

บทคัดย่อ

ส่วนที่ 1 รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัย

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การศึกษาอิทธิพลของการรีดเย็นและการบ่มแข็งต่อสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริกของอลูมิเนียมเกรด 6063
(ภาษาอังกฤษ) A Study of the Effects of Cold Working and Aging on Thermoelectric Properties of Aluminium alloy 6063

ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยประจำปี 2551 จำนวนเงิน 275,500.00 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย24..... เดือน ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2550 ถึง 30 กันยายน 2552

รายนามคณะผู้วิจัย

ดร.ปรีชา เดิมสุขสวัสดิ์ (หัวหน้าโครงการ)
สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
โทรศัพท์ 02-470-8695-9 ต่อ 302

ดร.นคร ศรีสุขุมบวรชัย (ผู้ร่วมงานวิจัย)
สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
โทรศัพท์ 02-470-8642

บทคัดย่อ

สัมประสิทธิ์ซีเบกเป็นสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริกของวัสดุถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาอุปกรณ์แปลงรูปพลังงาน สมบัติเทอร์โมอิเล็กทริกของวัสดุเปลี่ยนแปลงไปตามส่วนผสมทางเคมี โครงสร้างผลึกและโครงสร้างจุลภาค ดังนั้นหากปัจจัยด้านโครงสร้างเปลี่ยนแปลงไปก็มีผลทำให้สมบัติเทอร์โมอิเล็กทริกเปลี่ยนแปลงไปด้วย ในการรีดโลหะและการบ่มแข็งโลหะนั้นจะส่งผลทำให้โครงสร้างผลึกและโครงสร้างจุลภาคเปลี่ยนแปลงไป ในการตรวจสอบโครงสร้างใหม่นั้นจะต้องนำชิ้นงานมาตัดและขัด

เพื่อทำการส่องดูโครงสร้าง เป็นการตรวจสอบแบบทำลาย ดังนั้นหากมีเทคนิคที่สามารถทดสอบแบบไม่ทำลายจะทำให้การตรวจสอบมีค่าใช้จ่ายน้อยลง การทดสอบสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริกของวัสดุเป็นการทดสอบแบบไม่ทำลายและใช้เวลาในการทดสอบน้อย งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาอิทธิพลของการรีดเย็นและการบ่มแข็งต่อสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริกของอะลูมิเนียมเกรด 6063 เพื่อสำหรับเป็นความรู้ในการพัฒนาเครื่องมือทดสอบโครงสร้างแบบไม่ทำลายต่อไป การศึกษาอิทธิพลของการรีดต่อค่าสัมประสิทธิ์ซีเบ็คได้ทำการรีดชิ้นงานอะลูมิเนียมด้วยเปอร์เซ็นต์ลดขนาดตั้งแต่ 29 ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ซีเบ็คของตัวอย่างที่ผ่านการรีดเย็นแปรผกผันกับขนาดของชิ้นงาน โดยชิ้นงานที่บางมีค่าสัมประสิทธิ์ซีเบ็คสูงกว่าชิ้นงานที่หนา เนื่องมาจากลักษณะการแพร่ของความร้อนไปยังข้อเหวี่ยงที่ไม่เท่ากันของด้านที่สัมผัสความร้อนและด้านที่ไม่สัมผัสความร้อนที่ข้อเหวี่ยง อย่างไรก็ตามค่าสัมประสิทธิ์ซีเบ็คของชิ้นงานที่ผ่านการรีดมีค่าสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์ซีเบ็คของชิ้นงานที่มีความหนาเท่ากันที่ไม่ผ่านการรีด นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความต้านทานไฟฟ้าของชิ้นงานที่ผ่านการรีดมีค่าสูงกว่าค่าความต้านทานไฟฟ้าของชิ้นงานที่ไม่ผ่านการรีด

สำหรับการศึกษาการบ่มแข็ง ชิ้นงานถูกเตรียมโดยเริ่มจากการอบละลายเฟสที่อุณหภูมิ 520 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นทำให้เกิดการเย็นตัวอย่างรวดเร็วและทำการบ่มแข็งโดยการให้ความร้อนกับอะลูมิเนียมที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0-12 ชั่วโมง โดยทำการเก็บชิ้นงานตัวอย่างจากเตาทุกชั่วโมง และทำให้ตัวอย่างเย็นตัวอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นทำการวัดสัมประสิทธิ์ซีเบ็ค ความแข็งแรง ความแข็งแรงทางดึงและความต้านทานไฟฟ้า ซึ่งพบว่าสัมประสิทธิ์ซีเบ็คของตัวอย่างขนาด $1.9 \times 1.9 \times 5.0$ ลูกบาศก์เซนติเมตรที่ผ่านการอบละลายเฟสและบ่มแข็งอยู่ในช่วง 2.4-3.0 ไมโครโวลต์ต่อเคลวินสำหรับการวัดในแนวนอน โดยมีรูปแบบที่เด่นชัดคือสัมประสิทธิ์ซีเบ็คจะเพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการบ่มแข็งและค่าสัมประสิทธิ์ซีเบ็คที่ต่ำที่สุดพบในชิ้นงานที่ผ่านการการบ่มแข็ง 8-9 ชั่วโมง ซึ่งในช่วงนี้จะให้ค่าความแข็งแรงสูงสุด เนื่องมาจากการตกผลึกของเฟส β'' ซึ่งมีความเป็น coherent กับอะลูมิเนียม อย่างไรก็ตามการวัดสัมประสิทธิ์ซีเบ็คในตัวอย่างที่มีขนาด $2.5 \times 2.5 \times 20.0$ ลูกบาศก์เซนติเมตรยังไม่พบแนวโน้มที่แน่นอน แต่ค่าความแข็งแรงและความแข็งแรงทางดึงมีค่าสูงขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ในการอบบ่ม ค่าความต้านทานไฟฟ้าของตัวอย่างที่ผ่านการบ่มแข็งมีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้เวลาในการบ่มแข็งนานขึ้นเนื่องมาจากการตกผลึกของเฟสแมกนีเซียมซิลิไซด์ (Mg-Si) ซึ่งเป็นสาเหตุให้มีแมกนีเซียมและซิลิกอนละลายอยู่ในอะลูมิเนียมลดลง

คำสำคัญ: การบ่มแข็ง/ การรีดเย็น/ แมกนีเซียมซิลิไซด์/ โทเฮอร์เรนซี/ สัมประสิทธิ์ซีเบ็ค/

อะลูมิเนียมเกรด 6063

Abstract

Seebeck coefficient, thermoelectric property of materials, has being studied to develop energy conversion equipment from heat. This property is affected by crystal structure and microstructure of metal. Therefore, change in crystal structure and microstructure would alter thermoelectric property. Cold rolling and aging are processes, which change the structures of materials. To investigate the change of the structure, the sample must be cut and ground before being investigated by microscope. This technique is destructive. The aim of this research is to study the influence of cold working and aging on thermoelectric properties of aluminium alloy 6063 in order to further development of new non-destructive technique. To study effect of cold rolling on Seebeck coefficient, samples were cold rolled at various reduction percentages from 29 to 90 reduction percentage. Seebeck coefficients of cold-rolled Al6063 increased when thicknesses of the samples decreased. This phenomenon is due to unequal thermal diffusion rate from copper-sample contact surface and noncontact surface at the hot side to the cold side. However, Seebeck coefficient measured in the rolling direction is higher than those of unrolled equal-thickness samples. In addition, electrical resistivity of cold rolled samples is higher than those of unrolled samples for every thickness.

To study the effect of ageing, the samples were subjected to solution treatment at 520^oC for 2 hours, followed by quenching in water at room temperature and then artificial aging at 180^oC for 1 to 12 hours. Samples were taken out of the furnace every hour. After that,

Seebeck coefficient, hardness and tensile testing and electrical resistivity measurement of aged samples were conducted. The results show that Seebeck coefficients of the solutionized and aged samples, whose dimension of $1.9 \times 1.9 \times 5.0 \text{ cm}^3$, are in the range of 2.4-3.0 $\mu\text{V/K}$. The prominent trend is the increase of Seebeck coefficient at the beginning of aging hours and, then, it reduces to a minimum value for sample aged for 8-9 aging hours. Hardness of sample, whose Seebeck coefficient is the minimum, is the maximum. It was believed to be due to β'' precipitation, which is coherent with aluminum matrix. However, Seebeck coefficient of aged samples, whose dimension is $2.5 \times 2.5 \times 20.0 \text{ cm}^3$, does not show a specific trend. However, tensile strength and hardness increase with aging time. These trends are opposite to electrical resistivity, which decreases with aging time. These trends can be explained by Mg_2Si precipitation leading to decreasing magnesium and silicon in solid solution.

Keywords: Aging/ Aluminium 6063/ Coherency/ Cold working/ Magnesium Silicide/

Seebeck Coefficient

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้ความสำคัญกับโครงการวิจัยในครั้งนี้โดยการสนับสนุนทุนวิจัยในการศึกษา ทำให้การศึกษาโครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
รายการตาราง	ฎ
รายการรูปประกอบ	ฐ
รายการสัญลักษณ์	ถ
ประมวลศัพท์และคำย่อ	ท
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 อะคูมิเนียมผสมเกรด 6063	4

2.2	ปรากฏการณ์ซีเบ็ค	10
-----	------------------	----

หน้า

2.3	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
-----	-----------------------	----

3.	การดำเนินงานวิจัย	28
-----------	--------------------------	-----------

3.1	วัสดุและอุปกรณ์	28
-----	-----------------	----

3.1.1	ชิ้นงานทดสอบ	28
-------	--------------	----

3.1.2	อุปกรณ์สำหรับตัดชิ้นงาน	28
-------	-------------------------	----

3.1.3	อุปกรณ์สำหรับวัดความแข็ง	28
-------	--------------------------	----

3.1.4	อุปกรณ์สำหรับวัดความแข็งแรงแรงดึง	28
-------	-----------------------------------	----

3.1.5	เครื่องมือรีดเย็น	28
-------	-------------------	----

3.1.6	เตาอบชิ้นงาน	29
-------	--------------	----

3.1.7	ชุดอุปกรณ์วัดค่าสัมประสิทธิ์ซีเบ็ค (Seebeck Coefficient Equipment)	29
-------	--	----

3.1.8	เครื่อง Differential Scanning Calorimeter	30
-------	---	----

3.1.9	เครื่อง X-ray Diffractometry	30
-------	------------------------------	----

3.1.10	เครื่อง Transmission Electron Microscope	30
--------	--	----

3.1.11	เครื่อง Sigmatest 2.069	30
--------	-------------------------	----

3.2	ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	30
-----	--------------------------	----

3.2.1	การสร้างอุปกรณ์วัดสัมประสิทธิ์ซีเบ็ค	31
	หน้า	
3.2.1.1	อุปกรณ์สำหรับวัดตัวอย่างในแนวดิ่ง	31
3.2.1.2	อุปกรณ์สำหรับวัดตัวอย่างในแนวนอน	32
3.2.1.3	การอ่านแรงดันซีเบ็คและอุณหภูมิ และการจัดเก็บข้อมูล	33
3.2.1.4	วิธีการวัดสัมประสิทธิ์ซีเบ็ค	33
3.2.1.5	ความแตกต่างของอุปกรณ์วัดสัมประสิทธิ์ซีเบ็คในงานวิจัยนี้และ งานวิจัยอื่นๆ	35
3.2.1.6	สัมประสิทธิ์ซีเบ็คสัมพัทธ์	35
3.2.2	การตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของชิ้นงาน	37
3.2.3	การวัดสัมประสิทธิ์ซีเบ็คโดยใช้อุปกรณ์วัดสัมประสิทธิ์ซีเบ็คใน แนวดิ่ง	37
3.2.3.1	การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสัมประสิทธิ์ซีเบ็คที่เกิดจากการรีดเย็น ครั้งที่ 1	37
3.2.3.2	การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสัมประสิทธิ์ซีเบ็คที่เกิดจากการรีดเย็น ครั้งที่ 2	38
3.2.3.3	การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสัมประสิทธิ์ซีเบ็คที่เกิดจากการบ่มแข็ง	38
3.2.4	การวัดสัมประสิทธิ์ซีเบ็คโดยใช้อุปกรณ์วัดสัมประสิทธิ์ซีเบ็คใน แนวนอน	39
3.2.4.1	การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสัมประสิทธิ์ซีเบ็คที่เกิดจากการรีดเย็น	39

3.2.4.2	การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสัมประสิทธิ์ซีเบ็คที่เกิดจากการบ่มแข็ง	42
หน้า		
3.2.4.2.1	การทดลองช่วงที่ 1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสัมประสิทธิ์ซีเบ็คของตัวอย่างขนาดเล็กที่ผ่านการบ่มแข็ง	42
3.2.4.2.2	การทดลองช่วงที่ 2 การศึกษาผลของขนาดชิ้นงานต่อค่าสัมประสิทธิ์ซีเบ็ค	43
3.2.4.2.3	การทดลองช่วงที่ 3 การศึกษาผลของการจัดผิวตัวอย่างที่มีต่อการวัดสัมประสิทธิ์ซีเบ็ค	46
3.2.4.2.4	การทดลองช่วงที่ 4 : การศึกษาผลของการบ่มแข็งที่ระยะเวลาานานที่มีต่อการวัดสัมประสิทธิ์ซีเบ็ค	49
4.	ผลและการอภิปรายผลการทดลอง	51
4.1	การวิเคราะห์ห่อหุ้มประกอบทางเคมีของชิ้นงานอะลูมิเนียมผสมเกรด 6063 ด้วยเทคนิค Emission Spectroscopy	51
4.2	การวัดสัมประสิทธิ์ซีเบ็คโดยใช้อุปกรณ์วัดสัมประสิทธิ์ซีเบ็คในแนวดิ่ง	52
4.2.1	การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสัมประสิทธิ์ซีเบ็คที่เกิดจากการรีดเย็น	52
4.2.2	การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสัมประสิทธิ์ซีเบ็คที่เกิดจากการบ่มแข็ง	56
4.2.3	ข้อดีและข้อเสียของเครื่องมือวัดสัมประสิทธิ์ซีเบ็คในแนวดิ่ง	57
4.3	การวัดสัมประสิทธิ์ซีเบ็คโดยใช้อุปกรณ์วัดสัมประสิทธิ์ซีเบ็คในแนวนอน	58

4.3.1	การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสัมประสิทธิ์ซีเบ็คและความต้านทานไฟฟ้าที่เกิดจากการรีดเย็น	58
	หน้า	
4.3.2	การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสัมประสิทธิ์ซีเบ็คที่เกิดจากการบ่มแข็ง	64
4.3.2.1	การทดลองช่วงที่ 1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสัมประสิทธิ์ซีเบ็คของตัวอย่างขนาดเล็กที่ผ่านการบ่มแข็ง	64
4.3.2.2	การทดลองช่วงที่ 2 การศึกษาผลของขนาดชิ้นงานต่อค่าสัมประสิทธิ์ซีเบ็ค	66
4.3.2.3	การทดลองช่วงที่ 3 การศึกษาผลของการขัดผิวตัวอย่างที่มีต่อการวัดสัมประสิทธิ์ซีเบ็ค	69
4.3.2.4	การทดลองช่วงที่ 4 การศึกษาผลของระยะเวลาที่ใช้ในการบ่มแข็งที่มีต่อสัมประสิทธิ์ซีเบ็ค	76
5	สรุปและข้อเสนอแนะ	80
5.1	สรุปผลการทดลอง	80
5.2	ข้อเสนอแนะ	81
	เอกสารอ้างอิง	82
	ภาคผนวก	84
ก.	ค่าสัมประสิทธิ์ซีเบ็ค	84
ข.	ค่าความแข็งวิกเกอร์และร็อคเวลล์สเกล H	93
ค.	ค่าความแข็งแรงแรงดึง	98

ง.	ค่าความต้านทานไฟฟ้า	100
จ.	ผลงานเผยแพร่	103