นงาน	ลำดับที่	Diameter (mm.)	F_{max} (Kg.)	Compressive Strength (MPa)	Strain	Young's Modulus (MPa)
SB3	1	21.3	982.0	27.0	0.1	198.8
SB3	2	21.2	868.0	24.1	0.1	206.2
SB3	3	21.3	841.0	23.1	0.1	190.2
SB4	1	21.1	1031.0	28.9	0.1	236.5
SB4	2	21.3	1101.0	30.3	0.1	220.3
SB4	3	21.5	1052.0	28.4	0.1	206.4
SC1	1	23.8	219.0	4.8	0.1	38.7
SC1	2	24.0	385.0	8.3	0.1	67.0
SC1	3	24.2	374.0	8.0	0.2	50.8
SC2	1	21.4	908.0	24.7	0.1	168.1
SC2	2	21.5	908.0	24.5	0.2	162.9
SC2	3	21.4	474.0	12.9	0.1	121.2
SC3	1	21.6	963.0	25.7	0.1	194.0
SC3	2	21.8	902.0	23.7	0.1	198.1
SC3	3	21.7	1021.0	27.0	0.1	210.1
SC4	1	21.5	1070.0	28.9	0.1	228.7
SC4	2	22.1	1240.0	31.7	0.1	239.8
SC4	3	23.2	1443.0	33.4	0.2	198.7
SD1	1	21.6	301.0	8.0	0.1	55.4
SD1	2	19.8	389.0	12.4	0.1	95.1
SD1	3	21.8	217.0	5.7	0.1	60.4
SD2	1	18.8	785.0	27.7	0.2	177.5
SD2	2	18.5	562.0	20.5	0.2	129.7
SD2	3	18.9	700.0	24.4	0.1	176.8
SD3	1	18.6	984.0	35.5	0.2	232.5
SD3	2	18.5	984.0	35.9	0.1	271.4

ตารางที่ 5 (ต่อ) แสดงข้อมูลของค่าความแข็งแรงภายใต้แรงกดของวัสดุ (Compressive Strength) และ โมดูลัสของยังภายใต้แรงกด (Compressive Young's Modulus)

ชิ้นงาน	ลำดับที่	Diameter (mm.)	F_{max} (Kg.)	Compressive Strength (MPa)	Strain	Young's Modulus (MPa)
SD3	3	18.9	940.0	32.8	0.1	227.1
SD4	1	20.9	1502.0	42.9	0.2	269.0
SD4	2	19.9	1401.0	44.1	0.2	265.3
SD4	3	19.5	1231.0	40.4	0.2	254.5
PA1	1	21.0	1668.0	47.2	0.2	313.5
PA1	2	20.8	1656.0	47.7	0.1	336.6
PA1	3	20.9	1665.0	47.5	0.1	346.0
PA2	1	20.7	2172.0	63.2	0.1	519.3
PA2	2	20.6	2154.0	63.3	0.1	518.4
PA2	3	20.7	2172.0	63.2	0.1	505.8
PA3	1	20.5	2180.0	64.7	0.1	509.3
PA3	2	20.5	2180.0	64.7	0.1	495.6
PA3	3	20.4	2175.0	65.2	0.1	488.9
PA4	1	20.3	2185.0	66.1	0.1	487.8
PA4	2	20.2	2185.0	66.8	0.1	508.0
PA4	3	20.2	2185.0	66.8	0.1	498.6
PA5	1	20.5	2182.0	64.8	0.1	468.5
PA5	2	20.7	2182.0	63.5	0.1	476.4
PA5	3	20.5	2182.0	64.8	0.1	468.5
PA6	1	21.5	2168.0	58.5	0.1	401.9
PA6	2	21.1	2168.0	60.7	0.1	446.2
PA6	3	21.2	2168.0	60.2	0.1	417.5

ตารางที่ 5 (ต่อ) แสดงข้อมูลของค่าความแข็งแรงภายใต้แรงกดของวัสดุ (Compressive Strength) และ โมดูลัสของยังภายใต้แรงกด (Compressive Young's Modulus)

ชิ้นงาน	ลำดับที่	Diameter (mm.)	F_{max} (Kg.)	Compressive Strength (MPa)	Strain	Young's Modulus (MPa)
PB1	1	22.0	1236.0	31.9	0.1	230.9
PB1	2	22.1	1255.0	32.0	0.1	233.3
PB1	3	22.4	1210.0	30.1	0.1	219.9
PB2	1	21.7	854.0	22.6	0.2	148.1
PB2	2	22.5	900.0	22.2	0.2	142.3
PB2	3	21.8	872.0	22.9	0.2	151.2
PB3	1	21.6	255.0	6.8	0.2	39.7
PB3	2	22.2	195.0	4.9	0.2	29.7
PB3	3	21.5	273.0	7.4	0.2	43.9
PC1	1	20.0	1856.0	57.9	0.1	483.5
PC1	2	20.3	1877.0	56.8	0.1	462.8
PC1	3	20.5	1845.0	54.8	0.1	428.7
PC2	1	21.0	1075.0	30.4	0.1	213.7
PC2	2	20.5	1155.0	34.3	0.1	241.0
PC2	3	21.1	1086.0	30.4	0.1	207.8
PC3	1	21.0	854.0	24.2	0.1	170.0
PC3	2	20.8	913.0	26.3	0.1	180.7
PC3	3	20.8	904.0	26.1	0.1	183.1
PD1	1	19.5	2045.0	67.1	0.1	611.5
PD1	2	20.0	2082.0	64.9	0.1	535.9
PD1	3	19.8	2011.0	64.0	0.1	565.8
PD2	1	20.1	1324.0	40.9	0.1	343.3
PD2	2	20.0	1205.0	37.6	0.1	305.4
PD2	3	20.0	1242.0	38.7	0.1	317.3
PD3	1	20.0	875.0	27.3	0.1	209.6
PD3	2	20.8	985.0	28.4	0.1	197.2
PD3	3	19.9	995.0	31.3	0.1	238.8

ภาคผนวก - ข

ตัวอย่างการคำนวณ

1. การคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความพรุน

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความพรุน} = \frac{(M - D) \times 100}{(M - S)}$$

ยกตัวอย่างการคำนวณจากชิ้นงาน SA1 ลำดับที่ 1 จากข้อมูลในตารางที่ 1 ภาคผนวก – ก นำค่า M S และ D มาคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความพรุนได้ ดังนี้

M - D = 6.36 – 5.80 = 0.56

M - S = 6.36 – 2.39 = 3.97

ดังนั้น เปอร์เซ็นต์ความพรุน = 0.56 x 100 / 3.97 = **14.2 %**

2. การคำนวณค่าความหนาแน่นบัลค์

$$\text{ความหนาแน่นบัลค์} = \frac{\text{น้ำหนักของชิ้นงาน}}{\text{ปริมาตรของชิ้นงาน}}$$

ยกตัวอย่างการคำนวณจากชิ้นงาน SA1 ลำดับที่ 1 จากข้อมูลในตารางที่ 2 ภาคผนวก – ก นำค่า น้ำหนัก และปริมาตรของชิ้นงาน มาคำนวณค่าความหนาแน่นบัลค์ ดังนี้

น้ำหนักของชิ้นงาน = 5.80 กรัม

ปริมาตรของชิ้นงาน = 3.37 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ดังนั้น ความหนาแน่นบัลค์ = 5.80 / 3.37

= **1.72 กรัม ต่อ ลูกบาศก์เซนติเมตร**

3. **การคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัว**

$$\text{เปอร์เซ็นต์การหดตัวเชิงเส้น} = \frac{(d_o - d_s) \times 100}{d_o}$$

ยกตัวอย่างการคำนวณจากชิ้นงาน SA1 ลำดับที่ 1 จากข้อมูลในตารางที่ 3 ภาคผนวก – ก นำค่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานก่อนการเผา (d_o) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานหลังการเผา (d_s) มาคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวเชิงเส้น ดังนี้

d_o = 25.0 มิลลิเมตร

d_s = 18.1 มิลลิเมตร

ดังนั้น เปอร์เซ็นต์การหดตัวเชิงเส้น = (25.0 - 18.1) x 100 / 18.1

= **27.6 %**

4. **การคำนวณค่าความแข็งของวัสดุ**

จากข้อมูลในตารางที่ 4 ภาคผนวก – ก จะพบว่าค่าที่เห็นจะเป็นค่าความแข็งที่ได้จากการวัดชิ้นงานซ้ำ 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย เนื่องจากเครื่อง Hardness Tester ที่ใช้ในงานวิจัยนี้สามารถคำนวณค่าความแข็งได้โดยอัตโนมัติจึง นำค่าที่บันทึกได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยของความแข็งของชิ้นงาน ยกตัวอย่างการคำนวณชิ้นงาน SA1 ลำดับที่ 1 ดังนี้

ค่าความแข็งของชิ้นงาน ครั้งที่ 1 = 60.7 HV

ค่าความแข็งของชิ้นงาน ครั้งที่ 2 = 65.5 HV

ค่าความแข็งของชิ้นงาน ครั้งที่ 3 = 62.3 HV

ดังนั้น ค่าความแข็งเฉลี่ยของชิ้นงาน = (60.7+65.5+62.3) / 3

= **62.8 HV**

5. **การคำนวณค่าความแข็งแรงภายใต้แรงกดของวัสดุ และโมดูลัสของยังภายใต้แรงกด**

$$\text{ความแข็งแกร่งของวัสดุภายใต้แรงกด} = \frac{F_{Max}}{A}$$

$$\text{โมดูลัสของยังภายใต้แรงกด} = \frac{\text{ความเค้น}}{\text{ความเครียด}}$$

ยกตัวอย่างการคำนวณจากชิ้นงาน SA1 ลำดับที่ 1 จากข้อมูลในตารางที่ 5 ภาคผนวก – ก นำค่า ขนาดแรงกดสูงสุดที่ทำให้ชิ้นงานแตกหัก (F_{Max}) และพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงาน (A) มาคำนวณค่าความแข็งแกร่งของวัสดุภายใต้แรงกด ดังนี้

F_{Max} = 907 x 9.8 = 8888.6 นิวตัน

A = $\pi (18.1)^2 /4$ = 257.4 ตารางมิลลิเมตร

ดังนั้น ความแข็งแรงภายใต้แรงกดของวัสดุ = 8888.6 / 257.4

= 34.5 MPa

นำความเครียดของวัสดุ (Strain) ที่ได้จากข้อมูลในตารางที่ 5 ภาคผนวก - ก และค่าความแข็งแรงภายใต้แรงกดที่คำนวณได้ข้างต้น ซึ่งมีค่าเท่ากับค่าความเค้น (Stress) นำมาคำนวณค่าโมดูลัสของยังภายใต้แรงกด ดังนี้

ค่าความเค้นของวัสดุ = 34.5 MPa

ค่าความเครียดของวัสดุ = 0.1

ดังนั้น โมดูลัสของยังภายใต้แรงกด = 34.5 / 0.1

= 345.0 MPa

ภาคผนวก – ค

มาตรฐาน XRD ของสารไฮดรอกซีอะพาไทต์

74-0565 Wavelength= 1.54056 C

Ca10(PO4)6(OH)2

Calcium Hydroxide Phosphate

Hydroxyapatite

Rad.: CuKa1λ: 1.54060 Filter: d-sp: Calculated

Cut off: 17.7 Int.: Calculated I/Icor.: 1.06
Ref: Calculated from ICSD using POWD-12++, (1997)
Ref: Sudarsanan, K., Young, R.A., Acta Crystallogr., Sec. B, 25, 1534 (1969)

Sys.: Hexagonal S.G.: $P6_3/m$ (176)

a: 9.424(4) b: c: 6.879(4) A: C: 0.7299

α: β: γ: Z: 1 mp:

Ref: Ibid

Dx: 3.153 Dm: ICSD #: 026204

Peak height intensity. Specimen from Holly Springs, GA, USA. R-factor: 0.023. PSC: hP44. Mwt: 1004.64. Volume[CD]: 529.09.

d(A)	Int	h	k	l	d(A)	Int	h	k	l
8.1614	173	1	0	0	1.9561	7	4	0	1
5.2598	46	1	0	1	1.9437	281	2	2	2
4.712	23	1	1	0	1.8908	123	1	3	2
4.0807	64	2	0	0	1.8723	41	2	3	0
3.8874	60	1	1	1	1.8402	312	2	1	3
3.5096	24	2	0	1	1.8066	160	3	2	1
3.4395	353	0	0	2	1.7809	116	1	4	0
3.1695	88	1	0	2	1.7548	118	4	0	2
3.0847	160	2	1	0	1.7548	118	3	0	3
2.8146	999*	2	1	1	1.7197	139	0	0	4
2.7781	519	1	1	2	1.6828	10	1	0	4
2.7204	608	3	0	0	1.6444	59	3	2	2
2.6299	208	2	0	2	1.6322	2	5	0	0
2.5298	40	3	0	1	1.6108	37	3	1	3
2.3560	2	2	2	0	1.5881	15	5	0	1
2.2964	49	2	1	2	1.5847	11	2	0	4
2.2635	200	1	3	0	1.5815	11	4	1	2
2.2289	17	2	2	1	1.5706	8	3	3	0
2.2075	3	1	0	3	1.5423	43	2	4	0
2.1501	55	1	3	1	1.5312	32	3	3	1
2.1337	11	3	0	2	1.5050	32	2	4	1
2.0618	45	1	1	3	1.5020	52	1	2	4
2.0403	11	4	0	0	1.4746	79	5	0	2
1.9990	34	2	0	3	1.4658	16	5	1	0

d(A)	Int	h	k	l	d(A)	Int	h	k	l
1.4536	75	3	0	4	1.1354	17	1	0	6
1.4502	93	3	2	3	1.1317	10	2	6	0
1.4336	70	5	1	1	1.1155	24	5	1	4
1.4065	21	1	4	3	1.1140	41	4	4	2
1.3890	1	2	2	4	1.1140	41	1	1	6
1.3693	4	3	1	4	1.1086	25	2	3	5
1.3602	2	6	0	0	1.1042	58	3	5	2
1.3506	2	1	0	5	1.0938	3	1	6	3
1.3484	20	5	1	2					
1.3417	4	4	3	0					
1.3344	1	6	0	1					
1.3297	2	5	0	3					
1.3206	4	1	1	5					
1.3169	36	4	3	1					
1.3068	28	5	2	0					
1.3037	16	2	0	5					
1.2958	3	3	3	3					
1.2839	20	5	2	1					
1.2797	37	2	4	3					
1.2665	14	2	3	4					
1.2649	12	6	0	2					
1.2564	46	2	1	5					
1.2499	24	3	4	2					
1.2446	18	6	1	0					
1.2371	50	1	4	4					
1.2350	45	5	1	3					
1.2277	2	3	0	5					
1.2247	9	1	6	1					
1.2216	57	2	5	2					
1.1880	3	2	2	5					
1.1839	5	5	0	4					
1.1780	18	4	4	0					
1.1756	12	1	3	5					
1.1703	6	1	6	2					
1.1703	6	6	0	3					
1.1659	7	7	0	0					
1.1611	10	4	4	1					
1.1597	10	3	3	4					
1.1580	36	4	3	3					
1.1482	34	2	4	4					
1.1465	17	0	0	6					
1.1407	2	4	0	5					
1.1354	17	5	2	3					

© 1998 JCPDS-International Centre for Diffraction Data. All rights reserved
PCPDFWIN v. 2.01

74-0565 — Wavelength= 1.54056 — C

Ca10(PO4)6(OH)2

Calcium Hydroxide Phosphate

Hydroxyapatite

Rad: CuKa1 1.54060 Filter: d-sp: Calculated

Cut off: 17.7 Int.: Calculated I/Icor: 1.06

Ref: Calculated from ICSD using POWD-12++, (1997)

Ref: Sudarsanan, K., Young, R.A., Acta Crystallogr., Sec. B, 25, 1534 (1969)

Sys: Hexagonal S.G.: $P6_3/m$ (176)

a: 9.424(4) b: c: 6.879(4) A: C: 0.7299

α: β: γ: Z: 1 mp:

Ref: Ibid

Dx: 3.153 Dm: ICSD #: 026204

Peak height intensity. Specimen from Holly Springs, GA, USA. R-factor: 0.023. PSC: hP44. Mwt: 1004.64. Volume[CD]: 529.09

2θ	Int	h	k	l	2θ	Int	h	k	l
10.831	173	1	0	0	46.360	7	4	0	1
16.842	46	1	0	1	46.693	261	2	2	2
18.817	23	1	1	0	48.080	123	1	3	2
21.761	84	2	0	0	48.585	41	2	3	0
22.857	60	1	1	1	49.489	312	2	1	3
25.356	24	2	0	1	50.474	160	3	2	1
25.882	353	0	0	2	51.253	116	1	4	0
28.130	88	1	0	2	52.074	118	4	0	2
28.920	160	2	1	0	52.074	118	3	0	3
31.765	999*	2	1	1	53.216	139	0	0	4
32.194	519	1	1	2	54.482	10	1	0	4
32.896	608	3	0	0	55.861	59	3	2	2
34.062	208	2	0	2	56.316	2	5	0	0
35.454	40	3	0	1	57.132	37	3	1	3
38.167	2	2	2	0	58.026	15	5	0	1
39.196	49	2	1	2	58.163	11	2	0	4
39.790	200	1	3	0	58.293	11	4	1	2
40.435	17	2	2	1	58.736	8	3	3	0
40.844	3	1	0	3	59.923	43	2	4	0
41.985	55	1	3	1	60.402	32	3	3	1
42.324	11	3	0	2	61.569	32	2	4	1
43.874	45	1	1	3	61.702	52	1	2	4
44.361	11	4	0	0	62.980	79	5	0	2
45.328	34	2	0	3	63.403	16	5	1	0
63.997	75	3	0	4	85.440	17	1	0	6
64.163	93	3	2	3	85.779	10	2	6	0
64.998	70	5	1	1	87.335	24	5	1	4
66.410	21	1	4	3	87.491	41	4	4	2
67.357	1	2	2	4	87.491	41	1	1	6
68.459	4	3	1	4	88.018	25	2	3	5
68.983	2	6	0	0	88.468	58	3	5	2
69.191	2	1	0	5	89.528	3	1	6	3
69.671	20	5	1	2					
70.073	4	4	3	0					
70.514	1	6	0	1					
70.797	2	5	0	3					
71.359	4	1	1	5					
71.594	36	4	3	1					
72.230	28	5	2	0					
72.434	16	2	0	5					
72.945	3	3	3	3					
73.732	20	5	2	1					
74.009	37	2	4	3					
74.913	14	2	3	4					
75.029	12	6	0	2					
75.619	46	2	1	5					
76.083	24	3	4	2					
76.471	18	6	1	0					
77.018	50	1	4	4					
77.172	45	5	1	3					
77.717	2	3	0	5					
77.945	9	1	6	1					
78.177	57	2	5	2					
80.834	3	2	2	5					
81.177	5	5	0	4					
81.671	18	4	4	0					
81.867	12	1	3	5					
82.321	6	1	6	2					
82.321	6	6	0	3					
82.701	7	7	0	0					
83.120	10	4	4	1					
83.238	10	3	3	4					
83.388	36	4	3	3					
84.265	34	2	4	4					
84.421	17	0	0	6					
84.950	2	4	0	5					
85.440	17	5	2	3					

© 1998 JCPDS-International Centre for Diffraction Data. All rights reserved
PCPDFWIN v. 2.01

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย สุจินต์ วุฒิชัยวัฒน์ เกิดเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ. 2520 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร เข้ารับการศึกษาระดับประถมศึกษาที่โรงเรียนเผยอิง ปีการศึกษา 2527 ถึง 2532 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายที่โรงเรียนมัธยมวัดเบญจมบพิตร ปีการศึกษา 2532 ถึง 2537 ระดับปริญญาตรี ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ปีการศึกษา 2538 ถึง 2541 วุฒิทางการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ และได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโทในปีการศึกษา 2542 ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย