บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ศึกษาการพัฒนาวัสดุเชิงประกอบพื้นอะลูมิเนียมเสริมแรงด้วยอนุภาคซิลิคอนคาร์ไบด์ที่ผลิตด้วยวิธีฉีดขึ้นรูปวัสดุผงเพื่อขยายขอบเขตการใช้งานทางวิศวกรรม เช่น ด้านอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ โดยศึกษาผลกระทบของปริมาณการเติมอนุภาคเสริมแรง ขนาดผงอะลูมิเนียมและวิธีการเตรียมส่วนผสมผงวัสดุต่อสมบัติของวัสดุเชิงประกอบ เพื่อเลือกสภาวะการเตรียมวัสดุที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบสมบัติความแข็งแรงดึงของวัสดุเชิงประกอบ ในการศึกษาวิจัยได้ทำการฉีดขึ้นรูปผงโดยใช้วัสดุพื้นเป็นโลหะผสมอะลูมิเนียม-ทองแดง ขนาดผง 36-130 ไมครอน และเสริมแรงด้วยอนุภาคซิลิคอนคาร์ไบด์ที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 18-21 ไมครอน ที่ปริมาณ 10 – 40 vol.% ขึ้นรูปชิ้นงานโดยใช้เครื่องฉีดขึ้นรูปแบบลูกสูบระดับห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 170°C จากนั้นเผาผนึกที่อุณหภูมิ 700-780°C จากผลการศึกษาวิจัยพบว่า โครงสร้างจุลภาคของวัสดุเชิงประกอบภายหลังการเผาผนึกประกอบไปด้วยเนื้อพื้นโลหะอะลูมิเนียมล้อมรอบด้วยอนุภาคซิลิคอนคาร์ไบด์ที่มีขนาดเล็กกว่ากระจายตัวอยู่โดยรอบ และพบรูพรุนเกิดร่วมกับกลุ่มของอนุภาคซิลิคอนคาร์ไบด์ เมื่อเพิ่มปริมาณอนุภาคซิลิคอนคาร์ไบด์จะมีแนวโน้มทำให้เกิดการรวมกลุ่มของอนุภาคซิลิคอนคาร์ไบด์มากขึ้นรวมถึงเกิดรูพรุนมากขึ้นด้วย ซึ่งส่งผลให้ค่าความหนาแน่นและความแข็งมีแนวโน้มลดลงเมื่อเติมอนุภาคซิลิคอนคาร์ไบด์มากกว่า 20 vol.% นอกจากนี้พบว่าการเตรียมส่วนผสมผงวัสดุโดยใช้ผงอะลูมิเนียมขนาดเล็กโดยกรองด้วยตะแกรงจะทำให้ผงวัสดุมีทองแดง แมกนีเซียมและออกซิเจนมากกว่าการใช้ผงอะลูมิเนียมขนาดใหญ่ ส่งผลทำให้เกิดเฟสของ $MgAl_2O_4$ Mg_2Si และ Al_2Cu ภายหลังการบ่มแข็งในปริมาณที่เด่นชัดกว่า แต่พบปัญหาการบิดเบี้ยวของชิ้นงาน ส่วนการเตรียมส่วนผสมผงวัสดุโดยการบดผสมเชิงกลจะช่วยลดอุณหภูมิการเผาผนึก แต่ให้ค่าความหนาแน่นและความแข็งลดลงเนื่องจากผงวัสดุมีขนาดใหญ่ขึ้น

จากการศึกษาผลกระทบของการให้อุณหภูมิในระดับปานกลาง คือ 100 200 และ 300°C เป็นเวลา 10 และ 100 ชั่วโมง ต่อสมบัติความแข็งและความแข็งแรงดึงของวัสดุเชิงประกอบพื้นอะลูมิเนียมเสริมแรงด้วยอนุภาคซิลิคอนคาร์ไบด์พบว่า สมบัติความแข็งหลังผ่านการได้รับอุณหภูมิในช่วงระยะเวลาสั้นคือ 10 ชั่วโมง จะให้แนวโน้มค่าความแข็งเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระดับอุณหภูมิเนื่องจากการตกตะกอนของเฟสที่สองเพิ่มเติม มีค่าความแข็งเฉลี่ยสูงสุด 182.2 Hv และเมื่อวัสดุเชิงประกอบได้รับอุณหภูมิเป็นเวลานาน คือ 100 ชั่วโมง จะให้ค่าความแข็งที่มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มระดับของอุณหภูมิเนื่องจากเกิด over-aging และมีความแข็งเฉลี่ยต่ำสุด 70.9 Hv นอกจากนี้เมื่อผ่านการได้รับอุณหภูมิ วัสดุเชิงประกอบมีค่าความแข็งแรงดึงเฉลี่ยในช่วง 108-192 MPa และมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มระดับอุณหภูมิเนื่องจากเกิดการหลุดหลวมของอนุภาคซิลิคอนคาร์ไบด์ออกจากเนื้อพื้นโลหะอะลูมิเนียม มีจุดเริ่มต้นของการแตกหักเนื่องจากกลุ่มอนุภาคซิลิคอนคาร์ไบด์ที่อยู่ร่วมกับรูพรุนในบริเวณใกล้ผิวของชิ้นงาน พบอนุภาคซิลิคอนคาร์ไบด์เกิดการหลุดหลวมออกจากเนื้อพื้น ทำให้เกิด microvoid ล้อมรอบอนุภาคซิลิคอนคาร์ไบด์บนพื้นผิวแตกหัก

Abstract

This research investigated advances on silicon carbide particulate (SiCp) reinforced- aluminium composite fabricated by powder injection moulding for extended engineering applications in automotive for example. Effects of SiCp addition, aluminium powder size and feedstock preparation on composite properties were primarily studied prior to subsequent tensile testing of the pre-designated composites. Powder injection moulding was employed in this research using 36-130 micron sized aluminium-copper powder and 18-21 micron sized SiCp as the reinforcing material at 10-40 vol.% addition. A lab-scale plunger-typed powder injection machine was operated at 170°C, followed by sintering over 700-780°C. The results showed that the sintered microstructures consisted of aluminium matrix surrounded by smaller sized SiCp scattering throughout, with porosity found alongside SiCp clusters. At higher silicon carbide addition, in excess of 20 vol.%, the observed microstructures were prone to porosity-SiCp clusters, leading to detrimental density and hardness properties. Moreover, the composite prepared by smaller sized aluminium powder rendered the sieved aluminium powder to have higher contents of copper and magnesium than that of the larger sized one. The resulting $MgAl_2O_4$, Mg_2Si and Al_2Cu phases were therefore more pronounced after sintering in this case and specimen distortion was observed. Feedstock preparation by using mechanical alloying although aided sintering at lower temperature, reduced density and hardness were unfortunately obtained as a result of feedstock agglomeration into a larger size.

Investigation on the effects of moderate temperature exposures at 100, 200 and 300°C over 10 and 100 hrs. on hardness and tensile properties revealed that an increasing hardness trend with increasing exposure temperature was achieved after short-term exposures for 10 hrs., due to further precipitation of the second phases, offering the maximum hardness of 182.2 Hv. For long-term exposures at 100°C, hardness reduction was inversely observed due to over-aging, giving the minimum hardness of 70.9 Hv. Moreover, the tensile strength was 108-192 MPa after moderate temperature exposure. The tensile strength however became deleterious with increasing exposure temperature, resulting from decoherance of SiCp from aluminium matrix. Porosity-SiCp clusters acted as tensile crack initiations found on specimen's sub-surfaces. Microvoids were typically found initiated by SiCp on the tensile fracture surfaces.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี