Jamjuree Journal

Volume 4 | Issue 1 Article 26

2000-03-01

วิทยาการใหม่ : โลหะโฟม วัสดุใหม่ในวงการวัสดุศาสตร์

พฤทธิ์ โกวิทวรางกูร

Follow this and additional works at: https://digital.car.chula.ac.th/jamjuree

Part of the Social and Behavioral Sciences Commons

Recommended Citation

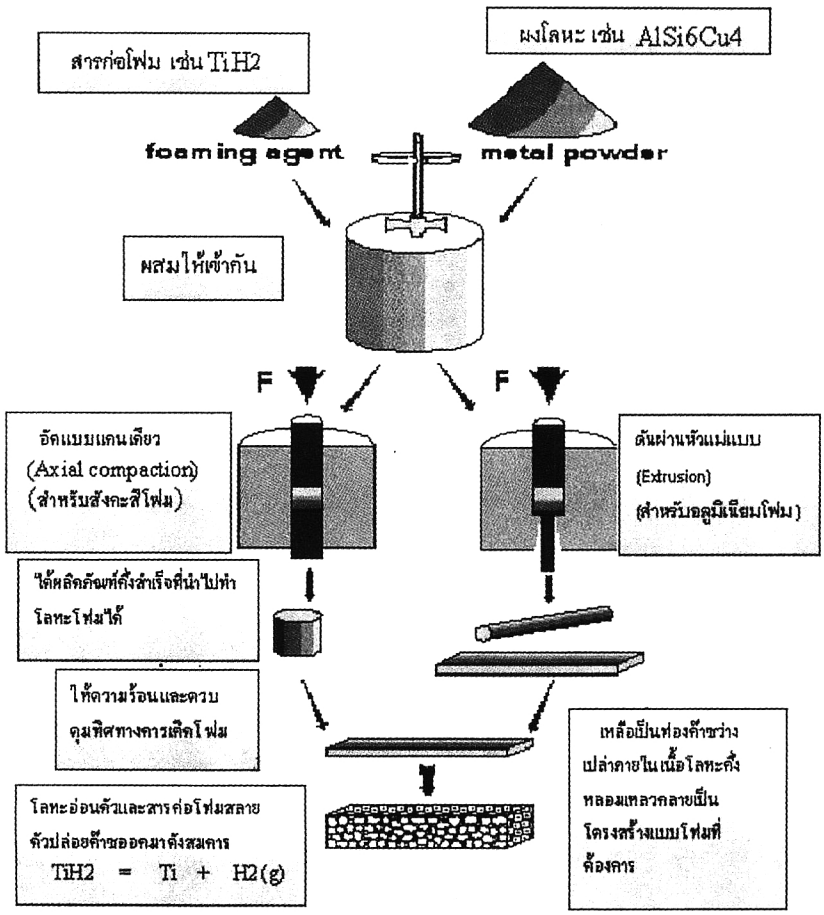
โกวิทวรางกูร, พฤทธิ์ (2000) "วิทยาการใหม่ : โลหะโฟม วัสดุใหม่ในวงการวัสดุศาสตร์," *Jamjuree Journal*: Vol. 4: Iss. 1, Article 26.
DOI: 10.58837/CHULA.JAMJUREE.4.1.23
Available at: https://digital.car.chula.ac.th/jamjuree/vol4/iss1/26

This Article is brought to you for free and open access by the Chulalongkorn Journal Online (CUJO) at Chula Digital Collections. It has been accepted for inclusion in Jamjuree Journal by an authorized editor of Chula Digital Collections. For more information, please contact ChulaDC@car.chula.ac.th.

โลหะโฟม วัสดุใหม่ในวงการวัสดุศาสตร์

โลหะโฟมเป็นวัสดุชนิดใหม่ที่เพิ่งค้นพบวิธีการผลิตขึ้นในต่างประเทศเมื่อไม่นานมานี้ โดยเปลี่ยนโลหะตันให้กลายเป็นโลหะที่มีรูพรุนของฟองแก๊สอยู่ภายใน คาดกันว่าอีกไม่นานโลหะโฟมจะเข้ามามีบทบาทอย่างมากใน อุตสาหกรรม รถยนต์ เรือเดินสมุทร และเครื่องบิน ถ้าเทคโนโลยีการผลิตมีความเหมาะสมเพียงพอ

ภาพที่ ๑
โลหะโฟม วัสดุที่ประกอบไปด้วยคุณสมบัติเด่นมากมาย



ภาพที่ ๒
แสดงกระบวนการผลิตโลหะโฟมจากผงโลหะ ค้นพบโดยสถาบันวิจัยฟรอนโฮเฟอร์ในเยอรมัน

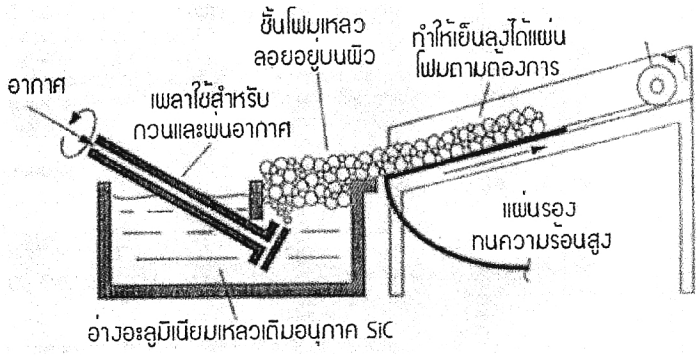
โลหะโฟมมีข้อดีหลาย ๆ อย่าง เช่น มีน้ำหนักเบาและยังคงความแข็งแรงสูง ทนไฟและทนความร้อนสูงได้ดีกว่าโลหะในสภาพปกติ ดูดซับแรงกระแทกได้ดีมาก เป็นฉนวนกันเสียง เชื่อมบัดกรี (Brazing)ได้ ประหยัดวัตถุดิบในการผลิต นำกลับมารีไซเคิลได้ นอกจากนี้ยังตัดหรือเจาะได้ง่ายอีกด้วย

โลหะโฟมผลิตได้อย่างไร ?

แนวคิดในการผลิตโลหะโฟมนั้นมีมานานแล้ว แต่เพิ่งจะค้นพบกระบวนการผลิตเมื่อประมาณสิบปี ที่ผ่านมาในเยอรมัน และในแคนาดา ด้วยวิธีที่ต่างกัน ภาพที่ ๒ แสดงกระบวนการผลิตโลหะโฟมที่ค้นพบ โดยสถาบันวิจัยฟรอนโฮเฟอร์ในเยอรมัน วิธีนี้คล้ายกับ การทำขนมปัง นั่นคือ ใช้ผงโลหะผสมกับสารก่อโฟม (Foaming agent) หลังจากนั้นบีบอัดเข้าด้วยกันแล้ว ให้ความร้อนจนโลหะอ่อนตัวพร้อมกับเกิดการสลายตัว ของสารก่อโฟมและคายก๊าซไฮโดรเจนออกมา เมื่อเย็น ตัวก็จะได้ โครงสร้างแบบโฟมตามที่ต้องการ วิธีนี้มักจะใช้กับอลูมิเนียมโฟม แต่ก็ใช้กับโลหะอื่นได้ เช่นดีบุกโฟม, สังกะสีโฟม, บรอนซ์โฟม สารก่อโฟมที่นิยมใช้ในกระบวนการผลิตนี้ ได้แก่ ไทเทเนียมไฮดรายด์ (TiH2)

ภาพที่ ๓ แสดงกระบวนการผลิตอะลูมิเนียมโฟม ซึ่งค้นพบโดยอัลแคนคอร์ปอเรชั่น ในประเทศแคนาดา โดยใช้อ่างอะลูมิเนียมเหลวที่มีการกวนอยู่อย่างสม่ำเสมอ พร้อมกับการพ่นฟองอากาศลงไป ทำให้เกิดชั้นโฟมเหลวลอยอยู่คล้ายครีมโกนหนวด หลังจากนั้นเทลงบนสายพานลำเลียง ทำให้เย็นลงเป็นแผ่นโฟมอะลูมิเนียม

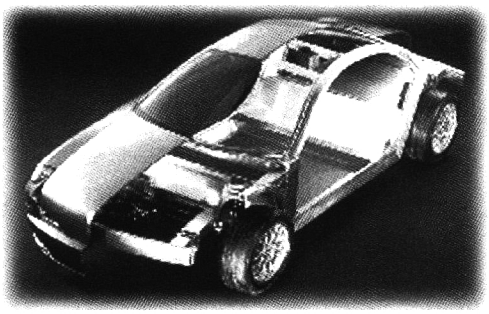
วิธีแรกมักใช้ผลิตโลหะโฟมให้เป็นรูปทรงสามมิติ ส่วนวิธีที่สองมักจะใช้ผลิตให้เป็นแผ่น นอกจากสองวิธีนี้ก็ยังมีวิธีอื่นๆ อีกที่สามารถผลิตโลหะโฟมได้แต่ยังไม่เป็นที่แพร่หลายเท่ากับสองวิธีนี้



ภาพที่ ๓
แสดงกระบวนการผลิตอะลูมิเนียมโฟม ซึ่งค้นพบโดยอัลแคนอคร์ปอเรชั่น ในประเทศแคนาดา

โลหะโฟมนำไปใช้ในงานด้านใด ?

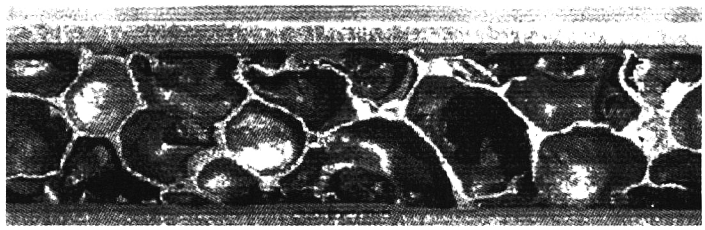
นักวิจัยในประเทศเยอรมันได้คิดค้นการประยุกต์ทำชิ้นงานโลหะโฟมในรูปแซนด์วิช โดยใช้อะลูมิเนียมหรือเหล็กกล้า ๒ แผ่น สอดไส้ ด้วยอะลูมิเนียมโฟมและระหว่างชั้นหลอมรวมติดกัน ดังที่แสดงในภาพ ๕ ซึ่งผู้ผลิตเครื่องบินสามารถนำแผ่นแซนด์วิชโลหะโฟมนี้ไปใช้สร้างเครื่องบินหรือจรวด และทางบริษัทต่อเรือก็สนใจเรื่องนี้ โดยต้องการใช้โลหะโฟมไปผลิตโครงสร้างที่อยู่เหนือดาดฟ้าเรือ ซึ่งทำให้เรือเบาลง และมีเสถียรภาพจมได้ยาก นอกจากนั้นอะลูมิเนียมโฟมมีความแข็งพอที่จะมาเป็นโครงสร้างรถยนต์ ภาพที่ ๔ แสดงโครงรถรุ่นใหม่ที่จัดแสดง ในงานมอเตอร์โชว์ที่ ดีทรอยในปี ๙๘ รถยนต์คันนี้ออกแบบโดยชาวเยอรมันที่ชื่อ นาย คาร์มาน โครงรถนี้ประกอบไปด้วยโครงอะลูมิเนียมและแผ่นแซนด์วิชอะลูมิเนียมโฟม



ภาพที่ ๔
รถยนต์ที่ใช้แผ่นแซนด์วิชอะลูมิเนียมโฟมเป็นส่วนประกอบในโครงรถ

การใช้งานในด้านก่อสร้างหลายอย่าง ที่ต้องการวัสดุที่เบาแข็งแกร่งและทนไฟ เช่น ลิฟท์ ซึ่งถ้านำแซนด์วิชโลหะโฟมไปใช้เป็นส่วนประกอบในลิฟท์ จะทำให้ประหยัดพลังงานได้มาก ส่วนข้อดีด้านการดูดซับเสียงบวกกับการทนความร้อน ทำให้บริษัทผู้ผลิตรถยนต์ในยุโรปวางแผนที่จะใช้โลหะโฟมเป็นส่วนประกอบของผนังกันไฟที่กั้นระหว่างส่วนของเครื่องยนต์กับห้องโดยสาร แถมด้วยฉนวนกันเสียงดังจากเครื่องยนต์อีกด้วย ในประเทศญี่ปุ่นก็มีการนำโลหะโฟมมาใช้สำหรับดูดเสียงในอุโมงค์รถยนต์

บริษัท ERG ในอเมริกาได้ผลิตโลหะโฟมที่มีลักษณะเฉพาะตัวคือ ช่องว่างในโละโฟมถูกทะลวงเชื่อมต่อถึงกัน ซึ่งนำไปประยุกต์ใช้งานต่างๆ ได้อีกมาก เช่น ปีกเครื่องบินที่บรรจุน้ำมันได้ ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตสารกึ่งตัวนำ ใช้เป็นตัวแลกเปลี่ยนหรือถ่ายเทความร้อน ภาพที่ ๖ แสดงการใช้โลหะโฟมเป็นตัวแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งบรรจุผงเคมีลงไปตามช่องว่างที่เปิดเชื่อมถึงกัน ท่อน้ำที่เห็นจะทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิเพื่อให้เกิดการดูดหรือ คายก๊าซแอมโมเนียจากผงเคมีที่บรรจุ



ภาพที่ ๕
แผ่นแซนด์วิชโลหะโฟม

ในอุตสาหกรรมด้านอวกาศ ปกติจะมีการใช้โลหะที่มีโครงสร้างแบบรังผึ้งซึ่งเป็นวัสดุที่เบาและดูดซับแรงกระแทกได้ดีคล้ายโลหะโฟม แต่โลหะโฟมมีคุณสมบัติที่เหนือกว่าหลายด้านคือ ราคาถูกกว่าและรูพรุนในโลหะโฟมยังมีความเท่ากันทุกทิศทางด้วย โลหะโฟมที่มีการใช้งานกันมากคือ อะลูมิเนียมโฟมอะลูมิเนียมโฟมที่ผลิตในแคนาดามีราคา ๕ ถึง ๑๐ เหรียญสหรัฐ / กก.

นอกจากนี้โลหะโฟมที่ผลิตจากตะกั่วและนิกเกิลเหมาะใช้ในการทำแบตเตอรี่ ทองโฟมและเงินโฟมอาจจะใช้ในงานอัญมณีและศิลปะ และไทเทเนียมโฟมก็สามารถนำไปใช้เป็นข้อต่อหรือกระดูกเทียมได้

ภาพที่ ๖
การใช้โลหะโฟมเป็นตัวแลกเปลี่ยนความร้อน

คุณสมบัติต่างๆของโลหะโฟม

Properties of Aluminium Foams

alloy		Al99.5	AlCu4	Al99.5 bulk
general data				
foaming agent	-	TiH_2	TiH_2	-
heat treatment of foam	-	none	age-hardened	-
density	g/cm³	0.4	0.7	2.7
mean pore diameter	mm	4	3	-
mechanical properties				
compression strength	MPa	3	21	-
energy absorption at 30% strain	MJ/m³	0.72	5.2	-
	kJ/kg	1.8	7.4	-
Young's modulus	GPa	2.4	7	67
dynamical loss factor (1 kHz)	1	$25 \cdot 10^{-4}$	--	$<5 \cdot 10^{-4}$
electrical and thermal properties				
electrical conductivity	m/(Ω·mm²)	2.1	3.5	34
specific electrical resistivity	μΩ·cm	48	29	2.9
thermal conductivity	W/(m·K)	12	--	235
thermal expansion coefficient	1/K	$23 \cdot 10^{-6}$	$24 \cdot 10^{-6}$	$23.6 \cdot 10^{-6}$

(typical values at 20°C)

ภาพที่ ๗

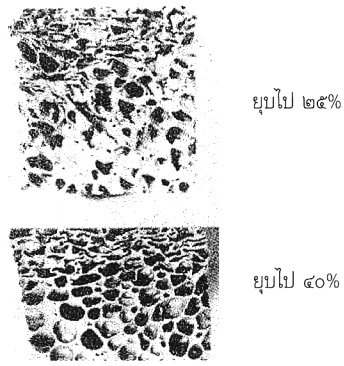
ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติ โฟมของอะลูมิเนียม โฟมของอะลูมิเนียมที่ผสมทองแดง ๔% และอะลูมิเนียมในสภาพปกติ

โลหะโฟมสามารถผลิตให้มีน้ำหนักเบาเหลือเพียง ๑ ใน ๑๕ ถึง ครึ่งหนึ่งของน้ำหนักโลหะปกติ อะลูมิเนียมโฟมที่ผลิตโดยสถาบันวิจัยฟรอนโฮเฟอร์ในเยอรมัน มีค่าความหนาแน่นในช่วง ๐.๓๕-๐.๙ กรัม / ลบ.ซม. ซึ่งต่ำจนสามารถลอยน้ำได้ และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของช่องว่างฟองแก๊สแต่ละช่องประมาณ ๓ มม.

ภาพที่ ๗ เป็นตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุ ๓ ชนิดได้แก่ โฟมของอะลูมิเนียม โฟมของอะลูมิเนียมที่ผสมทองแดง 4% และ อะลูมิเนียมในสภาพปกติ (เลข ๙๙.๕ หมายถึงมีอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ ๙๙.๕% และมีธาตุอื่นเจือปน ๐.๕%) จะเห็นว่า โฟมของอะลูมิเนียม จะมีความหนาแน่นเพียง ๐.๔ กรัม/ลบ.ซม.ซึ่งเบาและใช้วัตถุดิบในการผลิตน้อยกว่าอะลูมิเนียมปกติถึง ๖ เท่า และจากการทดลองการรับแรงอัดของโฟมที่ทำจากอะลูมิเนียมผสมทองแดง ๔% พบว่าทนแรงอัดได้กว่า ๒๐๐ กก.ต่อ ๑ ตร.ซม. โดยไม่เกิดความเสียหาย (หรือความแข็งแรงที่จุดครากมีค่า ๒๑ MPa นั่นเอง)

ภาพที่ ๘ แสดง ชิ้นงานอะลูมิเนียมโฟมที่ถูกทดสอบลักษณะการดูดซับแรงกระแทกและลักษณะการยุบตัว อะลูมิเนียมโฟมสามารถดูดซับแรงกระแทกได้ดีมาก เนื่องจาก เมื่อเกิดการกระแทกจะเกิดการพังทลายของช่องว่างฟองแก๊สทีละชั้น และในช่วงที่ช่องว่างฟองแก๊ซพังทลาย จะมีระดับความเค้นในวัสดุเกือบคงที่หรือมีเพียงเล็กน้อยในชิ้นงาน

โลหะโฟมที่ผลิตได้นั้นมีขนาดของช่องว่างแต่ละช่องไม่สม่ำเสมอกัน เชื่อกันว่าเป็นผลมาจากช่วงเวลาที่สั้นในการเกิดโฟม



ยุบไป ๒๕%

ยุบไป ๔๐%

ภาพที่ ๘

แสดงชิ้นงานอะลูมิเนียมโฟมที่ถูกทดสอบลักษณะการดูดซับพลังงานและลักษณะการยุบตัว

และการสลายตัวเร็วเกินไปของสารก่อโฟม แต่จากวิจัยเมื่อเร็ว ๆ นี้ พบว่า สามารถลดอัตราการสลายตัวของสารก่อโฟมชนิดไทเทเนียมไฮดรายด์ ได้โดยการเคลือบผิวด้วยฟิล์มอะลูมิเนียม ซึ่งผลการวิจัยนี้น่าจะนำไปสู่การผลิตโลหะโฟมที่มีขนาดช่องว่างสม่ำเสมอมากขึ้น การใช้อะลูมิเนียมที่เติมธาตุผสมต่างๆ มาทำโฟม จะทำให้ได้คุณสมบัติที่ต่างกันไป เช่น โฟมของอะลูมิเนียมที่ผสมแมกนีเซียม ๑๐% จะรับแรง กระแทกได้ดีขึ้นและมีความเปราะมากขึ้นเทียบกับอะลูมิเนียมบริสุทธิ์

ในปัจจุบันนั้น การผลิตโลหะโฟมยังคงมีต้นทุนสูงอยู่ ซึ่งจากปัจจัยด้านต้นทุนและกระบวนการผลิตทำให้ยังไม่มีความพร้อมและเหมาะสมพอที่จะนำมาใช้งานทั่วๆไปในรูปอุตสาหกรรมได้ แต่จากการวิจัยและพัฒนาของหลายๆ ประเทศ ทำให้การผลิตโลหะโฟมในระดับใหญ่คงไม่ไกลเกินเอื้อม และอีกไม่นานโลหะโฟมอาจจะเป็นที่แพร่หลายและคงก่อประโยชน์ให้เกิดให้เกิดแก่โลกของเราไม่น้อย

นายพฤทธิ์ โกวิทวรางกูร

นิสิตชั้นปีที่ ๓ ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ

แหล่งข้อมูลอ้างอิง

1. http://www.ergaerospace.com/gallery.htm
2. http://ifam.ifam.fhg.de/fhg/ifam/ifam2801_e_index.html
3. http://deas-www.harvard.edu/users/faculty/Anthony_Evans/Ultralight_Conference/UltralightStructures.html
4. http://www.cymat.com
5. ไพรัตน์ ยิ้มวิลัย : สารคดี เรื่อง โลกของโลหะพรุน,วารสาร Update ฉบับที่ 144
6. F. Baunmgartner,Dr Cohrt,D Brung: Basic Aspects of the Production of Aluminium Foam by PM and Examples of Application ; 1998 PM World Congress - Light Alloys
7. F.Han,Z. Zhu,J. Gao : Metall. Trans. A,1998,vol. 29A, pp. 2497-2502
8. F . Han, Z. Zhu, J. Gao, W. Song : Metall. Trans. B,1998,vol. 29B,pp. 1315-1319
9. C.J. Yu, H.H. Eifert, J. Banhart, J. Baumeister : Advanced Materials & Processes Vol. 154 No.5, Nov 1998