O-ES01

ผลของความชื้นต่อความเร็วลมต่ำสุดในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อย

Effect of Moisture on the Minimum Velocity of SawDust Transport

บัญญัติ นิยมวาส*, ประทีป ทิพย์ประชา

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย 90000

E-mail: banyat@engineer.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ต้องการศึกษาผลของความชื้นของฝุ่นขี้เลื่อยต่อความเร็วลมต่ำสุดในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อย โดยชุดทดลองประกอบด้วยท่อลมที่ทำจากสังกะสีม้วนขึ้นรูปขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ยาว 2 เมตร ติดตั้งเข้ากับพัดลมเป่าอากาศที่มีกำลังไฟฟ้า 0.75 กิโลวัตต์ ความเร็วรอบ 1,430 รอบต่อนาที การทดลองจะดำเนินการโดยนำฝุ่นขี้เลื่อยที่มีค่าความชื้น 3 ระดับคือ 77.78, 66.67 และ 45.16 ร้อยละฐานแห้ง มาบรรจุในท่อลมดังกล่าว โดยแต่ละค่าความชื้น จะบรรจุฝุ่นขี้เลื่อยด้วยมวล 20, 60 และ 100 กรัม จากการทดลองพบว่าที่ระดับความชื้น 77.78 ร้อยละฐานแห้ง ความเร็วลมในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อยมวล 20, 60 และ 100 กรัม มีค่า 2,066.4, 2,401.0 และ 3,562.1 ฟุตต่อนาที ตามลำดับ ที่ระดับความชื้น 66.67 ร้อยละฐานแห้ง ความเร็วลมในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อยมวล 20, 60 และ 100 กรัม มีค่า 1,889.3, 2,164.8 และ 2,833.9 ฟุตต่อนาที ตามลำดับ และที่ระดับความชื้น 45.16 ร้อยละฐานแห้ง ความเร็วลมในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อยมวล 20, 60 และ 100 กรัม มีค่า 1,554.7, 1,889.3 และ 2,401.0 ฟุตต่อนาที ตามลำดับ สามารถสรุปได้ว่าความชื้นของฝุ่นขี้เลื่อยมีผลต่อความเร็วลมในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อย โดยเมื่อฝุ่นขี้เลื่อยมีค่าความชื้นสูงขึ้น จะต้องใช้ความเร็วลมที่มีค่าสูงขึ้นในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อย

คำสำคัญ: ฝุ่นขี้เลื่อย; ความชื้น; ความเร็วลมต่ำสุด

1. บทนำ

การแปรรูปไม้ยางพาราซึ่งมีการปลูกอย่างแพร่หลายในพื้นที่ภาคใต้ จะเริ่มจากการเลื่อยไม้ยางพาราท่อนที่ตัดโค่นจากสวนยางพาราเก่า ที่ต้องการโค่นเพื่อปลูกใหม่ หลังจากนั้นจะนำไม้ยางพาราที่ได้รับการแปรรูปแล้วไปอบน้ำยา เสร็จแล้วจึงนำไปอบแห้ง และบรรจุหีบห่อเพื่อรอจำหน่าย โดยในขั้นตอนการเลื่อยไม้นั้นจะเกิดฝุ่นขี้เลื่อยจำนวนมากระหว่างการเลื่อย ทำให้เกิดสภาวะที่ไม่เหมาะสมในการทำงาน กล่าวคือ ผู้ที่ทำงานในบริเวณเลื่อยไม้จะเกิดการระคายเคืองตา และแสบจมูกจากการสูดเอาฝุ่นขี้เลื่อยเข้าไป จึงทำให้ต้องมีระบบดูดฝุ่นขี้เลื่อย เพื่อทำการจัดเก็บฝุ่นขี้เลื่อยจากโต๊ะเลื่อยแล้วส่งไปยังไซโลที่ทำการกักเก็บฝุ่นขี้เลื่อย เพื่อรอการจำหน่าย หรือนำไปใช้งานอย่างอื่นต่อไป โดยระบบดูดฝุ่นขี้เลื่อยจะประกอบไปด้วย หัวดูดฝุ่นขี้เลื่อย ท่อส่ง พัดลมดูดอากาศ (blower) ไซโคลน (cyclone) และไซโล โดยพัดลมดูดอากาศต้องมีความสามารถในการทำให้ฝุ่นขี้เลื่อยสามารถถูกขนส่งไปกับลมในท่อจากต้นทางไปจนถึงปลายทางได้ โดยปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบระบบดูดฝุ่นขี้เลื่อยที่สำคัญประการหนึ่งก็คือ ความเร็วลมต่ำสุดในขนส่งฝุ่นขี้เลื่อยให้ไปกับลมได้ตลอดทาง ไม่มีการตกสะสมภายในท่อ ซึ่งจะเกิดปัญหาการอุดตันของระบบได้ จึงทำให้ทางผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาผลของความชื้นต่อความเร็วลมต่ำสุดในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อย เพื่อที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบระบบดูดฝุ่นขี้เลื่อยในโรงงานแปรรูปไม้ยางในอนาคตได้อย่างเหมาะสม

สุธรรม นิยมวาส และ บัญญัติ นิยมวาส [1] ได้ระบุถึงข้อมูลการขนถ่ายวัตถุโดยกล่าวว่าความเร็วลมที่ใช้ในการพาขี้เลื่อยที่มีความหนาแน่น 192.22 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรมีค่าเท่ากับ 3,500 ฟุตต่อนาที Lawson – Taylor Co.,Ltd. [2] ได้กล่าวว่าความเร็วลมที่ใช้ในการพาขี้เลื่อยที่มีความหนาแน่น 112.13 - 240 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรมีค่าเท่ากับ 3,700 ฟุตต่อนาที ส่วน The New York Blower Company [3] ได้ระบุถึงความเร็วลมในการพาขี้เลื่อยโดยแบ่งเป็นสองค่าคือความเร็วลมสำหรับการพาขี้เลื่อยเปียก (sawdust, wet) มีค่าเท่ากับ 4,000 ฟุตต่อนาที และความเร็วลมสำหรับการพาขี้เลื่อยแห้ง (sawdust, dry) มีค่าเท่ากับ 3,000 ฟุตต่อนาที The Engineering ToolBox [4] ได้ให้ข้อมูลความเร็วลมในการพาขี้เลื่อยแบ่งเป็นสองค่าคือความเร็วลมสำหรับการพาขี้เลื่อยเบา (sawdust, light) มีค่าเท่ากับ 2,000 – 3,000 ฟุตต่อนาที และความเร็วลมสำหรับการพาขี้เลื่อยหนัก (sawdust, heavy) มีค่าเท่ากับ 3,500 – 4,500 ฟุตต่อนาที Spiral Manufacturing Co, Inc. [5] ได้ได้ระบุถึงความเร็วลมในการพาขี้เลื่อยโดยแบ่งเป็นสองค่าคือความเร็วลมสำหรับการพาขี้เลื่อยหนัก (Wood Shavings Heavy) ซึ่งมีค่าความหนาแน่น 15 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต หรือเท่ากับ 240.28 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรมีค่าเท่ากับ 5,600 ฟุตต่อนาที และความเร็วลมสำหรับการพาขี้เลื่อยเบา (Wood Shavings Light) ซึ่งมีค่าความหนาแน่น 7 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต หรือเท่ากับ 112.13 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรมีค่าเท่ากับ 4,500 ฟุตต่อนาที

OCHI และ IKEMORI [6] ได้ศึกษาค่าความเร็วลมต่ำสุดในการขนส่งข้าวสาลี (wheat) โดยข้าวสาลีมีค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (mean particle size) คือ 4.1 มิลลิเมตร ท่อขนส่งมีขนาดระหว่าง 50 – 60 มิลลิเมตร พบว่าความเร็วลมต่ำสุดในการขนส่งข้าวสาลี มีค่าอยู่ระหว่าง 14.8 – 16.2 เมตรต่อวินาที หรือ 2,913.4 – 3,189 ฟุตต่อนาที

จากที่ได้กล่าวไปพบว่าความเร็วลมต่ำสุดในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อยมีหลายค่าจึงทำให้เกิดปัญหาในการเลือกใช้งานทำให้งานวิจัยนี้สนใจที่จะศึกษาผลอันเนื่องมาจากความชื้นของไม้ยางพาราที่นำมาเลื่อยว่ามีผลกระทบกับความเร็วลมต่ำสุดในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อยหรือไม่ อย่างไร เพื่อที่จะได้เป็นแนวทางในการออกแบบระบบดูดฝุ่นขี้เลื่อยให้เหมาะสมถูกต้องต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ในการทำลองเพื่อหาค่าความเร็วต่ำสุดในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อย มีอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองดังนี้คือ พัดลมเป่าอากาศ (blower) สำหรับสร้างแรงลมเพื่อขนส่งฝุ่นขี้เลื่อย ยี่ห้อ SUPER LINE รุ่น JEC – 2137 – 2000 ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าชนิด 3 เฟส ขนาด 1 แรงม้า (0.75 กิโลวัตต์) ความเร็วรอบ 1,430 รอบต่อนาที ความถี่ 50 เฮิรตซ์ ทำการแปรค่าความเร็วของพัดลมเป่าอากาศด้วยการปรับค่าความถี่ของมอเตอร์ไฟฟ้า โดยใช้ชุดอินเวอร์เตอร์ ยี่ห้อ TELEMECANIQUE รุ่น ATV31 HO75N4A พิกัด 1 แรงม้า สามารถปรับความถี่ของกระแสไฟฟ้าได้ระหว่าง 0 – 50 เฮิรตซ์ เครื่องวัดความเร็วลม ยี่ห้อ DIGICON รุ่น DA-42 มีช่วงการวัด 0.4 – 30 เมตร/วินาที (78 ฟุตต่อนาที – 5,905 ฟุตต่อนาที) ± 2 % ท่อที่ต่อกับปากทางออกด้านเป่าของพัดลมเป่าอากาศทำจากสังกะสีม้วนขึ้นรูป ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว มีความยาว 2 เมตร ที่ตำแหน่งห่างจากปากทางออกด้านเป่าของพัดลมเป่าอากาศเป็นระยะ 45 เซนติเมตร จะเจาะช่องขนาด 5 เซนติเมตร x 10 เซนติเมตรบนท่อเพื่อทำเป็นช่องสำหรับบรรจุฝุ่นขี้เลื่อย โดยช่องนี้จะทำจากแผ่นอะคลิลิค เพื่อใช้ในการสังเกตพฤติกรรมการพาฝุ่นขี้เลื่อยไปกับลม

ในการหาค่าความชื้นของฝุ่นขี้เลื่อยจะทำการอบแห้งฝุ่นขี้เลื่อยด้วยตู้อบยี่ห้อ Binder โดยตั้งอุณหภูมิเอาไว้ที่ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และในการชั่งมวลของฝุ่นขี้เลื่อยจะใช้เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล ยี่ห้อ Sartorius ความละเอียดในการอ่านค่า 0.0001 กรัม พิกัดในการชั่ง 120 - 220 กรัม เพื่อหามวลแห้งสุดท้ายของฝุ่นขี้เลื่อย เพื่อที่จะนำมาหาค่าร้อยละความชื้นของฝุ่นขี้เลื่อย จากสมการที่ 1 ต่อไปนี้

$$\text{ค่าความชื้นของฝุ่นขี้เลื่อย (ร้อยละฐานแห้ง)} = \left(\frac{M_i - M_f}{M_f}\right) \times 100\% \qquad (1)$$

เมื่อ

M_i = มวลเริ่มต้นของฝุ่นขี้เลื่อย มีหน่วยเป็น กรัม

M_f = มวลแห้งของฝุ่นขี้เลื่อย มีหน่วยเป็น กรัม

2.2. วิธีการทดลอง

เมื่อนำฝุ่นขี้เลื่อยมาจากโรงงานแปรรูปไม้ยางพารา จะนำมาหาค่าความหนาแน่น (bulk density) โดยการตวงด้วยบีกเกอร์ขนาด 200 มิลลิลิตร และนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อหามวลของฝุ่นขี้เลื่อย ทำให้สามารถหาค่าความหนาแน่นได้จากการนำมวลที่ชั่งได้หารด้วยปริมาตรที่ตวงได้ของฝุ่นขี้เลื่อย หลังจากนั้นก็จะนำฝุ่นขี้เลื่อยมาทำการทดลองโดยการตวงฝุ่นขี้เลื่อยให้ได้ 20 กรัม บรรจุในท่อสังกะสี โดยใช้ช่องที่ได้เจาะเอาไว้ หลังจากนั้นทำการปรับความถี่ของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ขับพัดลมเป่าอากาศด้วยชุดอินเวอร์เตอร์จนกระทั่งฝุ่นขี้เลื่อยถูกพาไปกับลมจนหมด จึงทำการบันทึกค่าความถี่เอาไว้ และทำการวัดค่าความเร็วลมที่สอดคล้องกับค่าความถี่ดังกล่าว พร้อมบันทึกข้อมูล หลังจากนั้นจึงทำการทดลองที่มวล 60 และ 100 กรัม ตามลำดับ โดยถือว่าเป็นการทดลองที่ความชื้นแรก เมื่อทำการทดลองครบ 3 ค่าของมวล ก็จะนำฝุ่นขี้เลื่อยบางส่วนไปทำการอบแห้งเพื่อหาค่าร้อยละความชื้นของฝุ่นขี้เลื่อย และนำฝุ่นขี้เลื่อยส่วนที่เหลือไปตากแดดเป็นเวลา 5 ชั่วโมง เพื่อที่จะนำไปทดลองในวันที่สอง โดยถือว่าเป็นความชื้นค่าที่สอง เมื่อเสร็จการทดลองในวันที่สอง ก็ให้นำฝุ่นขี้เลื่อยบางส่วนไปทำการอบแห้งเพื่อหาค่าร้อยละความชื้นของฝุ่นขี้เลื่อย และนำฝุ่นขี้เลื่อยส่วนที่เหลือไปตากแดดเป็นเวลา 5 ชั่วโมง เพื่อนำไปทดลองซ้ำในวันที่สามซึ่งถือเป็นค่าความชื้นที่สาม

ชุดทดลองที่ประกอบเสร็จ และ ฝุ่นขี้เลื่อยที่นำมาใช้ในการทดลอง แสดงได้ดังรูปที่ 1 และ 2 ต่อไปนี้

รูปที่ 1 ชุดทดลองหาค่าความเร็วต่ำสุดในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อย

รูปที่ 2 ฝุ่นขี้เลื่อยที่นำมาใช้ในการทดลอง

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองหาค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นของฝุ่นขี้เลื่อย สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1 ต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ค่าความหนาแน่นและค่าร้อยละความชื้นของฝุ่นขี้เลื่อย

ความชื้นที่	ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	ค่าความชื้น (ร้อยละฐานแห้ง)
1	320	77.78
2	275	66.67
3	225	45.16

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ฝุ่นขี้เลื่อยที่นำมาจากโรงงานแปรรูปไม้ยางพารา มีค่าความชื้นที่สูงก็คือมีค่าความชื้น เท่ากับ 77.78 ร้อยละฐานแห้ง เมื่อนำมาหาค่าความหนาแน่น (bulk density) ก็จะได้ค่าเท่ากับ 320 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรหลังจากนั้นเมื่อนำฝุ่นขี้เลื่อยนี้ไปตากแดดเป็นเวลา 5 ชั่วโมง และนำไปทดลองในวันถัดไป พบว่าการตากแดดทำให้ความชื้นในฝุ่นขี้เลื่อยลดลง หรือกล่าวได้ว่าฝุ่นขี้เลื่อยแห้งขึ้น ทำให้หาค่าความชื้น ได้

เท่ากับ 66.67 ร้อยละฐานแห้ง และค่าความหนาแน่น (bulk density) เท่ากับ 275 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สุดท้ายนำฝุ่นขี้เลื่อยนี้ไปตากแดดอีกเป็นเวลา 5 ชั่วโมง เพื่อนำไปทดลองในวันถัดไป พบว่าการตากแดดทำให้ความชื้นในฝุ่นขี้เลื่อยลดลงอีก ทำให้หาค่าความชื้น ในวันที่สามได้เท่ากับ 45.16 ร้อยละฐานแห้ง และค่าความหนาแน่น (bulk density) เท่ากับ 225 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

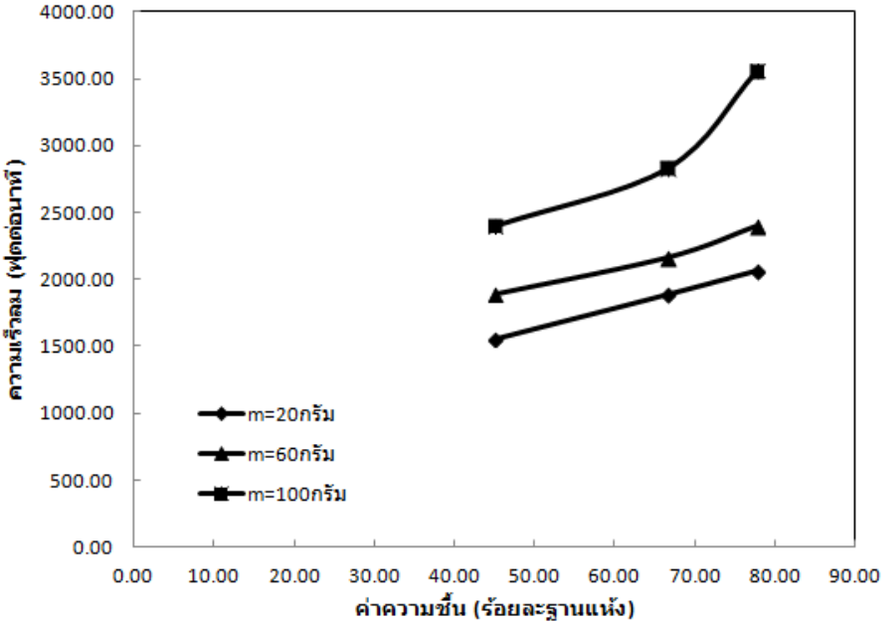
เมื่อนำฝุ่นขี้เลื่อยของแต่ละวันมาทำการทดลองเพื่อหาค่าความเร็วลมต่ำสุดในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อย โดยทดลองที่ 3 ปริมาณมวลของฝุ่นขี้เลื่อย คือ 20, 60 และ 100 กรัม ต่อค่าความชื้น สามารถแสดงผลการทดลองได้ดังตารางที่ 2 ต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ค่าความเร็วลมต่ำสุดในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อย

ค่าความชื้น (ร้อยละฐานแห้ง)	มวล (กรัม)	ความเร็วลมต่ำสุด (ฟุตต่อนาที)
77.78	20	2066.4
	60	2401.0
	100	3562.1
66.67	20	1889.3
	60	2164.8
	100	2833.9
45.16	20	1554.7
	60	1889.3
	100	2401.0

จากตารางที่ 2 ซึ่งแสดงผลการทดลองค่าความเร็วลมต่ำสุดในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อย พบว่าที่ปริมาณมวลของฝุ่นขี้เลื่อยเดียวกัน เมื่อฝุ่นขี้เลื่อยมีค่าความชื้นสูงจะต้องการค่าความเร็วลมต่ำสุดในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อยสูงตามไปด้วย และเมื่อพิจารณาที่ค่าความชื้นเดียวกันเมื่อใส่ฝุ่นขี้เลื่อยในปริมาณมวลที่มาก จะต้องใช้ค่าความเร็วลมต่ำสุดที่สูงขึ้นในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อย

ผลการทดลองจากตารางที่ 2 สามารถนำมาแสดงเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 3 ต่อไปนี้



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วลมต่ำสุดกับค่าความชื้น

จากกราฟแสดงผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 3 พบว่าในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อย ตัวแปรที่มีผลต่อค่าความเร็วลมต่ำสุดในการขนส่งก็คือ ความชื้นของฝุ่นขี้เลื่อย กล่าวคือ หากในการเลื่อยไม้ของโรงงานแปรรูปไม้ยางพาราใช้ไม้ยางพาราที่ค่อนข้างสดมาทำการเลื่อย จะทำให้ฝุ่นขี้เลื่อยที่ได้มีความชื้นสูง จำเป็นต้องใช้ความเร็วลมในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อยที่สูงกว่ากรณีฝุ่นขี้เลื่อยที่แห้งกว่า อีกทั้งพบว่าเมื่อฝุ่นขี้เลื่อยมีปริมาณมาก ก็จะต้องการความเร็วลมที่ใช้ในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อยเช่นกัน

4. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าที่ระดับความชื้น 77.78 ร้อยละฐานแห้ง ความเร็วลมในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อยมวล 20, 60 และ 100 กรัม มีค่า 2,066.4, 2,401.0 และ 3,562.1 ฟุตต่อนาที ตามลำดับ ที่ระดับความชื้น 66.67 ร้อยละฐานแห้ง ความเร็วลมในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อยมวล 20, 60 และ 100 กรัม มีค่า 1,889.3, 2,164.8 และ 2,833.9 ฟุตต่อนาที ตามลำดับ และที่ระดับความชื้น 45.16 ร้อยละฐานแห้ง ความเร็วลมในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อยมวล 20, 60 และ 100 กรัม มีค่า 1,554.7, 1,889.3 และ 2,401.0 ฟุตต่อนาที ตามลำดับ สามารถสรุปได้ว่าความชื้นของฝุ่นขี้เลื่อยมีผลต่อความเร็วลมในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อย โดยเมื่อฝุ่นขี้เลื่อยมีค่าความชื้นสูงขึ้น จะต้องใช้ความเร็วลมที่มีค่าสูงขึ้นในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อย

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณ นายอนุวัฒน์ ศรีพรหม นายณัฐพงษ์ ชุมยวง และ นายสรศักดิ์ สองประสม นักศึกษาสาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ในการทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] สุธรรม นิยมวาส และ บัญญัติ นิยมวาส, 2549, “เครื่องจักรกลของไหล (Fluid Machinery),” สำนักพิมพ์วิทยพัฒน์.

[2] Lawson – Taylor Co.,Ltd., 2014, “Material Conveying,” www.lawson-taylor.ca/Mat_Conv_Guide.pdf [2014 Jul 3].

[3] The New York Blower Company, 2014, “Pneumatic Conveying,” www.nyb.com/Letters/EL-09.pdf [2014 Jul 3].

[4] The Engineering ToolBox, 2014, “Pneumatics – Solid Transport Carrying Velocities,” www.engineeringtoolbox.com/pneumatic-solids-transports-d_134.html [2014 Jul 3].

[5] Spiral Manufacturing Co, Inc., 2014, “Material Transfer Types of Pneumatics Conveying & Design Considerations,” www.spiralmfg.com/downloads/material_transfer.pdf [2014 Sep 27].

[6] Mitsuaki OCHI and Kikaku IKEMORI, 1978, “Minimum Transport Velocity of Granular Materials at High Concentration in a Horizontal Pipe,” Bulletin of the JSME, Vol. 21, No. 156, 1,008 – 1014.