บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

กระบวนการทางกลที่ใช้แยกวัสดุผสมออกเป็นวัสดุเอกพันธุ์เรียกว่า "การแยก" ซึ่งเป็นกระบวนการหนึ่งในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตทางการเกษตร เช่น การผลิตเมล็ดพันธุ์ อุตสาหกรรมโรงสี อุตสาหกรรมในการผลิตวัสดุจำพวกแป้ง อาหารและเคมีภัณฑ์ เป็นอาทิ โดยมีจุดประสงค์เพื่อคัดผลผลิตที่มีคุณภาพตามความต้องการออกจากวัสดุผสมโดยอาศัยคุณสมบัติทางกายภาพขององค์ประกอบของวัสดุ เช่น ขนาด รูปร่าง ความหนาแน่น ความหยาบของผิว น้ำหนัก คุณสมบัติทางอากาศพลศาสตร์ การกระดอน สี และคุณสมบัติทางแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นต้น โดยที่คุณสมบัติทางกายภาพที่จะนำมาใช้แยกนั้นควรจะเป็นคุณสมบัติที่แตกต่างกันมากที่สุดจึงจะทำให้การแยกเป็นไปได้โดยง่ายและมีประสิทธิภาพสูง

ในบางกรณีวัตถุดิบที่เราต้องการแยกนั้นมีคุณสมบัติทางกายภาพแตกต่างกันไม่มากนัก เช่น การแยกข้าวกร่องออกจากข้าวเปลือก ในกรณีเช่นนี้การแยกโดยอาศัยคุณสมบัติทางอากาศพลศาสตร์อย่างเดียวอาจจะเป็นไปไม่ได้ เนื่องจากความแตกต่างของความหนาแน่นและขนาดระหว่างข้าวกร่องและข้าวเปลือกมีค่าน้อย ดังตารางที่ 1 จากการสำรวจการแยกข้าวกร่องออกจากข้าวเปลือกในกระบวนการสีข้าวแบบดั้งเดิม ซึ่งใช้ระบบตะแกรงคัดโดยอาศัยความแตกต่างของขนาดเมล็ดข้าวพบว่าผลที่ได้ไม่เที่ยงตรงและประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ เครื่องแยกที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งนิยมใช้ในกระบวนการสีข้าวสมัยใหม่นั้นเป็นเครื่องแยกแบบสั่นสะเทือนแยกโดยอาศัยความแตกต่างของคุณสมบัติของผิวเป็นหลัก (14) แต่เนื่องจากข้อมูลทางทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบเครื่องแยกประเภทนี้ยังไม่มีเผยแพร่ ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้จึงเป็นความพยายามที่จะนำคณิตศาสตร์เข้าไปศึกษา วิเคราะห์และทำความเข้าใจถึงกฎเกณฑ์พื้นฐานในการเคลื่อนตัวของอนุภาคบนถาดแยกของเครื่องแยกประเภทนี้ โดยอาศัยทฤษฎีการเคลื่อนตัวของวัสดุภายใต้อิทธิพลของการสั่นสะเทือนของอุปกรณ์ลำเลียงวัสดุเป็นพื้นฐานในการศึกษา ซึ่งมีแนวเหตุผลสนับสนุนพอสรุปได้ว่า "วัสดุที่มีคุณสมบัติของผิวแตกต่างกัน เมื่อเคลื่อนตัวอยู่บนระนาบที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของการสั่นสะเทือนอันเดียวกันจะมีความเร็วในการเคลื่อนตัวต่างกัน"

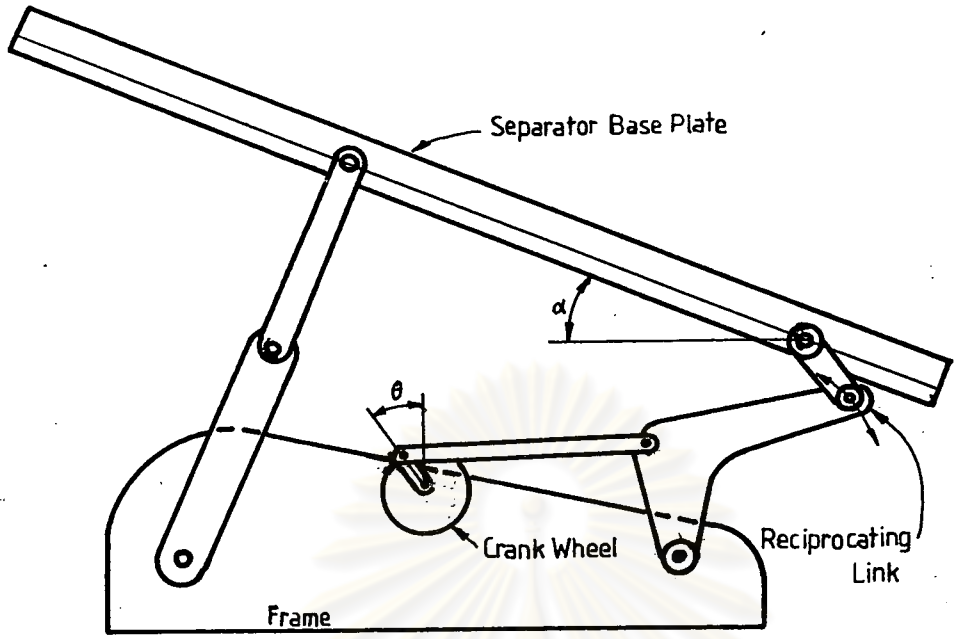
จากเหตุผลข้างต้นถ้าเรากำหนดให้วัสดุเคลื่อนตัวอยู่บนระนาบซึ่งอยู่ภายใต้อิทธิพลของการสั่นสะเทือนที่เอียงอย่างเหมาะสมแล้ววัสดุจะมีวิถีในการเคลื่อนตัวต่างกัน ดังรูปที่ 1.1 และ 1.2

ตารางที่ 1.1 คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของเมล็ดข้าว (เอสเมย์และคณะ[14])

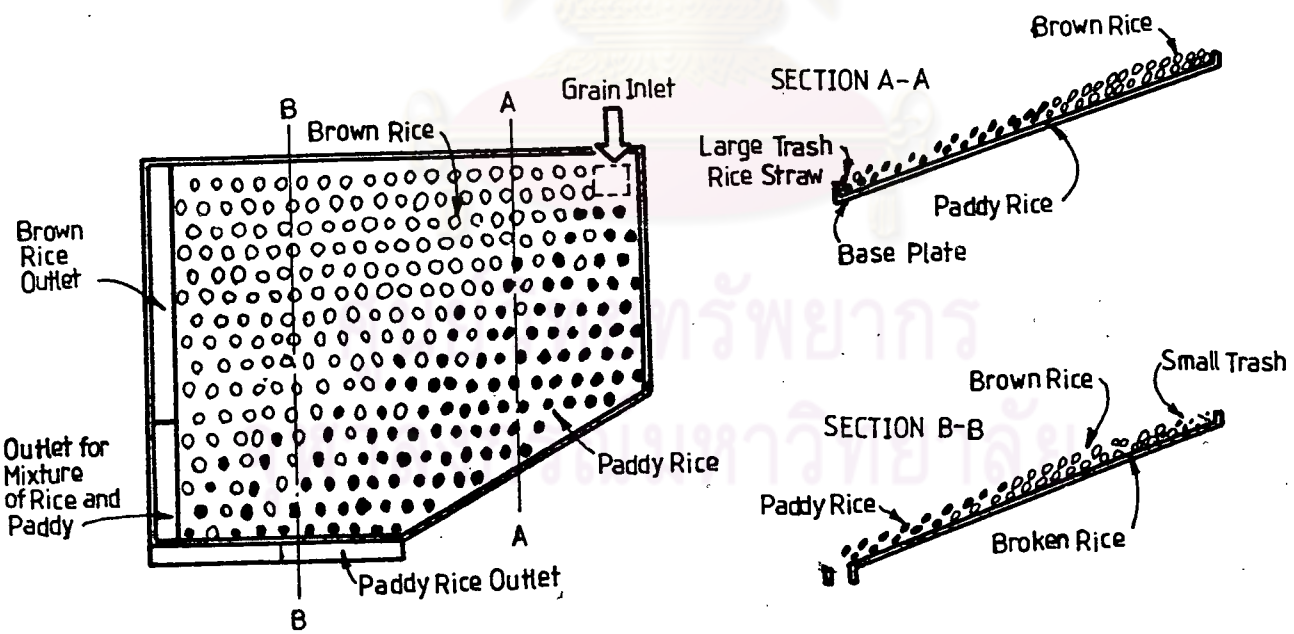
ชนิดของข้าว	ขนาด (mm) (อัตราส่วนช่องขนาด)	ความถ่วงจำเพาะ (อัตราส่วนของความถ่วงเพาะ)	สัมประสิทธิ์ของความเสียดทาน (ระหว่างข้าวกับถาดแยก)
ข้าวเปลือก	3.36 (119)	1.14 (81.4)	0.5 - 0.8
ข้าวกร้อง	2.83 (100)	1.41 (100)	0.4 - 0.6

1.2 <u>ภูมิหลังของทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์</u>

การเคลื่อนตัวของวัสดุภายใต้อิทธิพลของการสั่นสะเทือนได้ถูกนำมาใช้เคลื่อนย้ายวัสดุเป็นเวลานานแล้ว โดยอาศัยอุปกรณ์ลำเลียงที่มีความเร็วสูงทธิเป็นศูนย์ซึ่งเรียกว่า "Vibratory Conveyor" กลศาสตร์เกี่ยวกับการลำเลียงโดยอาศัยการสั่นสะเทือนที่ได้มีการศึกษาแล้วนั้นสามารถแยกแยะได้ตามลักษณะฟังก์ชั่นของการสั่นสะเทือน เช่น แบบไซนูซอยด์ (3, 4, 5, 6, 9) หรือไร้ไซนูซอยด์ (7, 18) และการสั่นสะเทือนอาจเป็นแบบเส้นตรง (6,7,9,10) หรือแบบที่มีวงโคจรสองมิติ (5, 8, 10) เนื่องจากรางลำเลียงที่มีการสั่นแบบไซนูซอยด์ในแนวเส้นตรงเป็นแบบที่สามารถสร้างได้ง่ายจึงแพร่หลายและนิยมนำมาใช้งานมากที่สุด โดยถ้าการสั่นสะเทือนกระทำในทิศทางเดียวกันระนาบ สมรรถนะของอุปกรณ์จะขึ้นอยู่กับกับอัตราส่วนของสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (fr) หรืออัตราส่วนของความเร่งในจังหวะไปกลับ (tr) แต่ถ้าเราให้การสั่นสะเทือนกระทำในทิศทางซึ่งทำมุมกับระนาบแล้ว สมรรถนะของอุปกรณ์จะขึ้นอยู่กับความเร่งสัมประสิทธิ์ความเสียดทานและทิศทางของการสั่นสะเทือน



รูปที่ 1.1 อุปกรณ์แยกเมล็ดข้าวแบบเขย่า (เอล่เมย์และคณะ[14])



รูปที่ 1.2 ลักษณะการกระจายและการแยกตัวของข้าวกร้องและข้าวเปลือก บนถาดแยกขณะทำงานในภาวะปกติ (เอล่เมย์และคณะ[14])

เมื่อได้ศึกษาถึงพฤติกรรมทางพลศาสตร์ของอนุภาคระนาบซึ่งอยู่ภายใต้อิทธิพลของการสั่นสะเทือนพบว่าข้อจำกัดทั่ว ๆ ไปข้อหนึ่งก็คือ ความเร่งของระนาบเป็นฟังก์ชั่นของเวลาทำให้การสั่นสะเทือนของระนาบทั้งในแนวขนานและตั้งฉากกับระนาบนั้น มีการเคลื่อนที่ ๆ แปรเปลี่ยนอยู่ตลอดเวลา สมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้อธิบายการเคลื่อนตัวของอนุภาคเป็นสมการอนุพันธ์แบบไร้เชิงเส้นและพาราเมตริค และนอกจากนี้การเคลื่อนตัวของอนุภาคยังขึ้นอยู่กับฟังก์ชั่นการเคลื่อนตัวของระนาบอีกด้วย ดังนั้นสมการของการเคลื่อนตัวของวัสดุจึงไม่เป็นไปตามกฎเกณฑ์ที่จะวิเคราะห์และเปรียบเทียบได้โดยง่าย ในการที่จะกำหนดให้อนุภาคเคลื่อนที่ไปในสภาพที่ต้องการในปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบจึงจำเป็นต้องใช้เวลามากกว่าที่จะพบสภาวะที่ดีที่สุดสำหรับแบบที่ดีและเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคที่ผู้ออกแบบและผู้ผลิตประสงค์ ส่วนการวิเคราะห์ถึงพฤติกรรมทางพลศาสตร์ของอนุภาคในหนึ่งมิติและสองมิติตลอดจนสมรรถนะของอุปกรณ์ลำเลียงแบบสั่นสะเทือนนั้นได้มีการศึกษาและวิจัยในขอบเขตและวิธีการต่าง ๆ กันเช่น ในกรณีที่ระนาบเคลื่อนตัวด้วยขนาดแอมปลิจูดหรือความเร่งต่ำ ๆ อนุภาคจะยังคงเคลื่อนตัวอยู่บนระนาบ ได้มีผู้ศึกษาไว้อย่างละเอียดและกว้างขวางคือ เบอรี่ (1) บูธ กับ แมคคัลเลียน (3) คิริชาติ ชำนาญจิต (4) และวิงคเลอ (10) เป็นอาทิโดยได้สรุป และเสนอแนะว่า การเคลื่อนตัวของอนุภาคจะมีประสิทธิภาพสูงขึ้นถ้าสามารถทำให้อนุภาคเกิดการลอยตัวเล็กน้อยในแต่ละวัฏจักรของการสั่นสะเทือน เพราะจะไม่มีแรงเสียดทานมากระทำต่ออนุภาคในช่วงลอยตัวนี้ สำหรับการศึกษาโดยละเอียดที่ครอบคลุมถึงการลอยตัวของอนุภาคมีไม่มากนัก เช่น ไบลอฟสกี้ (13) ได้สร้างกฎเกณฑ์ที่ใช้ในการคำนวณทั่ว ๆ ไปแต่ไม่ได้เสนอวิธีการหาคำตอบจนเกิดผลลัพท์ที่ใช้งานได้ เรดฟอร์ด กับ บูธรอยด์ (5) ได้ทำการวิเคราะห์สมรรถนะของอุปกรณ์ป้อนวัสดุที่เคลื่อนตัวแบบไซนูซอยด์ และได้เสนอผลงานในลักษณะอิมพิริคัลบนพื้นฐานของเงื่อนไขการเคลื่อนที่ ๆ ได้กำหนดขึ้น และเปรียบเทียบความเร็วในการเคลื่อนตัวที่ได้จากการทดลองกับผลการคำนวณของคอมพิวเตอร์ และยังได้เสนอลู่ทางในการเพิ่มสมรรถนะในการลำเลียงโดยให้ระนาบมีการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งและแนวระดับมีมุมเฟสต่างกัน (Out of Phase) และ แมนเซอร์ (7) ได้เสนอเครื่องมือพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์และเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ในการออกแบบระนาบลำเลียงวัสดุที่เคลื่อนตัวแบบไซนูซอยด์และไม่ใช้ไซนูซอยด์ โดยใช้ทั้ง อนาลอก ดิจิตอล และ ไฮเบอร์ด คอมพิวเตอร์

การศึกษาที่ได้กล่าวถึงแล้วนั้นได้ทำการวิเคราะห์โดยใช้สมมุติฐานพอสรุปได้ว่า

1. ให้สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างวัสดุกับระนาบมีค่าคงที่ไม่ขึ้นต่ออิทธิพลของการสั่นสะเทือนและความเร็วในการเคลื่อนตัวของวัสดุ

2. หลังจากสิ้นสุดการลอยตัวอนุภาคจะสัมผัสกับผิวของระนาบโดยไม่คำนึงถึงผลของการกระทบ

3. อนุภาคเคลื่อนตัวโดยไม่มีการกลิ้งบนระนาบโดยสมมุติว่า ขนาดและรูปร่างของอนุภาคไม่มีผลต่อการเคลื่อนตัว

4. ในระหว่างการลอยตัวของอนุภาคจะไม่คำนึงถึงผลของแรงต้านของอากาศ

5. ภาระของวัสดุที่อยู่บนระนาบไม่มีผลต่อการเคลื่อนตัวของระนาบ

และในปี ค.ศ. 1972 เกเบอลัน (6) ได้เผยแพร่ทฤษฎีที่สมบูรณ์และสอดคล้องกับผลการทดลอง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความซับซ้อนที่เป็นจริงของผลลัพท์ที่ถูกต้องโดยกำหนดขอบข่ายของการวิเคราะห์กับระนาบลำเลียงที่อาจจะทำมุมกับแนวระดับโดยมีมุมเอียงน้อยกว่ามุมของความเสียดทาน และมีการสั่นสะเทือนในวิถีตรงแบบไซนูซอยด์มีทิศทางทำมุมกับระนาบลำเลียง โดยแอมปลิจูดของการสั่นสะเทือนมีค่ามากพอที่จะทำให้เกิดการลอยตัวของอนุภาคทุกครั้งในแต่ละวัฏจักร และทฤษฎีที่ได้นี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอนุภาคเดี่ยวที่ไม่มีการกลิ้งตัวทุกชนิดและยังใช้ได้กับวัสดุที่มีลักษณะเป็นมวลเมล็ดหลายอย่าง จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าทฤษฎีนี้เชื่อได้อย่างสมบูรณ์

1.3 <u>วัตถุประสงค์และขอบเขตในการวิจัย</u>

สำหรับวิทยานิพนธ์นี้เป็นความพยายามที่จะขยายทฤษฎีการเคลื่อนตัวของอนุภาคในสองมิติสำหรับรางลำเลียงวัสดุ เพื่อใช้ศึกษาวิเคราะห์และทำความเข้าใจถึงลักษณะการเคลื่อนที่ของอนุภาค ในสามมิติบนถาดแยกแบบสั่นสะเทือน เพื่อหาลู่ทางในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการออกแบบ โดยมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้ คือ

1. เพื่อศึกษาวิเคราะห์และทำความเข้าใจถึงลักษณะการเคลื่อนตัวของอนุภาคบนถาดแยก ซึ่งอยู่ภายใต้อิทธิพลของการสั่นสะเทือน

2. เพื่อหาลู่ทางในการกำหนดกฎเกณฑ์การเคลื่อนตัวและพัฒนาโมเดลที่ใช้อธิบายการเคลื่อนตัวของอนุภาคในสามมิติ

3. เพื่อนำเสนอเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของอนุภาคตลอดจนพารามิเตอร์ที่มีอิทธิพลต่อการเคลื่อนตัวของอนุภาค

4. เพื่อตรวจสอบและหาลู่ทางในการขยายทฤษฎีให้ครอบคลุมและใช้ได้กับวัสดุที่มีลักษณะเป็นมวลเม็ด

1.4 ความสำคัญ หรือประโยชน์ของการวิจัย

1. ทำให้เข้าใจถึงลักษณะการเคลื่อนตัวของอนุภาคบนถาดแยกที่อยู่ภายใต้อิทธิพลการสั่นสะเทือน

2. ทำให้เข้าใจถึงกฎเกณฑ์และค่าพารามิเตอร์ที่มีอิทธิพลต่อการเคลื่อนตัวและแยกตัวของวัสดุบนระนาบที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของการสั่นสะเทือน

3. กราฟและโมโนแกรมของค่าพารามิเตอร์ที่ได้สรุปไว้จะเป็นแนวทางในการกำหนดการเคลื่อนตัวของวัสดุ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย