บทที่ 4

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

โครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาและสังเคราะห์สมบัติของผงไทเทเนียมไดบอไรด์ระดับนาโน โดยตัวแปรที่ทำการศึกษา คือ ความดันบรรยากาศภายในเตาปฏิกรณ์ SHS เวลาที่ใช้ในการบดผสมสารตั้งต้น ความหนาแน่นอัดของผงตัวอย่างที่ทำการอัดขึ้นรูปก่อนการสังเคราะห์ (Green density) และการเติมสารตัวเติม NaCl เพื่อที่จะทำให้ได้ผงไทเทเนียมไดบอไรด์ระดับนาโน อีกทั้งทำการศึกษาสมบัติเชิงกล นั่นคือ ความแข็ง (Hardness) ของ MMC ที่ทำการหล่อแบบอัด โดยใช้ผง TiB_2 ขนาดอนุภาค 5 μm 168 และ 101 nm เป็นตัวเสริมแรงในอะลูมิเนียมเกรด A356 ผลการศึกษาสรุปได้ ดังนี้

1. สามารถทำการสังเคราะห์ผงไทเทเนียมไดบอไรด์ได้ จากการใช้สารตั้งต้น 3 ชนิด คือ TiO_2 B_2O_3 และ Mg โดยการสังเคราะห์ด้วยกระบวนการปฏิกิริยาก้าวหน้าด้วยตัวเองที่อุณหภูมิสูง (Self-propagating High Temperature synthesis: SHS)

2. ความดันบรรยากาศภายในเตาปฏิกรณ์ SHS ที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์ผงไทเทเนียมไดบอไรด์ระดับนาโน คือ 0.5 MPa ซึ่งจะทำให้ชิ้นงานที่นำไปทำการสังเคราะห์ในเตาปฏิกรณ์นั้น เกิดการเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ทั้งชิ้นงาน

3. เวลาที่ใช้ในการบดผสมสารตั้งต้น เพื่อทำให้ได้ผงไทเทเนียมไดบอไรด์ ที่มีขนาดเล็กที่สุด (40.43 μm) และทำให้ได้เปอร์เซ็นต์ผง TiB_2 สูงที่สุด (40.55%) คือ 45 นาที และที่เวลาบด 45 – 300 นาทีไม่ได้ทำให้ได้ผงไทเทเนียมไดบอไรด์ขนาดเล็กลงแต่อย่างไร

4. ความดันอัดชิ้นงานตัวอย่างก่อนการสังเคราะห์ ที่ทำให้ได้ผงไทเทเนียมไดบอไรด์ขนาดเล็กที่สุด (275.97 nm) คือ การใช้ความดันอัดขนาด 1000 psi อัดขึ้นรูปผงตัวอย่าง

5. การเติมสารตัวเติม NaCl ในสารตั้งต้นปริมาณ 0-2.4 โมล ยังคงทำให้สามารถสังเคราะห์ผงไทเทเนียมไดบอไรด์ด้วยกระบวนการปฏิกิริยาก้าวหน้าด้วยตัวเองที่อุณหภูมิสูง (Self-propagating High Temperature synthesis: SHS) ได้เพราะ T_{ad} ของแต่ละระบบยังคงสูงกว่า 1800 ºC อีกทั้งยังทำให้ได้ผงไทเทเนียมไดบอไรด์ในระดับนาโน นั่นคือ 73.13-167.97 nm โดยเมื่อทำการเติมสารตัวเติม NaCl 2.4 โมล ทำให้ได้ขนาดผง TiB_2 เล็กที่สุด คือ 73.13 nm

6. การหล่อโลหะแบบอัด (Squeeze casting) สามารถใช้ผลิตวัสดุผสมระหว่างอะลูมิเนียมเกรด A356 กับผงไทเทเนียมไดบอไรด์ ที่มีขนาด 5 μm 168 nm และ 101 nm ได้ โดยใช้แรงดันในการอัดประมาณ 25,000 kgf หรือ 5.1 MPa

7. ความแข็งของชิ้นงาน MMC ที่มีอะลูมิเนียมเกรด A356 เป็นเนื้อและมีผงไทเทเนียมไดบอไรด์เป็นตัวเสริมแรง จะมีค่าระหว่าง 240-744 HV ในขณะที่บริเวณอะลูมิเนียมมีค่าความแข็งเพียง 40-50 HV เท่านั้น ซึ่งบริเวณ MMC แข็งกว่าประมาณ 6-12 เท่า

8. การใช้ความดันขนาด 1000 psi อัดขึ้นรูปชิ้นงานผง TiB_2 ส่งผลให้ความแข็งบริเวณ MMC ของชิ้นงานที่ผ่านการหล่อผสมแล้วนั่นสูงที่สุดในทุกๆ ขนาดอนุภาคผง TiB_2 โดยที่การใช้ผง TiB_2 (5 μm) ขนาดใหญ่สุดจะส่งผลให้ค่าความแข็งบริเวณ MMC ของชิ้นงานน้อยที่สุด (369 HV) และการใช้ผง TiB_2 (101 nm) ขนาดเล็กสุดจะส่งผลให้ค่าความแข็งบริเวณ MMC ของชิ้นงานสูงที่สุด (744 HV)

9. ชิ้นงาน MMC ที่ผสมผง TiB_2 ขนาด 5 μm 168 nm และ 101 nm ที่ทำการผลิตขึ้นเองมีความแข็งสูงกว่า วัสดุผสมที่มีอะลูมิเนียมเป็นเนื้อและมีโบรอน ซิลิกอนคาร์ไบด์และผงไทเทเนียมไดบอไรด์ ขนาดอนุภาคระดับ 2 μm เป็นสารตัวเติม และชิ้นงาน MMC ที่ผสมผง TiB_2 ขนาด 5 μm และ 168 nm มีความแข็งสูงกว่าเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ อีกทั้งชิ้นงาน MMC ที่ผสมผง TiB_2 ขนาด 101 nm มีความแข็งสูงกว่าเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง เหล็กกล้าคาร์บอนสูงและเหล็กเครื่องมือ H13

10. งานวิจัยนี้มีข้อดี คือ สามารถสังเคราะห์ผงไทเทเนียมไดบอไรด์ขนาดอนุภาคระดับนาโนเมตร ผงมีการรวมตัวน้อยและสามารถทำการสังเคราะห์สารได้ที่อุณหภูมิห้อง โดยงานวิจัยของ A.K Khanra et al., (2004) ได้วิเคราะห์ขนาดผลึกของผง TiB_2 ได้ในระดับนาโนเมตร แต่มีขนาดอนุภาคในระดับไมโครเมตร อีกทั้งชิ้นงาน MMC ที่ผลิตขึ้นเองนั่นมีความแข็งสูงกว่าชิ้นงาน MMC ของงานวิจัยจาก Zhao M. et al., (2004)

ข้อเสนอแนะ

ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมภายใต้ตัวแปรความดันอัดชิ้นงานตัวอย่าง เมื่อใช้ความดันขนาด 1500 และ 2000 psi อัดขึ้นรูป เพื่อทราบกลไกที่เกิดขึ้นในระหว่างที่เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้