บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

เลดเซอร์โคเนตไททาเนต (lead zirconate titanate, PZT) เป็นวัสดุเพียโซอิเล็กทริก (piezoelectric material) จัดอยู่ในกลุ่มเฟอร์โรอิเล็กทริกเซรามิก (ferroelectric ceramic) มีสมบัติที่สามารถแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลหรือแปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ มีค่าสัมประสิทธิ์เพียโซอิเล็กทริกสูง (piezoelectric coefficient) ซึ่งหมายถึงความแรงของโพลาไรเซชันที่เกิดขึ้นต่อขนาดของพลังงานกลที่ให้กับชิ้นงานเพียโซอิเล็กทริกมีค่ามาก หรือในทางตรงกันข้ามขนาดของพลังงานกลที่ได้จากชิ้นงานต่อขนาดของสนามไฟฟ้าที่ให้กับเพียโซอิเล็กทริกเซรามิกมีค่ามาก ปัจจุบัน PZT จัดเป็นวัสดุที่มีความสำคัญในการนำมาใช้เป็นส่วนประกอบหลักในอุตสาหกรรมการผลิตอุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกมัลติเลเยอร์ (multilayer piezoelectric devices) เช่น piezoelectric actuators, piezoelectric transformers, piezoelectric transducers, solid oxide fuel cells และ pyroelectric infrared detectors ซึ่งชิ้นงานเซรามิกสำหรับประกอบเป็นอุปกรณ์เหล่านี้ต้องมีลักษณะเป็นแผ่นแบนและบางมีความหนาในช่วง 0.01 – 1 มิลลิเมตร ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้กระบวนการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อเทป (tape casting) โดยเตรียมวัตถุดิบที่ต้องการขึ้นรูปให้อยู่ในสภาพของสารแขวนลอย (suspension) ที่มีความหนืดเหมาะสม เทเข้าไปในเครื่องเทแบบ (casting machine) ซึ่งจะมีใบมีด (blade) ขวางอยู่ สารแขวนลอยที่ไหลผ่านใบมีดจะถูกรีดเป็นแผ่นบาง ๆ โดยความหนาของแผ่นเทปที่ได้ถูกกำหนดโดยระยะห่างระหว่างใบมีดกับผิวของวัสดุรองรับ [1] สารแขวนลอยที่ใช้ในกระบวนการขึ้นรูปแบบหล่อเทปประกอบด้วยผงเซรามิกที่กระจายตัวในตัวกลาง (medium) โดยมีสารช่วยกระจายตัว (dispersant) , สารยึดประสาน (binder) และสารเติมแต่งอื่น ๆ ในการขึ้นรูปแผ่นเซรามิกให้มีความสม่ำเสมอ , มีความหนาแน่นสูง และมีขนาด (dimension) ที่ถูกต้องแม่นยำนั้น สารแขวนลอยต้องมีการกระจายตัวที่ดีและมีความเสถียรสูง มีพฤติกรรมการไหลตัวที่ดีจากแรงเฉือน (shear thinning behavior) และมีความหนืดที่เหมาะสม ปริมาณของแข็งต้องสูงเพื่อลดการหดตัวของเทปเมื่อทำให้แห้ง [2]

โดยทั่วไปการเตรียมสารแขวนลอยมักใช้ตัวทำละลายเคมีซึ่งมีจุดเดือดต่ำ ระเหยง่าย อนุภาคของแข็งสามารถกระจายตัวได้ดีในตัวทำละลายประเภทนี้ ทำให้ได้เทปที่เรียบสม่ำเสมอและมีการหดตัวต่ำ แต่มีข้อเสีย คือ ราคาแพง ติดไฟ และมีของเสียที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นปัจจุบันจึงมีการศึกษาเพื่อพัฒนาการเตรียมสารแขวนลอยของ PZT โดยใช้น้ำเป็นตัวกลางแทนตัวทำละลายเคมี ซึ่งเป็นที่น่าสนใจมากเนื่องจากสามารถลดต้นทุนการผลิตและที่สำคัญสามารถลด

ปริมาณสารพิษจากกระบวนการผลิตที่ถูกปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม ปัญหาหรือข้อเสียของการใช้น้ำเป็นตัวกลาง มีดังนี้ (1) อัตราของปฏิกิริยาในการระเหยเป็นไอต่ำ, (2) ต้องใช้ความเข้มข้นของ binder สูงเพื่อให้เทปก่อนเผามีแรงยึดเหนี่ยวที่ดี (3) เกิดการตกตะกอนได้ง่ายเนื่องจากการเกาะตัวกันของกลุ่มอนุภาคซึ่งเนื่องมาจากพันธะไฮโดรเจน และ (4) ผงเซรามิกอาจเกิดปฏิกิริยากับความชื้นที่ได้รับ [3] ดังนั้น สิ่งสำคัญในการเตรียมสารแขวนลอยโดยใช้น้ำเป็นตัวกลาง คือ การใช้ปริมาณสารช่วยกระจายตัวที่เหมาะสมและการควบคุมสภาวะที่เหมาะสม เช่น pH และอุณหภูมิ เพื่อให้ได้สารแขวนลอยที่มีการกระจายตัวที่ดี มีความหนืดเหมาะสม และมีความเสถียรสูงสำหรับนำไปขึ้นรูป ซึ่งจะนำไปสู่เทปที่มีความสม่ำเสมอและมีความหนาแน่นสูง [2]

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาอิทธิพลของปริมาณสารช่วยกระจายตัวและ pH ต่อสมบัติและเสถียรภาพของสารแขวนลอย PZT ในน้ำที่เตรียมโดยใช้สารช่วยกระจายตัว ammonium polyacrylate (APA) ที่มีชื่อทางการค้าว่า Dispex A40 ซึ่งจัดเป็น anionic polyelectrolyte สารช่วยกระจายตัวชนิดนี้ทำให้เกิดแรงผลักแบบ electrosteric ระหว่างอนุภาค PZT ในสารแขวนลอย ทำให้อนุภาคกระจายตัวออกจากกันได้ดี สมบัติของสารแขวนลอย PZT ในน้ำที่ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ ได้แก่ ค่า zeta potential พฤติกรรมการไหลตัวของสารแขวนลอย พฤติกรรมการตกตะกอน การกระจายตัวของอนุภาค PZT ในสารแขวนลอย และการดูดซับของ Dispex A40 บนอนุภาคของ PZT

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเตรียมสารแขวนลอย PZT สำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อเทปโดยใช้น้ำเป็นตัวกลางแทนตัวทำละลายเคมีซึ่งเป็นการลดต้นทุนการผลิต และลดปริมาณสารพิษจากกระบวนการผลิต

2. เพื่อศึกษาผลของปริมาณสารช่วยกระจายตัว ammonium polyacrylate (APA) ต่อสมบัติและความเสถียรของสารแขวนลอย PZT ในน้ำ และหาปริมาณ Dispex A40 ที่เหมาะสมในการเตรียมสารแขวนลอยที่มีการกระจายตัวของอนุภาคของของแข็งดี มีความเสถียร และมีความหนืดเหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อเทป

3. เพื่อศึกษาผลของ pH ต่อสมบัติและความเสถียรของสารแขวนลอย PZT ในน้ำ

1.3 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

1. ศึกษาผลของปริมาณสารช่วยกระจายตัว Dispex A40 ต่อสมบัติและความเสถียรของสารแขวนลอย PZT 60% โดยน้ำหนักในน้ำ โดยศึกษาจากค่า zeta potential ความหนืด พฤติกรรมการไหลตัว พฤติกรรมการตกตะกอนของสารแขวนลอย ซึ่งการศึกษาในส่วนนี้จะทำให้ทราบถึงปริมาณ Dispex A40 ที่เหมาะสมในการเตรียมสารแขวนลอย PZT โดยใช้น้ำเป็นตัวกลาง
2. การศึกษาผลของ pH ต่อสมบัติและความเสถียรของสารแขวนลอย PZT ในน้ำ โดยศึกษาจากความหนืด พฤติกรรมการไหลตัว พฤติกรรมการตกตะกอนของสารแขวนลอยที่เติมสารช่วยกระจายตัวและปรับให้มีค่า pH ต่างกัน
3. การศึกษาปริมาณการดูดซับของ ammonium polyacrylate บนอนุภาค PZT ในสารแขวนลอยที่สภาวะต่าง ๆ เพื่อให้เข้าใจถึงพฤติกรรมต่าง ๆ ของสารแขวนลอย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถเตรียมสารแขวนลอย PZT โดยใช้น้ำเป็นตัวกลางแทนตัวทำละลายเคมีให้มีสมบัติเหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อเทป
2. สามารถทราบถึงปริมาณของสารช่วยกระจายตัว Dispex A40 ที่เหมาะสมในการเตรียมสารแขวนลอย PZT โดยใช้น้ำเป็นตัวกลาง
3. สามารถทราบถึงสภาวะ pH ที่เหมาะสมในการเตรียมสารแขวนลอย PZT โดยใช้น้ำเป็นตัวกลาง