บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการขึ้นรูป silicon metal ตรวจสอบความสามารถในการเจาะกลึงชิ้นงาน ทำการไนไตรเดชั่นที่อุณหภูมิการไนไตรเดชั่นต่างๆ โดยควบคุมตัวแปรต่างๆ ในการทดลอง ผลการทดลองในขั้นตอนต่างๆ สามารถสรุปได้ดังนี้

6.1 สรุปผลการทดลอง

6.1.1 จากการศึกษาความสามารถในการเจาะรูและกลึงชิ้นงานที่ผ่านการเผาผนึกขั้นต้นพบว่าชิ้นงานซิลิคอนจากการทดลองมีค่าแฟกเตอร์ของการกลึงและการเจาะรู (MRR/V) ไม่เกิน 2.9 และ 0.13 ตามลำดับ (ขึ้นอยู่กับความเรียบผิวและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอกสว่าน)

6.1.2 การไนไตรเดชั่นจะสมบูรณ์มากขึ้นตามอุณหภูมิการไนไตรเดชั่นที่เพิ่มขึ้น โดยซิลิคอนที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาจะเหลือน้อยมาก (ประมาณ 2%) ที่อุณหภูมิการไนไตรเดชั่น 1450°C

6.1.3 ความหนาแน่นของชิ้นงาน (bulk density) และความหนาแน่นจริง (true density) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิไนไตรเดชั่นที่เพิ่มขึ้น (72-82% ของความหนาแน่นทางทฤษฎี) ซึ่งยังมีค่าต่ำเมื่อเทียบกับชิ้นงานเชิงพาณิชย์ (84% ของความหนาแน่นทางทฤษฎี) เปอร์เซนต์รูพรุนที่มีในชิ้นงานมีค่าอยู่ในช่วง (16-24%) ซึ่งมีค่ามากเมื่อเทียบกับชิ้นงานเชิงพาณิชย์ที่มีรูพรุน (10%) การที่ค่าความหนาแน่นที่ไม่สูงเท่าที่ควรและเปอร์เซนต์รูพรุนในชิ้นงานมากมีสาเหตุจากขนาดอนุภาคซิลิคอนเริ่มต้นที่ใหญ่ และเวลาการไนไตรเดชั่นที่น้อย

6.1.4 โครงสร้างจุลภาคของชิ้นงาน ที่อุณหภูมิไนไตรเดชั่นต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของซิลิคอนจะพบซิลิคอนไนไตรด์แบบ alpha matte เป็นส่วนใหญ่ พบโครงสร้างแบบ alpha needle เพียงเล็กน้อยซึ่งกลไกการเกิด alpha needle ส่วนใหญ่เกิดจากกลไก Vapour-Liquid-Solid mechanism

6.1.5 โครงสร้างจุลภาคของชิ้นงาน ที่อุณหภูมิไนไตรเดชั่นสูงกว่าจุดหลอมเหลวของซิลิคอน พบโครงสร้างคล้ายที่อุณหภูมิต่ำ แต่พบผลึกของเบตา-ซิลิคอนไนไตรด์ในโครงสร้าง โดยกลไกการเกิดเบตา-ซิลิคอนไนไตรด์ส่วนใหญ่ เกิดจากการมีเฟสของเหลวขณะทำปฏิกิริยาไนไตรเดชั่น

6.1.6 ค่าความแข็งแรงต่อการดัดจากการทดลองมีค่า (42-143 MPa) และค่าโมดูลัสของยังมีค่า (68-138 GPa) ซึ่งมีค่าต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานเชิงพาณิชย์ (197 MPa ,255 GPa) เนื่องจากเปอร์เซนต์รูพรุนที่มีอยู่มากในชิ้นงาน (16-24%)

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 ในการเตรียมผง silicon metal ควรใช้ขนาดอนุภาคของซิลิคอนที่เล็กลง (<15 ไมครอน) เนื่องจากจะทำให้ลดเวลาในการเผาผนึกขั้นต้น และลดเวลาไนไตรเดชั่นลง ควรมีการศึกษาผลของขนาดอนุภาคซิลิคอนเริ่มต้นต่อปฏิกิริยาไนไตรเดชั่น

6.2.2 การอัดชิ้นงานในการผลิตจริง ควรอัดชิ้นงานด้วยแรงดันที่มากขึ้น เพื่อให้ได้ความหนาแน่นของชิ้นงานเพิ่มขึ้น (รูพรุนเริ่มต้นลดลง) หรืออาจเพิ่มความหนาแน่นโดยทำการ Cold Isostatic Pressing (CIP) และควรทำการศึกษาผลของความดันที่ใช้ในการอัดชิ้นงานที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปและต่อกระบวนการไนไตรเดชั่น