บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา

กระดาษและผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับกระดาษเป็นสิ่งจำเป็นและถูกใช้ในกิจกรรมหลากหลายอย่างของมนุษย์ มีการคาดหมายกันว่าปริมาณความต้องการใช้กระดาษจะยังคงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากร เศรษฐกิจและเทคโนโลยีซึ่งยังไม่สามารถสร้างอะไรหรือสิ่งใดมาใช้ทดแทนกระดาษได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นอุตสาหกรรมผลิตเยื่อกระดาษและกระดาษจึงยังคงเติบโตและเพิ่มกำลังการผลิตขึ้นตามความต้องการของตลาด โดยมีการประมาณว่าการผลิตกระดาษทั่วโลกมีประมาณ 360 ล้านตันต่อปี (ในปี 2004) (Japan Paper Association, 2004) ซึ่งเมื่อมีการผลิตมากก็ต้องย่อมมีของเสียมากขึ้นตามมา โดยของเสียที่ออกมาจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษในส่วนของการต้มเยื่อ (Cooking process) ที่เรียกว่าน้ำยางดำ (Black liquor) โดยทั่วโลกมีประมาณ 200 ล้านตันต่อปี (ในปี 2003) (Whitty, 2005) โดยโรงงานผลิตเยื่อกระดาษส่วนมากนั้นจะนำน้ำยางดำนี้ไปเข้าเตาเผานำสารกลับคืน (Recovery boiler) โดยเตาเผานำสารกลับคืนนี้มีจุดประสงค์หลักอยู่ 2 อย่างคือ 1) การได้พลังงานกลับมาจากน้ำยางดำโดยการเผา ซึ่งสารอินทรีย์ส่วนใหญ่ในน้ำยางดำจะถูกเผาโดยได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) น้ำ และพลังงานความร้อน ซึ่งพลังงานความร้อนที่ได้นี้จะถูกนำไปต้มน้ำในหม้อต้มน้ำ (Boiler) ให้กลายเป็นไอน้ำนำไปปั่นกังหัน (Turbine) ผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าเพื่อนำไปใช้ในโรงงาน และ 2) การได้สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตกลับมา จะเห็นว่าเตาเผานำสารกลับคืนนี้มีข้อดี คือประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานทั้งหมดที่ต้องการใช้ในโรงงานเยื่อกระดาษและกระดาษมาจากการเผาน้ำยางดำ (Gea และคณะ, 2002) ถึงแม้จะมีข้อดีแต่ก็มีข้อเสียด้วย เช่น เตาเผานำสารกลับคืนจะให้ประสิทธิภาพทางความร้อนต่ำ มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการปล่อยมลพิษอากาศ ควบคุมการเดินระบบได้ยาก ยากในการควบคุมปริมาณซัลเฟอร์ให้สมดุล ดังนั้นจึงมีการคิดค้นวิธีการอื่น เช่น กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) น้ำยางดำ ซึ่งจะให้ออกมาอยู่ในรูปเชื้อเพลิงก๊าซที่สามารถเผาไหม้ได้ และให้ประสิทธิภาพทางความร้อนที่ดีกว่าเตาเผานำสารกลับคืนก็เป็นวิธีที่ได้รับความสนใจทำการศึกษากันอยู่ในปัจจุบันนี้ โดยการเปลี่ยนน้ำยางดำเป็นเชื้อเพลิงก๊าซที่สามารถเผาไหม้ได้นี้ ได้มีการทดลองศึกษาความเป็นไปได้โดย Rockwell ในปี 1978 (Demirbas, 2001)

แก๊สซิฟิเคชั่น เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเทอร์โมเคมีคอล (Thermo chemical) จากปฏิกิริยาของคาร์บอนกับออกซิเจนและ/หรือไอน้ำที่อุณหภูมิสูงความดันตั้งแต่ 1 บรรยากาศขึ้นไป ปฏิกิริยาเกิดขึ้นหลายขั้นตอนเป็นทั้งปฏิกิริยาดูดความร้อนและปฏิกิริยาคายความร้อน โดยแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ แก๊สซิฟิเคชั่นที่อุณหภูมิต่ำ (Low-temperature gasification) ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการเดินระบบแก๊สซิฟิเคชั่นจะต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของสารประกอบอนินทรีย์ (700-750 องศาเซลเซียส) และอีกประเภทคือแก๊สซิฟิเคชั่นที่อุณหภูมิสูง (High-temperature gasification) ซึ่งจะทำการเดินระบบที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดหลอมเหลวของสารประกอบอนินทรีย์ แก๊สซิฟิเคชั่นจะเกี่ยวข้องกับ 4 ขั้นตอนหลักๆ คือ การทำให้แห้งโดยการระเหยน้ำ (Drying) การสลายตัวเป็นสารระเหยได้ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการไพโรไลสิส (Pyrolysis) การแก๊สซิฟายพวกชาร์ (Char) ที่ได้จากการไพโรไลซ์เกิดเป็นก๊าซเชื้อเพลิงและสุดท้ายการเผาไหม้ (Combustion) คือส่วนที่มีปริมาณออกซิเจนอยู่มากเกิดการเผาไหม้ให้ความร้อนสูงแก่ระบบทั้งหมด

ไพโรไลสิส เป็นขั้นตอนเริ่มต้นที่สำคัญของแก๊สซิฟิเคชั่น แก๊สซิฟิเคชั่นจะให้ประสิทธิภาพด้านความร้อนที่ดี ถ้าปริมาณคาร์บอนส่วนใหญ่ที่อยู่ในวัตถุดิบถูกเปลี่ยนไปเป็นก๊าซที่สามารถเผาไหม้ได้ แทนที่จะกลายไปเป็นชาร์ในระหว่างขั้นตอนไพโรไลสิส ดังนั้นการเข้าใจถึงพฤติกรรมของน้ำยางดำในการสลายตัว (Decomposition) และการหาค่าคงที่ทางจลนพลศาสตร์ (Kinetic) ของขั้นตอนไพโรไลสิสและขั้นตอนอื่นๆ ของการแก๊สซิฟิเคชั่น จึงมีความสำคัญเพื่อใช้สำหรับการออกแบบระบบแก๊สซิฟิเคชั่น

ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อที่จะศึกษาการสลายตัวของตัวอย่างน้ำยางดำจากโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ 2 แห่งในประเทศไทย ซึ่งใช้วัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษที่แตกต่างกัน โดยต้องการศึกษาเฉพาะในขั้นตอนไพโรไลสิส พร้อมทั้งศึกษาผลของตัวแปรที่จะส่งผลต่อการไพโรไลสิส เพื่อหาค่าคงที่ทางจลนพลศาสตร์และเพื่อสร้างแบบจำลองการสลายตัว โดยจะทำการศึกษาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเทอร์โมกราวิเมทริค (Thermogravimetric Analysis, TGA) ภายใต้สภาวะเฉื่อย (Inert atmosphere) และใช้ก๊าซไนโตรเจนเป็นก๊าซพา การวิเคราะห์โดยเทคนิคเทอร์โมกราวิเมทริค เป็นการวิเคราะห์น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงของวัสดุตัวอย่างเปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่มีการเพิ่มขึ้น เมื่อได้รับความร้อน ซึ่งคล้ายกับการจำลองสภาวะที่อยู่ในเตาผลิตก๊าซ โดยข้อมูลที่ได้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับใช้ในการออกแบบระบบไพโรไลสิสและแก๊สซิฟิเคชั่นต่อไปได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1. เพื่อศึกษาการสลายตัวในส่วนของการไพโรไลสิสของน้ำยางดำที่มาจากโรงงานผลิตเยื่อกระดาษที่ใช้วัตถุดิบต่างชนิดกัน คือ จากไม้ไผ่และจากยูคาลิปตัส ด้วยเทคนิคเทอร์โมกราวิเมทริค

1.2.2. เพื่อตรวจวัดและเปรียบเทียบการเปลี่ยนรูปของแข็งและค่าคงที่ทางจลนพลศาสตร์ของน้ำยางดำที่มาจากโรงงานผลิตเยื่อกระดาษที่ใช้วัตถุดิบต่างชนิดกัน คือ จากไม้ไผ่และจากยูคาลิปตัส

1.2.3. สร้างแบบจำลองการสลายตัวในส่วนของการไพโรไลสิสของน้ำยางดำเพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดลอง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ตัวอย่างน้ำยางดำในการวิจัยมาจากโรงงานผลิตเยื่อกระดาษของ 2 บริษัท ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

บริษัทที่ 1 การผลิตเยื่อกระดาษเป็นกระบวนการเคมีประเภทกระบวนการแบบซัลเฟตหรือกระบวนการแบบคราฟท์ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมซัลไฟด์เป็นน้ำยาต้มเยื่อ ใช้วัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษจากยูคาลิปตัส

บริษัทที่ 2 การผลิตเยื่อกระดาษเป็นกระบวนการเคมีประเภทกระบวนการแบบซัลเฟตหรือกระบวนการแบบคราฟท์ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมซัลไฟด์เป็นน้ำยาต้มเยื่อ ใช้วัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษจากไม้ไผ่

1.3.2 ศึกษาการสลายตัวของน้ำยางดำเฉพาะขั้นตอนไพโรไลสิส โดยเทคนิคเทอร์โมกราวิเมทริค ภายใต้สภาวะเฉื่อย (Inert atmosphere) โดยใช้ก๊าซไนโตรเจนเป็นก๊าซพา

1.3.3 การทดลองโดยเทคนิคเทอร์โมกราวิเมทริคจะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 แบบ คือ แบบไอโซเทอร์มอลและแบบไดนามิค โดยในแต่ละการทดลองพิจารณาตัวแปรต่างๆ ดังนี้สำหรับการทดลองแบบไอโซเทอร์มอลจะมีการเปลี่ยนค่าอุณหภูมิสุดท้าย (Final pyrolysis temperature) ตั้งแต่ 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 650, 700, 750, 800, 850 และ 900 องศาเซลเซียส และกักพักตัวอย่างไว้เป็นเวลา 15 ชั่วโมง ณ อุณหภูมิสุดท้าย สำหรับการทดลองแบบไดนามิคจะมีการเปลี่ยนค่าอัตราการให้ความร้อน (Heating rate) ตั้งแต่ 2, 5, 10, 20, 50 และ100 องศาเซลเซียส/นาที โดยให้อุณหภูมิสุดท้ายคงที่ๆ 900 องศาเซลเซียสและกักพักตัวอย่างไว้เป็นเวลา 20 นาที ณ อุณหภูมิสุดท้าย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าได้รับ

ทราบค่าการเปลี่ยนรูปของแข็ง ค่าคงที่ทางจลนพลศาสตร์ รวมถึงแบบจำลองการสลายตัวของน้ำยางดำที่มาจากโรงงานเยื่อกระดาษที่ใช้วัตถุดิบจากไม้ไผ่และจากยูคาลิปตัส ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบระบบไพโรไลซิสและแก๊สซิฟิเคชั่นได้