บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของงานวิจัย

ปัจจุบันวัสดุประเภทเซรามิกส์ได้รับความสนใจนำมาใช้ในอุตสาหกรรมมากขึ้น เซรามิกส์จำพวกซิลิคอน (Silicon-base ceramics) ได้แก่ ซิลิคอนไนไตรด์ (Si_3N_4) และซิลิคอนคาร์ไบด์ (SiC) ได้มีการพัฒนาและนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องยนต์หรือชิ้นส่วนเครื่องจักรกลต่าง ๆ เนื่องจากเป็นเซรามิกส์ที่มีความแข็งแรงสูง น้ำหนักเบาเมื่อเทียบกับโลหะและสามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูงได้ดี โดยเซรามิกส์ซิลิคอนไนไตรด์ได้รับความสนใจนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอย่างมาก เนื่องจากต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนอย่างฉับพลัน (Thermal shock resistance) ต้านทานต่อการสึกหรอ (Wear resistance) ดี เมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานที่ทำด้วยโลหะ การคงความแข็งแรงที่อุณหภูมิสูง (1000°C) สัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อน (Thermal expansion coefficient) ต่ำ ต้านทานต่อการกัดกร่อน (Corrosion resistance) ดี มีความหนาแน่นน้อย ต้านทานต่อการเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนที่อุณหภูมิสูง (Oxidation resistance) ดี จากสมบัติดังกล่าวทำให้ซิลิคอนไนไตรด์เหมาะสมที่จะนำไปใช้งานเป็นชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์เมื่อใช้งานที่อุณหภูมิสูงได้ดี

การอัดขึ้นรูปผงซิลิคอนไนไตรด์สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การอัดด้วยความดันทุกทิศทาง (Hot isostatic pressing) การอัดด้วยความร้อน (Hot pressing) การเผาโดยปราศจากความดัน (Pressureless sintering) การทำปฏิกิริยาของผงซิลิคอนกับแก๊สไนโตรเจน (Reaction-bonding) ซึ่งสมบัติของซิลิคอนไนไตรด์จะแตกต่างกันตามกระบวนการผลิต ข้อได้เปรียบของวิธีรีแอกชันบอนด์ซิลิคอนไนไตรด์ต่อการขึ้นรูปวิธีอื่นคือ ต้นทุนวัสดุต่ำ เนื่องจากใช้วัสดุเริ่มต้นเป็นผงซิลิคอน สามารถขึ้นรูปชิ้นงานที่ซับซ้อนได้ขนาดและรูปร่างที่ใกล้เคียงกับที่ต้องการ (Near net shape) ทำให้ลดต้นทุนในการตัดเจาะกลึงไส (Machining) และอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาต่ำกว่าวิธีอื่นจึงไม่มีปัญหาข้อจำกัดอุณหภูมิของเตาทำให้ใช้เตาที่อุณหภูมิสูงไม่มากได้ แต่ชิ้นงานที่ผลิตด้วยวิธีรีแอกชันบอนด์ซิลิคอนไนไตรด์ (RBSN) นั้นมีข้อจำกัดคือ ชิ้นงานยังมีรูพรุนเหลืออยู่ ดังนั้นสมบัติเช่น ความหนาแน่นและความแข็งแรงจะต่ำกว่าการขึ้นรูปด้วยวิธีอื่น จึงเหมาะสำหรับการนำไปใช้งานที่อุณหภูมิสูงโดยไม่ต้องรับแรงมาก

ในประเทศไทยเซรามิกส์ซิลิคอนไนไตรด์ สามารถประยุกต์ใช้กับชิ้นส่วนอุปกรณ์โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแก๊สเทอร์ไบด์ (Gas Turbine Power Plant) หรือโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน (Thermal Power Plant) เช่น อุปกรณ์ชุดหัวเผา, อุปกรณ์ชุดหัวฉีด ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้ต้องใช้งานที่อุณหภูมิสูง จำเป็นต้องมีความแข็งสูงเพื่อความทนทานต่อการสึกหรอ (Wear resistance) และต้องมีความต้านทานต่อการเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจน (Oxidation resistance) ที่อุณหภูมิสูงได้ดี โดยใช้ซิลิคอนไนไตรด์ (Si_3N_4) ทดแทนวัสดุเดิมที่มีคุณสมบัติและอายุการใช้งานที่ด้อยกว่า เช่น เหล็กกล้าไร้สนิม (AISI 304) และเหล็กกล้าเครื่องมือ (SKD11) จากคุณสมบัติของซิลิคอนไนไตรด์ Si_3N_4 ที่ดีกว่านั้น ทำให้โรงไฟฟ้าสามารถลดการเสียโอกาสในการผลิตกระแสไฟฟ้าเนื่องจากการหยุดเดินเครื่องสำหรับการบำรุงรักษา เพื่อเปลี่ยนอุปกรณ์ดังกล่าว [กันยาทิพย์, 2543]

โครงงานนี้สนใจศึกษาข้อมูลเบื้องต้นและความเป็นไปได้ในการผลิตชิ้นส่วนหัวฉีดน้ำมันที่ใช้กับอุปกรณ์โรงไฟฟ้าด้วยกระบวนการ RBSN โดยได้แบ่งโครงงานออกเป็น 3 เฟส ดังนี้

เฟสที่ 1 ศึกษาการขึ้นรูปผงซิลิคอน ความสามารถในการตัดเจาะกลึงไสของชิ้นงานผงซิลิคอนอัด ศึกษาการเกิดปฏิกิริยาเมื่อปรับเปลี่ยนอุณหภูมิในการทำไนไตรเดชัน (Nitridation) ศึกษาสมบัติทางกลเบื้องต้นของชิ้นงานและศึกษาโครงสร้างจุลภาคของซิลิคอนไนไตรด์

เฟสที่ 2 ศึกษาผลของขนาดผงซิลิคอนเริ่มต้นต่อกระบวนการขึ้นรูปรีแอกชันบอนซิลิคอนไนไตรด์ และศึกษาการเกิดออกซิเดชันของรีแอกชันบอนด์ซิลิคอนไนไตรด์ที่อุณหภูมิสูง

เฟสที่ 3 ศึกษาตัวแปรที่เหมาะสมต่อการกลึงและเจาะชิ้นงานหัวฉีดน้ำมันและทดลองสร้างชิ้นงานต้นแบบหัวฉีดน้ำมันด้วยกระบวนการรีแอกชันบอนด์ซิลิคอนไนไตรด์

ในโครงงานเฟสที่ 1 กันยาทิพย์ ตันติคมน์, [2543] ได้ศึกษาการขึ้นรูปและคุณลักษณะของรีแอกชันบอนด์ซิลิคอนไนไตรด์เพื่อเป็นข้อมูลในการผลิตหัวฉีดน้ำมันในโรงไฟฟ้า แต่สมบัติต่างๆ ที่ได้ยังไม่สูงพอ โดยเฉพาะความหนาแน่นของชิ้นงานที่มี 72-82% ของความหนาแน่นทางทฤษฎี ซึ่งยังมีค่าต่ำเมื่อเทียบกับชิ้นงานเชิงพาณิชย์ (85% ของความหนาแน่นทางทฤษฎี) เปอร์เซ็นต์รูพรุนของชิ้นงานมีค่าอยู่ในช่วง 16-24% ซึ่งมากกว่าชิ้นงานเชิงพาณิชย์ที่มีรูพรุนเพียง 10% ความแข็งแรงต่อการดัด 42-143 MPa และค่าโมดูลัสของยัง 68-138 GPa ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับชิ้นงานเชิงพาณิชย์ (197 MPa และ 255 GPa ตามลำดับ) เนื่องจากมีรูพรุนมากในชิ้นงาน

โครงงานเฟสที่ 2 กิตติมา ศิลปษา, [2546] ศึกษาและปรับปรุงสมบัติของซิลิคอนไนไตรด์ โดยพิจารณาผลของขนาดผงซิลิคอนเริ่มต้นต่อกระบวนการขึ้นรูปรีแอกชันบอนด์ซิลิคอนไนไตรด์ ได้ขนาดผงเฉลี่ยของซิลิคอนที่เหมาะสมคือ 3 ไมครอน โดยชิ้นงานมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นและเปอร์เซ็นต์รูพรุนลดลงจากเฟสที่ 1 และศึกษาการเกิดออกซิเดชันของรีแอกชันบอนด์ซิลิคอนไนไตรด์

สำหรับโครงงานนี้เป็นเฟสที่ 3 จะศึกษาต่อโดยใช้ข้อมูลเบื้องต้นจากเฟสที่ 1 และเฟสที่ 2 เป็นแนวทางทดลองสร้างชิ้นงานต้นแบบหัวฉีดน้ำมันรีแอกชันบอนด์ซิลิคอนไนไตรด์

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1.2.1 เพื่อสร้างหัวฉีดน้ำมันด้วยรีแอกชันบอนด์ซิลิคอนไนไตรด์

1.2.2 เพื่อศึกษาเวลาที่เหมาะสมของการเผาผนึกขั้นต้นและการไนไตรเดชันสำหรับการผลิตชิ้นงานหัวฉีดน้ำมัน

1.2.3 เพื่อศึกษาตัวแปรที่เหมาะสมต่อการกลึงและเจาะชิ้นงานหัวฉีดน้ำมัน

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ขึ้นรูปผงซิลิคอนขนาดเฉลี่ย 3 ไมครอนเป็นรูปทรงกระบอก โดยการอัดแบบแนวเดียว (Uniaxial press) ด้วยแรงดัน 0.25 tons/cm^2 และอัดด้วยความดันทุกทิศทาง (Cold isostatic press: CIP) 300 MPa

1.3.2 ปรับเปลี่ยนเวลาแช่ของการเผาผนึกขั้นต้นในช่วง 10 - 16 ชั่วโมง ตรวจสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลในแต่ละเวลาแช่ เพื่อพิจารณาตัวแปรที่ความเหมาะสมสำหรับการกลึงและเจาะชิ้นงานให้ได้โดยไม่แตกร้าว

1.3.3 นำชิ้นงานผงซิลิคอนอัดจากข้อ 1.3.2 ในแต่ละเวลาแช่ กลึงและเจาะให้ได้ขนาดตามชิ้นงานต้นแบบหัวฉีดน้ำมันจริง โดยใช้ข้อมูลการกลึงและเจาะตามเฟสที่ 1 [กันยาทิพย์, 2543] เป็นแนวทางในการขึ้นรูปชิ้นงาน

1.3.4 ปรับเปลี่ยนเวลาแช่ของการไนไตรเดชันในช่วง 14 - 24 ชั่วโมง ตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกลและความขรุขระผิวภายหลังการไนไตรเดชันในแต่ละเวลาแช่

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการขึ้นรูปและสมบัติต่าง ๆ ของชิ้นงานรีแอกชันบอนด์ซิลิคอนไนไตรด์ (Reaction-Bonded Silicon Nitride, RBSN)

1.4.2 เป็นแนวทางในการผลิตชิ้นส่วนหัวฉีดน้ำมัน เพื่อใช้ในโรงไฟฟ้าแทนที่วัสดุเดิมที่ทำด้วยเหล็ก SKD11

1.4.3 เป็นแนวทางเพื่อการประยุกต์ใช้กับชิ้นงานที่ผลิตด้วยกระบวนการรีแอกชันบอนด์ซิลิคอนไนไตรด์ โดยเป็นอุปกรณ์ที่ใช้งานอุณหภูมิสูงอื่น ๆ นอกเหนือจากโรงไฟฟ้า เช่น โรงงานหลอมโลหะหรือโรงงานที่เผาเหล็กให้ร้อนด้วยน้ำมันที่ใช้โลหะทนความร้อนซึ่งมีอายุการใช้งานสั้น เช่น เปลี่ยนทุก ๆ 6 เดือน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย