

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลสรุปในการศึกษาและออกแบบเครื่องแยกอนุภาคพร้อมทั้งข้อเสนอแนะต่างๆเพื่อเป็นประโยชน์และเป็นแนวทางการปรับปรุงสำหรับการศึกษาวิจัยต่อไป

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องดักอนุภาค ที่ขนาดการออกแบบเครื่องดักอนุภาคให้มีความยาวของถาดดักอนุภาคเท่ากับ 1.00 เมตร เครื่องดักอนุภาคมีความกว้าง 0.20 เมตรและมีความสูงของห้องดักอนุภาคเท่ากับ 0.50 เมตร ที่ทางเข้าเครื่องดักอนุภาคมีระบบท่อต่อกับเตาเผาชนิดห้องเผาไหม้เตี้ยและที่ทางออกจากเครื่องดักอนุภาคมีระบบท่อต่อกับพัดลมดูดอากาศ สามารถสรุปผลการทดลองที่ได้ดังต่อไปนี้

6.1 ผลที่ได้จากการทดลองหามวลฝอยประเภทกระดาษหนังสือพิมพ์ในอัตราการป้อนมวลฝอยเท่ากับ 25 kg/hr ที่จำนวนชั้นในเครื่องดักอนุภาคแตกต่างกัน 3 ชุด สามารถสรุปผลการทดลองได้ 3 ชุด ดังนี้

6.1.1 การทดลองที่จำนวนชั้นถาดเท่ากับ 25 ชั้น และทำการปรับค่าความเร็วแก๊สเข้าให้ได้ค่าในการทดลองทั้งหมด 4 ค่าความเร็วได้ผลดังต่อไปนี้

จากการทดลองที่ความเร็วแก๊สเข้าเท่ากับ 22.87 m/s มีอัตราการไหลเชิงมวลของแก๊สเท่ากับ 0.06 kg/s มีอุณหภูมิแก๊สเข้าเฉลี่ยเท่ากับ 224 °c ความเข้มข้นของอนุภาคที่ 25 °c ในแก๊สที่ทางเข้าและออกเท่ากับ 292.09 และ 170.10 mg/m³ เครื่องดักอนุภาคมีประสิทธิภาพ (คำนวณจากการกระจาย) เท่ากับ 43.29 % โดยการคำนวณประสิทธิภาพจากทางทฤษฎีมีค่าเท่ากับ 52.65 % ซึ่งค่าจากการทดลองแตกต่างจากทางทฤษฎีประมาณ 17.8 %

จากการทดลองที่ความเร็วแก๊สขาเข้าเท่ากับ 21.40 m/s มีอัตราการไหลเชิงมวลของแก๊สเท่ากับ 0.05 kg/s มีอุณหภูมิแก๊สขาเข้าเฉลี่ยเท่ากับ 231 °C ความเข้มข้นของอนุภาคที่ 25 °C ในแก๊สที่ทางเข้าและออกเท่ากับ 324.10 และ 183.20 mg/m³ เครื่องดักอนุภาคมีประสิทธิภาพ (คำนวณจากการกระจาย) เท่ากับ 45.16 % โดยการคำนวณประสิทธิภาพจากทางทฤษฎีมีค่าเท่ากับ 53.25 % ซึ่งค่าจากการทดลองแตกต่างจากทางทฤษฎีประมาณ 15.2 %

จากการทดลองที่ความเร็วแก๊สขาเข้าเท่ากับ 19.81 m/s มีอัตราการไหลเชิงมวลของแก๊สเท่ากับ 0.04 kg/s มีอุณหภูมิแก๊สขาเข้าเฉลี่ยเท่ากับ 240 °C ความเข้มข้นของอนุภาคที่ 25 °C ในแก๊สที่ทางเข้าและออกเท่ากับ 376.73 และ 204.70 mg/m³ เครื่องดักอนุภาคมีประสิทธิภาพ (คำนวณจากการกระจาย) เท่ากับ 46.36 % โดยการคำนวณประสิทธิภาพจากทางทฤษฎีมีค่าเท่ากับ 53.93 % ซึ่งค่าจากการทดลองแตกต่างจากทางทฤษฎีประมาณ 14.0 %

จากการทดลองที่ความเร็วแก๊สขาเข้าเท่ากับ 18.08 m/s มีอัตราการไหลเชิงมวลของแก๊สเท่ากับ 0.03 kg/s มีอุณหภูมิแก๊สขาเข้าเฉลี่ยเท่ากับ 246 °C ความเข้มข้นของอนุภาคที่ 25 °C ในแก๊สที่ทางเข้าและออกเท่ากับ 447.46 และ 226.57 mg/m³ เครื่องดักอนุภาคมีประสิทธิภาพ (คำนวณจากการกระจาย) เท่ากับ 50.01 % โดยการคำนวณประสิทธิภาพจากทางทฤษฎีมีค่าเท่ากับ 54.73 % ซึ่งค่าจากการทดลองแตกต่างจากทางทฤษฎีประมาณ 8.6 %

6.1.2 การทดลองที่จำนวนชั้นถาดเท่ากับ 20 ชั้น และทำการปรับค่าความเร็วแก๊สขาเข้าให้ได้ค่าในการทดลองทั้งหมด 4 ค่าความเร็วได้ผลดังต่อไปนี้

จากการทดลองที่ความเร็วแก๊สขาเข้าเท่ากับ 22.87 m/s มีอัตราการไหลเชิงมวลของแก๊สเท่ากับ 0.06 kg/s มีอุณหภูมิแก๊สขาเข้าเฉลี่ยเท่ากับ 221 °C ความเข้มข้นของอนุภาคที่ 25 °C ในแก๊สที่ทางเข้าและออกเท่ากับ 300.09 และ 177.76 mg/m³ เครื่องดักอนุภาคมีประสิทธิภาพ (คำนวณจากการกระจาย) เท่ากับ 37.35 % โดยการคำนวณประสิทธิภาพจากทางทฤษฎีมีค่าเท่ากับ 50.68 % ซึ่งค่าจากการทดลองแตกต่างจากทางทฤษฎีประมาณ 26.3 %

จากการทดลองที่ความเร็วแก๊สขาเข้าเท่ากับ 21.40 m/s มีอัตราการไหลเชิงมวลของแก๊สเท่ากับ 0.05 kg/s มีอุณหภูมิแก๊สขาเข้าเฉลี่ยเท่ากับ 230 °C ความเข้มข้นของอนุภาคที่ 25 °C ในแก๊สที่ทางเข้าและออกเท่ากับ 322.05 และ 184.61 mg/m³ เครื่องดักอนุภาคมีประสิทธิภาพ (คำนวณจากการกระจาย) เท่ากับ 39.02 % โดยการคำนวณประสิทธิภาพจากทางทฤษฎีมีค่าเท่ากับ 51.28 % ซึ่งค่าจากการทดลองแตกต่างจากทางทฤษฎีประมาณ 23.9 %

จากการทดลองที่ความเร็วแก๊สขาเข้าเท่ากับ 19.81 m/s มีอัตราการไหลเชิงมวลของแก๊สเท่ากับ 0.04 kg/s มีอุณหภูมิแก๊สขาเข้าเฉลี่ยเท่ากับ 238^oc ความเข้มข้นของอนุภาคที่ 25 °c ในแก๊สที่ทางเข้าและออกเท่ากับ 375.08 และ 206.81 mg/m³ เครื่องดักอนุภาคมีประสิทธิภาพ (คำนวณจากการกระจาย) เท่ากับ 42.56 % โดยการคำนวณประสิทธิภาพจากทางทฤษฎีมีค่าเท่ากับ 51.96 % ซึ่งค่าจากการทดลองแตกต่างจากทางทฤษฎีประมาณ 18.1 %

จากการทดลองที่ความเร็วแก๊สขาเข้าเท่ากับ 18.08 m/s มีอัตราการไหลเชิงมวลของแก๊สเท่ากับ 0.03 kg/s มีอุณหภูมิแก๊สขาเข้าเฉลี่ยเท่ากับ 241^oc ความเข้มข้นของอนุภาคที่ 25 °c ในแก๊สที่ทางเข้าและออกเท่ากับ 423.96 และ 227.46 mg/m³ เครื่องดักอนุภาคมีประสิทธิภาพ (คำนวณจากการกระจาย) เท่ากับ 48.19 % โดยการคำนวณประสิทธิภาพจากทางทฤษฎีมีค่าเท่ากับ 52.76 % ซึ่งค่าจากการทดลองแตกต่างจากทางทฤษฎีประมาณ 9.8 %

6.1.3 การทดลองที่จำนวนชั้นถาดเท่ากับ 15 ชั้น และทำการปรับค่าความเร็วแก๊สขาเข้าให้ได้ค่าในการทดลองทั้งหมด 4 ค่าความเร็วได้ผลดังต่อไปนี้

จากการทดลองที่ความเร็วแก๊สขาเข้าเท่ากับ 22.87 m/s มีอัตราการไหลเชิงมวลของแก๊สเท่ากับ 0.06 kg/s มีอุณหภูมิแก๊สขาเข้าเฉลี่ยเท่ากับ 220^oc ความเข้มข้นของอนุภาคที่ 25 °c ในแก๊สที่ทางเข้าและออกเท่ากับ 281.17 และ 178.64 mg/m³ เครื่องดักอนุภาคมีประสิทธิภาพ (คำนวณจากการกระจาย) เท่ากับ 32.71 % โดยการคำนวณประสิทธิภาพจากทางทฤษฎีมีค่าเท่ากับ 48.14 % ซึ่งค่าจากการทดลองแตกต่างจากทางทฤษฎีประมาณ 32.1 %

จากการทดลองที่ความเร็วแก๊สขาเข้าเท่ากับ 21.40 m/s มีอัตราการไหลเชิงมวลของแก๊สเท่ากับ 0.05 kg/s มีอุณหภูมิแก๊สขาเข้าเฉลี่ยเท่ากับ 229 °c ความเข้มข้นของอนุภาคในแก๊สที่ทางเข้าและออกเท่ากับ 304.87 และ 186.39 mg/m³ เครื่องดักอนุภาคมีประสิทธิภาพ (คำนวณจากการกระจาย) เท่ากับ 33.94 % โดยการคำนวณประสิทธิภาพจากทางทฤษฎีมีค่าเท่ากับ 48.74 % ซึ่งค่าจากการทดลองแตกต่างจากทางทฤษฎีประมาณ 30.4 %

จากการทดลองที่ความเร็วแก๊สขาเข้าเท่ากับ 19.81 m/s มีอัตราการไหลเชิงมวลของแก๊สเท่ากับ 0.04 kg/s มีอุณหภูมิแก๊สขาเข้าเฉลี่ยเท่ากับ 234^oc ความเข้มข้นของอนุภาคที่ 25 °c ในแก๊สที่ทางเข้าและออกเท่ากับ 351.69 และ 209.36 mg/m³ เครื่องดักอนุภาคมีประสิทธิภาพ (คำนวณจากการกระจาย) เท่ากับ 37.45 % โดยการคำนวณประสิทธิภาพจากทางทฤษฎีมีค่าเท่ากับ 49.42 % ซึ่งค่าจากการทดลองแตกต่างจากทางทฤษฎีประมาณ 24.2 %

จากการทดลองที่ความเร็วแก๊สเข้าเท่ากับ 18.08 m/s มีอัตราการไหลเชิงมวลของแก๊สเท่ากับ 0.03 kg/s มีอุณหภูมิแก๊สเข้าเฉลี่ยเท่ากับ 237^oc ความเข้มข้นของอนุภาคที่ 25 ^oc ในแก๊สที่ทางเข้าและออกเท่ากับ 416.77 และ 234.65 mg/m³ เครื่องดักอนุภาคมีประสิทธิภาพ (คำนวณจากการกระจาย) เท่ากับ 39.85 % โดยการคำนวณประสิทธิภาพจากทางทฤษฎีมีค่าเท่ากับ 50.22 % ซึ่งค่าจากการทดลองแตกต่างจากทางทฤษฎีประมาณ 20.6 %

ผลที่ได้จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพของเครื่องดักอนุภาค (โดยคำนวณจากการกระจาย) นั้น ให้ค่าแตกต่างจากประสิทธิภาพที่คำนวณทางทฤษฎีโดยประมาณระหว่าง 8-32 % และในการทดลองบางส่วนผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์ให้ยืมเครื่องตรวจวัดอนุภาคจากปล่องควันที่มีประสิทธิภาพในการเก็บตัวอย่างอนุภาคได้ดีมากมาใช้ในการตรวจวัดจากทางภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ผลการตรวจวัดแสดงให้เห็นว่าการทดลองโดยใช้ถาด 25 ชั้น ประสิทธิภาพของเครื่องดักอนุภาคอยู่ระหว่าง 18-25 % ให้ค่าแตกต่างจากการคำนวณทางทฤษฎีโดยเฉลี่ยประมาณ 30 % และความเข้มข้นของอนุภาคที่ 25 ^oc ที่ทางออกจากการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดมีค่าโดยประมาณ 382-405 mg/m³ จากผลการตรวจสอบประสิทธิภาพด้วยวิธีต่างๆสามารถสรุปได้ว่า ถ้าต้องการให้เครื่องดักอนุภาคชนิดนี้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นก็ต้องเพิ่มจำนวนถาดดักอนุภาคให้มากขึ้น หรือลดความเร็วของแก๊สในระบบให้ต่ำลงเพื่อให้ประสิทธิภาพในการเก็บอนุภาคสูงขึ้น และในตารางที่ 6.1 แสดงผลสรุปข้อมูลประสิทธิภาพของเครื่องดักอนุภาคเปรียบเทียบผลจากการคำนวณทางทฤษฎี

6.2 ผลจากการวิเคราะห์ห้อนุภาคที่เก็บจากเครื่องดักอนุภาคด้วยเครื่องวัดการกระจายอนุภาคของศูนย์วิจัยจุพาลงกรณ์ ในการเก็บตัวอย่างอนุภาคที่จำนวนถาดดักอนุภาค 25 ชั้น ความเร็วแก๊สเข้าจาก 18.08-22.87 m/s ได้ผลการกระจายของอนุภาคที่ 50th Percentile ตามลำดับดังนี้ 54.66, 98.85, 116.89 และ 124.89 ไมครอน ตัวอย่างอนุภาคที่จำนวนถาดดักอนุภาค 20 ชั้น ความเร็วแก๊สเข้าจาก 18.08-22.87 m/s ได้ผลการกระจายของอนุภาคที่ 50th Percentile ตามลำดับดังนี้ 84.86, 112.33, 122.87 และ 139.58 ไมครอน และตัวอย่างอนุภาคที่จำนวนถาดดักอนุภาค 15 ชั้น ความเร็วแก๊สเข้าจาก 18.08-22.87 m/s ได้ผลการกระจายของอนุภาคที่ 50th Percentile ตามลำดับดังนี้ 107.8, 126.55, 146.72 และ 153.71 ไมครอน

ผลที่ได้จากการตรวจวัดการกระจายอนุภาคพบว่า เครื่องดักอนุภาคสามารถเก็บอนุภาคขนาดเล็กลงได้ดีขึ้นเมื่อเครื่องดักอนุภาคมีจำนวนชั้นของถาดมากขึ้น ดังนั้นการเพิ่มถาดดักอนุภาคให้มากขึ้นจึงเป็นผลทำให้เก็บอนุภาคที่มีขนาดเล็กลงได้ดีขึ้นด้วย

ตารางที่ 6.1 แสดงผลสรุปข้อมูลประสิทธิภาพของเครื่องคัดอนุภาคเปรียบเทียบผลจากสมการ

จำนวนภาค (ชั้น)	v_i (m/s)	mass flow rate (kg/s)	ขนาดอนุภาค (μm) ที่ 50 th Percentile	อุณหภูมิเฉลี่ยขาเข้า ($^{\circ}\text{C}$)	อุณหภูมิเฉลี่ยเครื่องคัด ($^{\circ}\text{C}$)	อุณหภูมิเฉลี่ยปล่องควัน ($^{\circ}\text{C}$)	η_m (%)	η_D (%)	η_i (%)	%Diff _(T-D)
25	22.87	0.06	124.89	224	185	95	41.76	43.29	52.65	17.8%
	21.40	0.05	116.89	231	194	96	43.48	45.16	53.25	15.2%
	19.81	0.04	98.85	240	197	98	45.66	46.36	53.93	14.0%
	18.08	0.03	54.66	246	207	99	49.36	50.01	54.73	8.6%
20	22.87	0.06	139.58	221	180	92	38.20	37.35	50.68	26.3%
	21.40	0.05	122.87	230	188	94	41.10	39.02	51.28	23.9%
	19.81	0.04	112.33	238	195	95	44.86	42.56	51.96	18.1%
	18.08	0.03	84.86	241	204	97	46.35	48.19	52.76	8.7%
15	22.87	0.06	153.71	220	173	90	36.47	32.71	48.14	32.1%
	21.40	0.05	146.72	229	179	91	38.86	33.94	48.74	30.4%
	19.81	0.04	126.55	234	183	92	40.47	37.45	49.42	24.2%
	18.08	0.03	107.80	237	185	95	43.70	39.85	50.22	20.6%