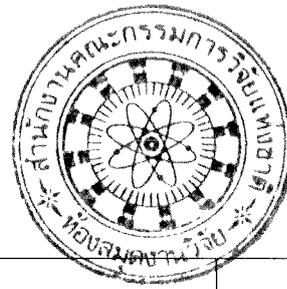


ภาคผนวก ก.  
แสดงผลค่าการนำความร้อน

ตารางภาคผนวก ก.แสดงผลค่าการนำความร้อน

Sample	Condition Used		Thermal properties	Measurement Results	Average	S.D.
	Power Output	Measuring time (s)				
SiC 1hr. แนวแกน	0.8	1	Thermal Conductivity(W/mK)	17.9300 17.6700 18.1800	17.9270	0.2550
			Thermal Diffusivity (mm <sup>2</sup> /s)	0.8189 0.7553 0.8606	0.8116	0.0530
			Specific Heat (MJ/m <sup>3</sup> /k)	21.8900 23.3900 21.1300	22.3170	1.1500
SiC 1hr. แนวรัศมี	0.85	1	Thermal Conductivity(W/mK)	28.8700 28.5600 28.4500	28.6270	0.2178
			Thermal Diffusivity (mm <sup>2</sup> /s)	1.8880 1.6450 1.8080	1.7803	0.1238
			Specific Heat (MJ/m <sup>3</sup> /k)	15.2900 17.3600 15.7300	16.1270	1.0905
SiC 2 hr. แนวแกน	0.65	1	Thermal Conductivity(W/mK)	19.8500 20.0600 19.9000	19.9370	0.1097
			Thermal Diffusivity (mm <sup>2</sup> /s)	1.5190 1.7680 1.5890	1.6253	0.1284
			Specific Heat (MJ/m <sup>3</sup> /k)	13.0700 11.3500 12.5200	12.3130	0.8784



ตารางภาคผนวก ก.(ต่อ) แสดงผลค่าการนำความร้อน

Sample	Condition Used		Thermal properties	Measurement Results	Average	S.D.
	Power Output	Measuring time (s)				
SiC 2 hr. แนวรัศมี	0.85	1	Thermal Conductivity(W/mK)	21.1200	21.3570	0.2183
				21.5500		
				21.4000		
			Thermal Diffusivity (mm <sup>2</sup> /s)	1.4520	1.6557	0.2467
				1.9300		
				1.5850		
			Specific Heat (MJ/m <sup>3</sup> /k)	14.5400	13.0670	1.7312
				11.1600		
				13.5000		
SiC 3 hr. แนวแกน	0.80	1	Thermal Conductivity(W/mK)	19.7100	19.6700	0.0693
				19.7100		
				19.5900		
			Thermal Diffusivity (mm <sup>2</sup> /s)	1.1320	1.1710	0.0351
				1.2000		
				1.1810		
			Specific Heat (MJ/m <sup>3</sup> /k)	17.4100	16.8030	0.5314
				16.4200		
				16.5800		
SiC 3 hr. แนวรัศมี	0.85	1	Thermal Conductivity(W/mK)	24.1400	24.0400	0.0889
				23.9700		
				24.0100		
			Thermal Diffusivity (mm <sup>2</sup> /s)	1.8050	1.7367	0.0644
				1.7280		
				1.6770		
			Specific Heat (MJ/m <sup>3</sup> /k)	13.3700	13.8500	0.4703
				13.8700		
				14.3100		

ภาคผนวก ข.

ผลการวัดค่าความต้านทานการนำไฟฟ้า

ตารางภาคผนวก ข. ผลการวัดค่าความต้านทานการนำไฟฟ้า

Sample	Resistivity properties	Measurement Results	Average	S.D.
SiC_1600c_1hr	k $\Omega$	0.006087	0.006042	0.0000218
		0.006071		
		0.006073		
		0.006061		
		0.006029		
SiC_1600c_2hr	k $\Omega$	0.005026	0.0050506	0.0000411
		0.005102		
		0.005068		
		0.005062		
		0.004995		
SiC_1600c_3hr	k $\Omega$	0.005386	0.0052938	0.000073
		0.005273		
		0.005198		
		0.005269		
		0.005343		
SiC_1600c_1hr	k $\Omega$	0.002439	0.002382	0.000044
		0.002409		
		0.002382		
		0.002353		
		0.002327		
SiC_1600c_2hr	k $\Omega$	0.002684	0.0028116	0.000073
		0.002817		
		0.002857		
		0.002839		
		0.002861		

ตารางภาคผนวก ข.(ต่อ) ผลการวัดค่าความต้านทานการนำไฟฟ้า

Sample	Resistivity properties	Measuremeny Results	Average	S.D.
SiC_1600c_3hr	kΩ	0.001661	0.0016486	0.0000097
		0.001656		
		0.001647		
		0.00164		
		0.001639		
Al A356 casting	kΩ	0.003122	0.003096	0.000047
		0.003154		
		0.003103		
		0.003067		
		0.003034		

ภาคผนวก ค. ตารางการแปลงค่าความแข็ง  
(Equivalent Hardness Scale Conversion Table)

ภาคผนวก ค. ตารางการแปลงค่าความแข็ง

(Equivalent Hardness Scale Conversion Table)

VPN	ROCKWELL SCALES									BRINELL		
	DPH HV/10	A	B	C	D	E	F	G	H	K	BHN 500kg	BHN 3000kg
254	62	100	23	42			83				201	240
248	62	99	22	42			81				195	234
243	61	98	21	41			79				189	228
238	61	97	20	40			78				184	222
234	60	97	19				77				181	218
230	59	96	18				76				179	214
226	59	96	17				75				177	210
222	58	95	16				74				175	208
217	58	95	15				73				171	205
213	58	94	14				73				169	203
208	57	93	13				71				167	200
204	57	92	12				70		100		163	195
200	56	92	11				69		100		162	193
196	56	91	10				68		100		160	190
192	56	90	9				66		99		157	185
188	55	89	8				64		98		154	180
184	54	88	7				63		97		151	176
180	54	87	6				61		97		148	172
176	53	86	5				59		96		145	169
172	53	85	4				58		95		142	165
168	52	84	3				56		94		140	162
160	51	82	1				53		92		135	156
156	50	81	0				51		91		133	153
148	49	79					48		90		128	147
144	49	78					46		89		126	144

ภาคผนวก ก. (ต่อ) ตารางการแปลงค่าความแข็ง

(Equivalent Hardness Scale Conversion Table)

VPN	ROCKWELL SCALES									BRINELL		
	DPH HV/10	A	B	C	D	E	F	G	H	K	BHN 500kg	BHN 3000kg
141	48	77					44			88	124	141
139	47	76					43			87	122	139
137	47	75				100	41			86	120	137
135	46	74				99	39			85	118	135
132	46	73				99	38			85	116	132
130	45	72				98	36			84	114	130
127	45	71			100	98	35			83	112	127
125	44	70			100	97	33			82	110	125
123	44	69			99	96	31			81	109	123
120	43	68			98	96	30			80	107	121
118	43	67			98	95	28			79	106	119
116	42	66			97	95	27			78	104	117
115	42	65			96	94	25			78	102	116
114	42	64			96	94	24			77	101	114
113	41	63			95	93	22			76	99	112
112	41	62			95	92	21			75	98	110
111	40	61			94	92	19			74	96	108
110	40	60			93	91	18			73	95	107

(ที่มา: [http://www.gordonengland.co.uk/hardness/hardness\\_conversion\\_1c.htm](http://www.gordonengland.co.uk/hardness/hardness_conversion_1c.htm))

ภาคผนวก ง.

ลักษณะเฉพาะของคาร์บอน อะลูมิเนียม ซิลิกอนคาร์ไบด์

ตารางที่ ง.1 แสดงสมบัติต่างๆของคาร์บอน

<b>Physical Properties</b>	Metric	English
Density	2.25 g/cm <sup>3</sup>	0.0813 lb/in <sup>3</sup>
Specific Surface Area	1.00 m <sup>2</sup> /g	1.00 m <sup>2</sup> /g
Molecular Weight	12.011 g/mol	12.011 g/mol
<b>Chemical Properties</b>	Metric	English
Atomic Number	6	6
X-ray Absorption Edge	43.648 Å	43.648 Å
Electronegativity	2.55	2.55
Ionic Radius	0.160 Å	0.160 Å
	2.60 Å	2.60 Å
<b>Mechanical Properties</b>	<b>Metric</b>	<b>English</b>
Hardness, Mohs	1.00 - 2.00	1.00 - 2.00
Modulus of Elasticity	4.80 GPa	696 ksi
<b>Electrical Properties</b>	Metric	English
Electrical Resistivity	0.00600 ohm-cm	0.00600 ohm-cm
<b>Thermal Properties</b>	Metric	English
Heat of Fusion	9741.07 J/g	4190.61 BTU/lb
CTE, linear	0.600 - 4.30 μm/m-°C (@Temperature 20.0 °C)	0.333 - 2.39 μin/in-°F (@Temperature 68.0 °F)
Specific Heat Capacity	0.70768 J/g-°C	0.16914 BTU/lb-°F
	1.73175 J/g-°C	0.413898 BTU/lb-°F
Thermal Conductivity	24.0 W/m-K	167 BTU-in/hr-ft <sup>2</sup> -°F
Melting Point	3650 °C	6600 °F
Maximum Service Temperature, Inert	3650 °C	6600 °F
	4492 °C	8118 °F
Heat of Formation	0.000 kJ/mol	0.000 kJ/mol
	716.7 kJ/mol	716.7 kJ/mol

(ที่มา : <http://www.matweb.com>)

ตารางที่ ง.2 แสดงสมบัติต่างๆของอะลูมิเนียม A356, T61

<b>Physical Properties</b>	Metric	English
Density	2.67 g/cm <sup>3</sup>	0.0965 lb/in <sup>3</sup>
<b>Mechanical Properties</b>	Metric	English
Hardness, Brinell	70.0 - 100	70.0 - 100
Hardness, Knoop	109	109
Hardness, Rockwell A	36	36
Hardness, Rockwell B	53	53
Hardness, Vickers	96	96
Ultimate Tensile Strength	>= 255 MPa	>= 37.0 ksi
Tensile Yield Strength	>= 179 MPa	>= 26.0 ksi
Elongation at Break	>= 5.00 %	>= 5.00 %
Modulus of Elasticity	72.4 GPa	10500 ksi
Compressive Yield Strength	195 MPa	28300 psi
Poissons Ratio	0.330	0.330
Machinability	50 %	50 %
Shear Modulus	27.2 GPa	3950 ksi
Shear Strength	155 MPa	22500 psi
<b>Electrical Properties</b>	Metric	English
Electrical Resistivity	0.00000440 ohm-cm	0.00000440 ohm-cm
<b>Thermal Properties</b>	Metric	English
Heat of Fusion	389 J/g	167 BTU/lb
CTE, linear	21.4 $\mu\text{m}/\text{m}^{\circ}\text{C}$ <i>@Temperature 20.0 - 100 °C</i>	11.9 $\mu\text{in}/\text{in}^{\circ}\text{F}$ <i>@Temperature 68.0 - 212 °F</i>
	23.2 $\mu\text{m}/\text{m}^{\circ}\text{C}$ <i>@Temperature 20.0 - 300 °C</i>	12.9 $\mu\text{in}/\text{in}^{\circ}\text{F}$ <i>@Temperature 68.0 - 572 °F</i>
Specific Heat Capacity	0.963 J/g-°C	0.230 BTU/lb-°F
Thermal Conductivity	151 W/m-K	1040 BTU-in/hr-ft <sup>2</sup> -°F

ตารางที่ ง.2 (ต่อ) แสดงสมบัติต่างๆของอะลูมิเนียม A356, T61

Melting Point	557.2 - 612.8 °C	1035 - 1135 °F
Solidus	557.2 °C	1035 °F
Liquidus	612.8 °C	1135 °F
<b>Processing Properties</b>	Metric	English
Melt Temperature	677 - 816 °C	1250 - 1500 °F
Solution Temperature	535 - 540.6 °C	995 - 1005 °F
Casting Temperature	677 - 788 °C	1250 - 1450 °F
<b>Component Elements</b>	Metric	English
<b>Properties</b>		
Aluminum, Al	91.1 - 93.3 %	91.1 - 93.3 %
Copper, Cu	<= 0.20 %	<= 0.20 %
Iron, Fe	<= 0.20 %	<= 0.20 %
Magnesium, Mg	0.25 - 0.45 %	0.25 - 0.45 %
Manganese, Mn	<= 0.10 %	<= 0.10 %
Other, each	<= 0.050 %	<= 0.050 %
Other, total	<= 0.15 %	<= 0.15 %
Silicon, Si	6.50 - 7.50 %	6.50 - 7.50 %
Titanium, Ti	<= 0.20 %	<= 0.20 %
Zinc, Zn	<= 0.10 %	<= 0.10 %

(ที่มา : <http://www.matweb.com>)

ตารางที่ 3 แสดงสมบัติต่างๆ ของซิลิกอนคาร์ไบด์

<b>Physical Properties</b>	Metric	English
Density	3.10 g/ cm <sup>3</sup>	0.112 lb/in <sup>3</sup>
<b>Mechanical Properties</b>	Metric	English
Modulus of Elasticity	410 GPa	59500 ksi
Compressive Strength	4600 MPa	667000 psi
Poissons Ratio	0.140	0.140
Fracture Toughness	4.60 MPa-m <sup>1/2</sup>	4.19 ksi-in <sup>1/2</sup>
<b>Thermal Properties</b>	Metric	English
Specific Heat Capacity	0.670 J/g-°C	0.160 BTU/lb-°F
Thermal Conductivity	77.5 W/m-K	538 BTU-in/hr-ft <sup>2</sup> -°F
	@Temperature 400 °C	@Temperature 752 °F
	125.6 W/m-K	871.7 BTU-in/hr-ft <sup>2</sup> -°F
	@Temperature 200 °C	@Temperature 392 °F

(ที่มา : <http://www.matweb.com>)

ภาคผนวก จ.  
ผลงานการนำเสนอผลงานประชุมวิชาการ

# IEINET

Industrial Engineering Network Conference  
2009

## รวมบทคัดย่อ

การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ปี 2552

21-22 ตุลาคม 2552

โรงแรมพูลแมนขอนแก่น ราชอาอคิด จังหวัดขอนแก่น



ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ร่วมกับ



### สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การพัฒนาระบบเครื่องรีนรูปอย่างรวดเร็วในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องเงิน	173
โดย ศาสตราจารย์ ดร. อดิสรณ์ งามวิจิตร	
การศึกษาศักยภาพของขนาดเกรนในโครงสร้างจุลภาควัสดุ สำหรับการวิเคราะห์สัญญาณคลื่น	174
โดย ศาสตราจารย์ ดร. อดิสรณ์ งามวิจิตร	
การประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเพื่อพัฒนาแนวทางการใช้ประโยชน์	175
โดย ศาสตราจารย์ ดร. อดิสรณ์ งามวิจิตร	
การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่มีต่อห้องในท่อ ที่ วาย เก สำหรับการทดสอบ	176
โดย ศาสตราจารย์ ดร. อดิสรณ์ งามวิจิตร	
การพัฒนาระบบกระจายค่าความคลาดเคลื่อนที่เหมาะสมเมื่อเดตัมของการบอกขนาดเปลี่ยนแปลง	177
โดย ศาสตราจารย์ ดร. อดิสรณ์ งามวิจิตร	
การพัฒนาระบบทดสอบซีลิกอนคาร์ไบด์พูนจากไม้ยางพาราผสมเนื้ออะลูมิเนียม	178
โดย ศาสตราจารย์ ดร. อดิสรณ์ งามวิจิตร	
การพัฒนาระบบสินค้าบนสายพานการผลิตสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมด้วยคลื่นอัลตราโซนิค	179
โดย ศาสตราจารย์ ดร. อดิสรณ์ งามวิจิตร	
การพัฒนาระบบที่เหมาะสมในการกลึงไม้มะพร้าวด้วยใบมีดคาร์ไบด์	180
โดย ศาสตราจารย์ ดร. อดิสรณ์ งามวิจิตร	
การพัฒนาระบบข้อมูลชิ้นส่วนย่อยของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกด้วยโปรแกรมออร์โตเดส อินเวนเตอร์ 11	181
โดย ศาสตราจารย์ ดร. อดิสรณ์ งามวิจิตร	
การพัฒนาระบบสร้างเครื่องบรรจุและอัดดินอเนกประสงค์	182
โดย ศาสตราจารย์ ดร. อดิสรณ์ งามวิจิตร	



## การผลิตและทดสอบซิลิกอนคาร์ไบด์พอร์ซเลนจากไม้ยางพาราผสมเนื้ออะลูมิเนียม

ศิวานาท ลอยกุลนันท์<sup>1</sup> เจษฎา วรรณสินธุ์<sup>2</sup> สุธรรม นียมवास<sup>3</sup> นภิสพร มีมงคล<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

<sup>2</sup>ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

<sup>3</sup>ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

E-mail: siwanat22@gmail.com

### บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอกระบวนการผลิตและทดสอบวัสดุผสมอะลูมิเนียมผลิตจากไม้ยางพารา โดยแสดงขั้นตอนการสังเคราะห์ไม้ยางพาราด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยมี 3 ขั้นตอนดังนี้ 1) กระบวนการคาร์โบไนเซชัน 2) กระบวนการโซล-เจล 3) ปฏิิกิริยาคาร์โบเทอร์มอล รีดักชัน ได้เป็นซิลิกอนคาร์ไบด์โครงสร้างไม้ที่มีลักษณะพอร์ซเลน หลังจากนั้นได้ทำการหล่ออัด (Squeeze casting) โดยใช้อะลูมิเนียมเหลว ได้เป็นวัสดุผสมเนื้ออะลูมิเนียมเสริมแรงด้วยซิลิกอนคาร์ไบด์พอร์ซเลน วัสดุที่ได้มีลักษณะของเนื้ออะลูมิเนียมแทรกอยู่ในรูพอร์ซเลน ซิลิกอนคาร์ไบด์ทั่วทั้งโครงสร้าง นำวัสดุผสมที่ได้มาศึกษาปัจจัยในการทดลองไว้ 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย ลักษณะการวางตำแหน่งมีทั้งแบบแนวแกนและแนวรัศมี และปัจจัยที่ 2 คือ เวลาในการเผาแซ่ (holding time) ซิลิกอนคาร์ไบด์พอร์ซเลน จากนั้นนำมาทดสอบสมบัติต่างๆ อาทิเช่น การนำไฟฟ้า การนำความร้อน และความสึกกร่อน ผลที่ได้พบว่าโครงสร้างไม้แนวแกนนำไฟฟ้าและต้านทานการนำความร้อนได้ดีกว่าส่วนโครงสร้างแนวรัศมี และสมบัติเชิงกลที่ดีกว่าโครงสร้างแนวแกน

คำสำคัญ ไม้ยางพารา, ซิลิกอนคาร์ไบด์พอร์ซเลน, การหล่ออัด

ภาคผนวก ฉ.  
ประวัติคณะผู้วิจัย