

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ ก.1 ผลการทดสอบหาการหดตัวภายใน และการหดตัวภายนอก
ของกลุ่ม Bismuth series

Alloy	Bismuth Content (wt%)	Casting Volume (cc)	Pipe Volume (cc)	External Shrinkage (g/cm ³)
B1-1	0.59	427.86	22.7	22.99
B1-2	0.59	451.90	23.8	-
B2-1	1.15	434.87	17.9	20.78
B2-2	1.15	439.88	16.6	17.07
B2-3	1.15	430.86	19.8	22.89
B3-1	2.07	436.87	15.7	20.98
B3-2	2.07	431.86	19.7	21.99
B3-3	2.07	429.86	22	21.69
B3-4	2.07	415.83	20.4	-
B4-1	3.06	443.89	15.4	14.26
B4-2	3.06	444.89	1.3	27.36
B4-3	3.06	429.86	18.7	24.99
B5-1	4.97	435.87	15.5	22.18
B5-2	4.97	434.87	17.5	21.18
B5-3	4.97	428.86	18	26.69
B6-1	7.6	442.89	11.2	19.46
B6-2	7.6	435.87	14.6	23.08
B6-3	7.6	439.88	12.1	21.57

ตารางที่ ก.2 ผลการทดสอบหาการหดตัวภายใน และการหดตัวภายนอก
ของกลุ่ม Commercial

Alloy	Bismuth Content (wt%)	Casting Volume (cc)	Pipe Volume (cc)	External Shrinkage (cc)
AQ10-1	1.01	426.85	22.3	24.40
AQ10-2	1.01	429.86	21.7	21.99
AQ20-1	2.07	436.87	16.8	19.88
AQ20-2	2.07	437.88	15.2	20.47
AQ30-1	2.64	430.86	12.6	30.09
AQ30-2	2.64	431.86	13.9	27.79
AQ-30-3	2.64	444.89	19.9	-
J-1	1.99	425.85	19.5	28.20
J-2	1.99	450.90	23.3	-
J-3	1.99	426.85	21.4	25.30
K-1	1.31	429.86	20.2	23.49
K-3	1.31	428.86	21	23.69
S-1	2.13	430.86	21	21.69
S-2	2.13	428.86	22.3	22.39
C406-1	0.03	430.86	14.6	28.09
C406-2	0.03	429.86	16.3	27.39

ตารางที่ ก.3 แสดงค่ารูพรุนที่ได้จากการคำนวณ ของกลุ่ม Bismuth series

Alloy	Bismuth Content (wt%)	% Porosity	
		Rule's of mixing	Solid solution behavior
B1-1	0.59	0.797	1.289
B1-2	0.59	-	-
B2-1	1.15	1.114	1.558
B2-2	1.15	-	-
B2-3	1.15	0.805	1.250
B3-1	2.07	1.185	1.674
B3-2	2.07	1.177	1.666
B3-3	2.07	0.945	1.435
B3-4	2.07	-	-
B4-1	3.06	1.195	1.616
B4-2	3.06	1.589	2.009
B4-3	3.06	1.433	1.853
B5-1	4.97	2.164	2.558
B5-2	4.97	0.977	1.375
B5-3	4.97	0.475	0.875
B6-1	7.6	2.835	3.201
B6-2	7.6	2.649	3.016
B6-3	7.6	2.343	2.711

ตารางที่ ก.4 แสดงค่าพอร์นที่ได้จากการคำนวณ ของกลุ่ม Commercial alloy

Alloy	Bismuth Content (wt%)	% Porosity	
		Rule's of mixing	Solid solution behavior
AQ10-1	1.01	1.273	1.802
AQ10-2	1.01	1.233	1.762
AQ20-1	2.07	2.010	2.348
AQ20-2	2.07	1.957	2.295
AQ30-1	2.64		
AQ30-2	2.64	1.720	2.306
AQ-30-3	2.64	0.982	1.573
J-1	1.99	0.733	1.248
J-2	1.99		
J-3	1.99	0.839	1.353
K-1	1.31	1.056	1.822
K-3	1.31	1.198	1.964
S-1	2.13	1.637	1.806
S-2	2.13	1.511	1.680
C406-1	0.03	1.574	1.970
C406-2	0.03	1.115	1.513

ตารางที่ ก.5 ผลการทดสอบหาความหนาแน่นของกลุ่ม Bismuth series

Alloy	Bismuth Content (wt%)	Weight in Air (g)	Weight in Water (g)	Density (g/cm ³)
B1-1	0.59	3718.7	430	8.65
B1-2	0.59	3719.56	454	8.20
B2-1	1.15	3771.94	437	8.63
B2-2	1.15	3764.27	442	8.52
B2-3	1.15	3748.86	433	8.66
B3-1	2.07	3788.71	439	8.63
B3-2	2.07	3745.59	434	8.63
B3-3	2.07	3736.96	432	8.65
B3-4	2.07	3629.78	418	8.68
B4-1	3.06	3855.74	446	8.65
B4-2	3.06	3849.01	447	8.61
B4-3	3.06	3724.89	432	8.62
B5-1	4.97	3758.37	438	8.58
B5-2	4.97	3795.24	437	8.68
B5-3	4.97	3761.74	431	8.73
B6-1	7.6	3804.36	445	8.55
B6-2	7.6	3751.26	438	8.56
B6-3	7.6	3797.66	442	8.59

ตารางที่ ก.6 ผลการทดสอบหาความหนาแน่นของกลุ่ม Commercial

Alloy	Bismuth Content (wt%)	Weight in Air (g)	Weight in Water (g)	Density (g/cm ³)
AQ10-1	1.01	3690.31	429	8.60
AQ10-2	1.01	3717.81	432	8.61
AQ20-1	2.07	3760.19	439	8.57
AQ20-2	2.07	3770.86	440	8.57
AQ30-1	2.64	3796.22	433	8.77
AQ30-2	2.64	3721.62	434	8.58
AQ30-3	2.64	3862.66	447	8.64
J-1	1.99	3708.73	428	8.67
J-2	1.99	3718.45	453	8.21
J-3	1.99	3713.5	429	8.67
K-1	1.31	3715.1	432	8.60
K-3	1.31	3701.1	431	8.59
S-1	2.13	3727.35	433	8.61
S-2	2.13	3714.76	431	8.62
C406-1	0.03	3776.01	433	8.72
C406-2	0.03	3784.79	432	8.76

ตารางที่ ก.7 ผลการทดสอบหาค่าความหนาแน่นเฉพาะส่วน ของกลุ่ม Bismuth series

Alloy	Position	Bismuth Content (wt%)	Weight in Air (g)	Weight in Water (g)	Density (g/cm ³)
B1-1	Center	0.59	22.39	2.68	8.34
	Side		41.02	4.69	8.73
	Side		34.39	3.88	8.85
B1-2	Center	0.59	30.21	3.48	8.66
	Side		30.73	3.49	8.79
	Side		26.95	3.03	8.88
B2-1	Center	1.15	30.26	3.61	8.37
	Side		29.27	3.28	8.91
	Side		36	3.98	9.03
B2-2	Center	1.15	24.94	2.94	8.47
	Side		28.46	3.28	8.66
	Side		33.13	3.79	8.72
B2-3	Center	1.15	23.92	2.76	8.65
	Side		31.7	3.52	8.99
	Side		30.66	3.46	8.84
B3-1	Center	2.07	20.39	2.35	8.66
	Side		20.76	2.43	8.53
	Side		21.8	2.44	8.92
B3-2	Center	2.07	18.85	2.15	8.75
	Side		32.79	3.64	8.99
	Side		23.96	2.67	8.96
B3-3	Center	2.07	30.29	3.62	8.35
	Side		29.43	3.3	8.90
	Side		23.98	2.69	8.90
B3-4	Center	2.07	23.18	2.66	8.70
	Side		20.63	2.27	9.07
	Side		27.23	3	9.06

ตารางที่ ก.7 ผลการทดสอบหาค่าความหนาแน่นเฉพาะส่วน ของกลุ่ม Bismuth series (ต่อ)

Alloy	Position	Bismuth Content (wt%)	Weight in Air (g)	Weight in Water (g)	Density (g/cm ³)
B4-1	Center	0.59	22.39	2.68	8.34
	Side		41.02	4.69	8.73
	Side		34.39	3.88	8.85
B4-3	Center	0.59	30.21	3.48	8.66
	Side		30.73	3.49	8.79
	Side		26.95	3.03	8.88
B5-1	Center	1.15	30.26	3.61	8.37
	Side		29.27	3.28	8.91
	Side		36	3.98	9.03
B5-2	Center	1.15	24.94	2.94	8.47
	Side		28.46	3.28	8.66
	Side		33.13	3.79	8.72
B5-3	Center	1.15	23.92	2.76	8.65
	Side		31.7	3.52	8.99
	Side		30.66	3.46	8.84
B6-1	Center	2.07	20.39	2.35	8.66
	Side		20.76	2.43	8.53
	Side		21.8	2.44	8.92
B6-2	Center	2.07	18.85	2.15	8.75
	Side		32.79	3.64	8.99
	Side		23.96	2.67	8.96
B6-3	Center	2.07	30.29	3.62	8.35
	Side		29.43	3.3	8.90
	Side		23.98	2.69	8.90

ตารางที่ ก.8 ผลการทดสอบหาค่าความหนาแน่นเฉพาะส่วน ของกลุ่ม Commercial

Alloy	Position	Bismuth Content (wt%)	Weight in Air (g)	Weight in Water (g)	Density (g/cm ³)
J-1	Center	1.99	18.76	2.13	8.79
	Side		26.19	2.96	8.83
	Side		21.77	2.46	8.83
J-2	Center	1.99	22.62	2.57	8.78
	Side		28.62	3.23	8.84
	Side		28.85	3.26	8.83
J-3	Center	1.99	29.45	3.37	8.72
	Side		30.09	3.45	8.70
	Side		27.78	3.14	8.83
S-1	Center	2.13	19.61	2.23	8.78
	Side		36.65	4.17	8.77
	Side		22.74	2.56	8.87
S-2	Center	1.31	27.65	3.17	8.70
	Side		31.07	3.54	8.76
	Side		36.22	4.12	8.77
K-1	Center	1.31	24.4	2.85	8.54
	Side		40.66	4.57	8.88
	Side		34.85	3.9	8.92
K-3	Center	1.31	21.43	2.43	8.80
	Side		29.32	3.29	8.89
	Side		20.21	2.28	8.85
AQ10-1	Center	1.31	24.02	2.8	8.56
	Side		31.2	3.53	8.82
	Side		40.93	4.67	8.75
AQ10-2	Center	1.31	21.83	2.53	8.61
	Side		21.18	2.41	8.77
	Side		29.88	3.38	8.82

ตารางที่ ก.8 ผลการทดสอบหาค่าความหนาแน่นเฉพาะส่วน ของกลุ่ม Commercial (ต่อ)

Alloy	Position	Bismuth Content (wt%)	Weight in Air (g)	Weight in Water (g)	Density (g/cm ³)
AQ20-1	Center	2.07	24.39	2.8	8.69
	Side		30.38	3.48	8.71
	Side		30.32	3.47	8.72
AQ20-2	Center	2.07	25.49	2.93	8.68
	Side		32.97	3.79	8.68
	Side		32.68	3.74	8.72
AQ30-1	Center	2.64	37.25	4.33	8.59
	Side		44.64	5.1	8.74
	Side		38.24	4.32	8.83
AQ30-2	Center	2.64	26.8	3.01	8.89
	Side		29.46	3.34	8.80
	Side		20.48	2.32	8.81
AQ30-3	Center	2.64	29.18	3.33	8.75
	Side		25.23	2.85	8.83
	Side		35.27	4	8.80
406-1	Center	0.03	23.2	2.62	8.84
	Side		34.28	3.83	8.93
	Side		38.36	4.3	8.90
406-2	Center	0.03	32.42	3.7	8.74
	Side		32.77	3.66	8.94
	Side		29.37	3.28	8.94

ภาคผนวก ข

ตารางที่ ข.1 ผลการทดสอบความเค้นแรงดึง ความเค้นจุดคราก และการยืดตัว
ของกลุ่ม Bismuth series ของ sand mold CO₂ Type A

Sample	%Bismuth (wt%)	Tensile Strength (MPa)	Yield Strength (MPa)	Elongation (%)
B1	0.59	260	110	58
B1	0.59	254	109	32
B2	1.15	245	107	44
B2	1.15	223	112	20
B3	2.07	235	115	29
B3	2.07	218	108	22
B4	3.06	209	108	14
B4	3.06	181	106	14
B5	4.97	187	103	15
B5	4.97	180	100	11
B6	7.60	128	98	4
B6	7.60	119	86	3

ตารางที่ ข.2 ผลการทดสอบความเค้นแรงดึง ความเค้นจุดคราก และการยืดตัว
ของกลุ่ม Commercial ของ sand mold CO₂ Type A

Sample	%Bismuth (wt%)	Tensile Strength (MPa)	Yield Strength (MPa)	Elongation (%)
AQ-10	1.01	222	109	24
AQ-10	1.01	215	106	18
AQ-20	2.07	208	106	18
AQ-20	2.07	202	106	16
AQ-30	2.64	196	106	26
AQ-30	2.64	184	102	14
Joyalloy	1.99	215	106	17
Joyalloy	1.99	197	98	18
Safealloy	2.13	216	102	19
Safealloy	2.13	201	102	17
Keepalloy	1.31	236	108	29
Keepalloy	1.31	225	110	21
CAC406	0.03	257	120	35
CAC406	0.03	240	118	24

ตารางที่ ข.3 ผลการทดสอบความเค้นแรงดึง ความเค้นจุดคราก และการยืดตัว
ของกลุ่ม Bismuth series ของ metallic mold type E

Sample	%Bismuth (wt%)	Tensile Strength (MPa)	Yield Strength (MPa)	Elongation (%)
B1	0.59	310	124	49
B1	0.59	314	123	47
B2	1.15	318	131	52
B2	1.15	319	128	68
B3	2.07	316	125	57
B3	2.07	315	133	60
B4	3.06	305	125	44
B4	3.06	312	131	54
B5	4.97	292	122	38
B5	4.97	227	121	15
B6	7.60	251	120	24
B6	7.60	242	118	21

ตารางที่ ข.4 ผลการทดสอบความเค้นแรงดึง ความเค้นจุดคราก และการยืดตัว
ของกลุ่ม Commercial ของ metallic mold type E

Sample	%Bismuth (wt%)	Tensile Strength (MPa)	Yield Strength (MPa)	Elongation (%)
AQ-10	1.01	312	125	44
AQ-10	1.01	314	127	52
AQ-20	2.07	309	123	42
AQ-20	2.07	310	124	44
AQ-30	2.64	264	128	22
AQ-30	2.64	283	127	24
Joyalloy	1.99	282	121	30
Joyalloy	1.99	277	119	31
Safealloy	2.13	301	123	48
Safealloy	2.13	299	121	48
Keepalloy	1.31	295	121	37
Keepalloy	1.31	274	116	30
CAC406	0.03	296	125	36
CAC406	0.03	296	126	42

ตารางที่ ข.5 ผลการตรวจวัดแรงที่ใช้ในการทดสอบ Machinability ของ Bismuth series

Material	Principal force (N)	Vertical force (N)	Feed force (N)	Cutting resistance P (N)
B1A	186	64.3	86.5	215
B1A	187	63.9	86.9	215.9
B1B	180	60.2	82.5	207
B1B	183	59.4	83.3	209.7
B2A	173	59.4	90.5	204.1
B2A	174	58.7	88.4	203.8
B2B	167	71	97.9	206.2
B2B	167	69.5	95	204.3
B3A	175	64.9	84.9	205
B3A	173	60.5	79.5	199.8
B3B	166	68	93	202.1
B3B	169	69.8	99	207.9
B4A	162	70	93.5	199.7
B4A	160	71	95.8	199.5
B4B	163	71.5	98.5	203.4
B4B	163	72.8	101	205.1
B5A	156	68	95	194.9
B5A	157	70	95.5	196.6
B5B	152	68	87.5	188.1
B5B	158	70.8	93.9	197
B6A	142	61.4	81	174.6
B6A	146	60.9	81.4	177.9
B6B	151	62.2	87	185
B6B	154	65	91.5	190.6

ตารางที่ ๖.6 ผลการตรวจวัดแรงที่ใช้ในการทดสอบ Machinability ของกลุ่ม commercial

Material	Principal force (N)	Vertical force (N)	Feed force (N)	Cutting resistance P (N)
AQ10A	159	58.7	75.3	185.5
AQ10A	160	57.2	74.5	185.5
AQ10B	163	62.2	93.5	197.9
AQ10B	164	60.9	92.3	197.8
AQ30A	165	65	91.8	199.7
AQ30A	166	67	96.8	203.5
AQ30B	162	67	91.3	197.7
AQ30B	162	67.5	94.3	199.2
AQ20A	159	63	87.5	192.1
AQ20A	161	61	85.5	192.2
AQ20B	160	64.5	91	195
AQ20B	160	62	87	192.4
JA	175	61	87.5	204.9
JA	174	59.5	82.4	201.5
JB	177	60.5	89.9	207.5
JB	177	59.2	88	206.3
KA	160	66.3	92.9	196.5
KA	163	66.5	96	200.5
KB	158	64.5	87.5	191.8
KB	160	65	89.5	194.5
SA	161	63.5	87	193.7
SA	163	64.5	90	197.1
SB	164	64.8	92.9	199.3
SB	164	64	90.5	197.9
406A	133	52.4	76	161.9
406A	133	51.7	75.5	161.4
406B	130	54.2	76	160
406B	132	53.7	76.9	161.9

ตารางที่ ๗.7 ผลการคำนวณหาค่า Machinability Index

Sample	Cutting Resistance F (N)	Machinability Index
B1	211.90	76.12
B2	204.60	78.84
B3	203.70	79.19
B4	201.93	79.88
B5	194.15	83.08
B6	182.03	88.61
AQ10	191.68	84.15
AQ20	200.03	80.64
AQ30	192.93	83.61
J	205.05	78.66
K	195.83	82.37
S	197.00	81.88
CAC 406	161.30	100.00

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ-นามสกุล	นาย นันทวัฒน์ โชกชัยฐานันท์
วัน-เดือน-ปีเกิด	30 พฤศจิกายน 2524
ที่อยู่	42/122 หมู่ 12 หมู่บ้านกิตติยา ถนนบางบอน 5 แขวงหนองแขม เขตหนองแขม กรุงเทพมหานคร 10160
วุฒิการศึกษา	ประถมศึกษา โรงเรียนวัดหนองแขม ปี 2538 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนมัธยมวัดหนองแขม ปี 2540 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนมัธยมวัดหนองแขม ปี 2542 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปี 2545
โทรศัพท์ติดต่อ	08-1935-6916