ระบบดูดกลืนมลพิษทางอากาศแบบเปียกโดยใช้ตัวกลางเคลื่อนที่

Air Pollution Absorption System by Moving Bed Packing Media Wet-Scrubber

แสวง เกิดประทุม[1], ทรงเกียรติ รอดแดง[1], ศรีวิชัย สู่สุข[1]
[1] สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
35 หมู่ 3 เทคโนธานี ตำบล คลองห้า อำเภอ คลองหลวง จังหวัด ปทุมธานี 12120
โทร 025779000 ต่อ 9263 โทรสาร 025772386

Sawaeng Gerdpratoom[1], Sogkiat Roddeang[1], Sriwichai Susuk[1]
Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR), Thailand
35 mu 3,Technopolis, Khlong 5, Khlong Luang, Pathum Thani 12120 Thailand
Tel: (66) 02 577 2386 Fax: (66) 02 577 92386
E-mail: water108@hotmail.com, kiatkob@hotmail.com, sriwichai@tistr.or.th

บทคัดย่อ

ระบบการดูดซับแบบเปียกใช้ตัวกลาง(Packing media wet scrubber)ที่มักประสบปัญหาการอุดตัน ในกรณีที่สารดูดกลืนมีตะกอนสารแขวนลอย หรือสารที่สามารถตกผลึกได้ จะทำให้ตัวกลางอุดตันได้ง่าย ซึ่งส่งผลทำให้แรงดันสูญเสียในระบบสูงขึ้นในขณะใช้งาน บางครั้งอาจต้องหยุดระบบเพื่อทำความสะอาดตัวกลางที่เกิดการอุดตันด้วยตะกอนหรือผลึกเกาะติดภายในตัวกลางเพื่อเป็นการขจัดปัญหาดังกล่าว คณะวิจัยจึงได้ทำการพัฒนาหอดูดซับแบบเปียกโดยใช้ตัวกลางเคลื่อนที่ (Moving Bed Packing Media wet scrubber) ระบบหอดูดกลืนแบบเปียกโดยใช้ตัวกลางที่มีการเคลื่อนที่โดยใช้แรงโน้มถ่วง จะสามารถนำตัวกรองออกมาทำความสะอาดได้ในขณะใช้งานโดยไม่ต้องหยุดระบบ มลพิษทางอากาศจะถูกบำบัดโดยสารดูดกลืนที่สัมผัสกับตัวกลางที่เปียกชุ่มด้วยสารละลายที่ใช้ดูดซับ (Scrubbing solution) ที่มีการไหลตัดกัน (Cross flow) สองขั้นตอนโดยมีชุดพ่นละอองสารดูดกลืนทำให้ตัวกลางแบบเปียกชุ่มตลอดเวลา ที่เป็นการพัฒนาผสมผสานระหว่างหอพ่นละอองดูดกลืนกับระบบใช้ตัวกลางที่เปียกชุ่มด้วยสารดูดกลืนหนึ่งขั้นตอนหรือมากกว่าหนึ่งขั้นตอน วิธีการนี้จะทำให้สามารถนำตัวกลางที่อุดตันด้วยตะกอน หรือผลึกออกขณะทำงาน ทำให้แรงดันสูญเสียของระบบไม่สูงขึ้น และไม่ต้องหยุดระบบเพื่อทำความสะอาดตัวกลาง ลดค่าใช้จ่าย เพราะไม่ต้องเดินระบบด้วยแรงดันสูญเสียสูงๆ

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว) ได้สร้างระบบนี้ทดสอบกับระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) โดยใช้น้ำปูนขาว (Lime slurry) เป็นสารดูดซับ (Scrubbing solution) ซึ่งปกติมักจะเกิดผลึกของยิบซัม (Calcium sulfate) ในตัวกลางที่เกิดจากกระบวนการหลอมตะกั่วจากซากแบตเตอรี่ที่ใช้งานแล้ว สามารถกำจัดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ได้มากกว่า 96 เปอร์เซ็นต์ โดยมีปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก่อนผ่านระบบบำบัดมีความเข้มข้นเฉลี่ยที่ 2918 ppm หลังเดินระบบบำบัดเฉลี่ยลดลง 119 ppm โดยเดินระบบแบบต่อเนื่องเป็นเวลา 3 เดือน โดยไม่เกิดปัญหาการอุดตันในระบบและแรงดันสูญเสียในระบบบำบัดไม่สูงขึ้น

คำสำคัญ; มลพิษทางอากาศ, ตัวกลางดูดกลืน, สครับเบอร์แบบเปียก, ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)

1. บทนำ

ในปัจจุบันนี้สิ่งแวดล้อมรอบตัวเรามีสภาวะแวดล้อมเสื่อมโทรม มีสาเหตุมาจากกิจกรรมของมนุษย์ในการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีเพื่อนำความรู้ ใหม่ๆ มาเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร และอุตสาหกรรม โดยไม่คำนึงถึงการอนุรักษ์ธรรมชาติ หรือป้องกันสิ่งแวดล้อมตามหลักวิชาการ เป็นเหตุทำให้สิ่งแวดล้อมเกิดภาวะมลพิษหรือมลภาวะ (Pollution) เช่น มลภาวะอากาศ มลภาวะน้ำ มลภาวะทางเสียง เป็นต้น

ดังนั้นเครื่องพ่นจับ (Scrubber) เป็นหนึ่งในหลายๆวิธีที่มักนำมาใช้เป็นอุปกรณ์ในการควบคุมมลพิษทางอากาศ ซึ่งเป็นระบบที่ทำให้มลพิษเป็นก๊าซ หรืออนุภาพที่ต้องการควบคุมแบบสัมผัสที่เฟสก๊าซ ในการแบ่งประเภทของระบบเครื่องพ่นจับตามสถานะของก๊าซนั้นจะพิจารณาจากแหล่งพลังงานที่นำเฟสก๊าซเข้าไปสัมผัสกันกับของเหลวทำให้เกิดผิวสัมผัสระหว่างมลพิษกับสารละลายในระยะเวลาที่มากพอ เพื่อทำให้เกิดการส่งถ่ายมวล (Mass transfer)

ดังนั้นในการที่จะทำให้เกิดพื้นที่ผิวสัมผัสกับสารดูดกลืนจะใช้วิธีต่างๆกัน เช่น แบบฉีดพ่นสารดูดกลืนให้เป็นละอองขนาดเล็กสัมผัสกับมวลในอากาศ ซึ่งเรียกเครื่องดูดกลืนแบบนี้ว่า หอพ่นฝอย (Spray tower) ซึ่งมีประสิทธิภาพต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับแบบอื่น ดังนั้น เพื่อให้เกิดการดูดกลืน หรือการส่งถ่ายมวลของมลพิษอากาศให้ดีขึ้น โดยมีการพัฒนารูปแบบหอพ่นฝอยใหม่ โดยทำเป็นคอคอด (Throat) เพื่อทำให้ละอองของสารดูดกลืนถูกบีบอัดทำให้

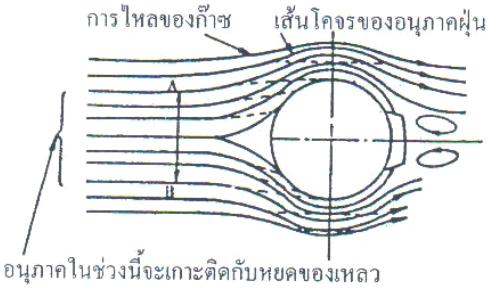
ส่งถ่ายมวลเร็วขึ้น ซึ่งเรียกระบบนี้ว่า เวนจูรี สครับเบอร์ (Ventury scrubber) แต่ระบบนี้จะทำให้แรงดันสูญเสีย (Pressure drop) สูงมาก จึงทำให้ต้องใช้พลังงานในการขับดันอากาศสูงกว่าแบบอื่น ๆ

และอีกแบบหนึ่งของเครื่องดูดกลืนมลพิษแบบที่ใช้ตัวกลางดูดกลืน (Packing media) ทำหน้าที่สร้างผิวสัมผัสระหว่างมลพิษกับสารดูดกลืนที่เป็นของเหลว และช่วยเพิ่มระยะเวลาสัมผัส (Contact time) มากขึ้น ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดดีกว่า แบบหอพ่นฝอย และใช้แรงดันต่ำกว่าแบบเวนจู

ในระบบดูดกลืนแบบใช้ตัวกลาง (Packing media wet scrubber) มีข้อจำกัดเรื่องการดูดกลืนในตัวกลางในกรณีที่สารดูดกลืนมีตะกอนสารแขวนลอย หรือการตกผลึกจะทำให้ตัวกลางดูดกลืนเกิดการอุดตันได้ง่าย จึงส่งผลทำให้แรงดันสูญเสียสูงขึ้น ในขณะใช้งาน จึงต้องหยุดระบบเพื่อทำความสะอาดตัวกลางที่เกิดการอุดตันด้วยตะกอนหรือผลึกเกาะติดภายในตัวกลาง จึงเป็นที่มาในการออกแบบระบบดูดกลืนมลพิษทางอากาศแบบตัวกลางเคลื่อนที่

2. หลักการออกแบบ

ในที่นี้จะอธิบายถึงกลไกการตกกระทบด้วยแรงเฉื่อย (Impact by inertia) การแพร่ (Diffusion) และการสกัดกั้น (Interception) ในการออกแบบระบบหอดูดซับ (Wet-scrubber) จะออกแบบให้มลพิษอากาศที่เป็นก๊าซ หรืออนุภาค ถูกชะล้างหรือดูดจับไปบนละอองของเหลว หรือฟิล์มของเหลวโดยอนุภาคมลพิษอากาศจะถูกชนปะทะกับละออง Scrubbing Solution หรือมลพิษก๊าซถูกปะทะ และละลายเข้าไปในละอองของเหลวที่เป็น Scrubbing Solution ดังรูปที่1 ซึ่งประสิทธิภาพจะขึ้นอยู่กับปริมาณละอองของเหลวที่เป็นสารดูดซับ หรือปริมาณพื้นที่ผิวของแผ่นฟิล์ม ซึ่งถ้าปริมาณละออง และพื้นที่แผ่นฟิล์มของเหลวมากโอกาสที่มลพิษในอากาศจะถูดูดซับก็จะมากขึ้น



รูปที่ 1 ลักษณะการเกาะติดของอนุภาคฝุ่นบนหยดของเหลว

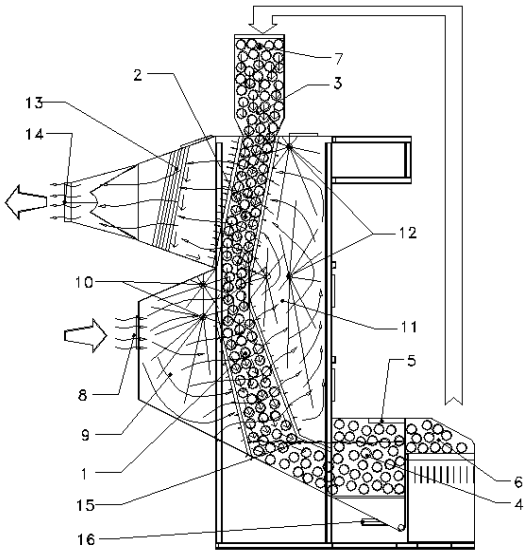
ในกรณีตกกระทบด้วยแรงเฉื่อยอนุภาคมลพิษจะถูกชนและเกาะติดกับหยดของเหลวดังรูปที่ 1 เนื่องจากมีแรงเฉื่อย ถ้าอนุภาคมีขนาดโตขึ้นความหนาแน่นยิ่งมากความเร็วสัมผัสเมื่อเทียบกับหยดของเหลวยิ่งสูงประสิทธิภาพในการกระทบด้วยแรงเฉื่อยจะมีค่ายิ่งมาก การแพร่นั้นขึ้นอยู่กับความเร็วของการเกาะติดผิวจะสูงขึ้น แต่จะแปรผันกับความหนืดของก๊าซ กลไกของการสกัดกั้นจะช่วยเสริมประสิทธิภาพจากการแพร่และการตกกระทบด้วยแรงเฉื่อย

ดังนั้นในการออกแบบจึงต้องทำให้เกิดละอองของของเหลวให้มีจำนวนมาก หรือเพิ่มพื้นที่ผิวบนแผ่นฟิล์มมากๆ การสร้างแผ่นฟิล์มของ ของเหลวทำได้โดยการให้ของเหลวไหลเปียกชุ่มบนผิวตัวกลางที่ออกแบบให้มีพื้นที่ผิวมากๆ ซึ่งของเหลวที่เปียกชุ่มบนผิวตัวกลางจะสร้างแผ่นฟิล์มของเหลวที่จะตัวดูดซับมลพิษได้มากขึ้น

ในการออกแบบหอดูดซับได้ออกแบบให้มีห้องสเปรย์ละอองของเหลว 2 ห้อง ดังรูปที่ 2 สเปรย์ละอองน้ำให้มีจำนวนละอองน้ำหนาแน่น กระแสลมของอากาศที่ต้องการบำบัดถูกดูดผ่านเข้ามาในห้อง จะพัดให้ละอองของเหลวปะทะกับตัวกลางที่ติดตั้งของทางลมอยู่ทำให้ตัวกลางเปียกชุ่มด้วยของเหลว แล้วไหลลงด้านล่างในลักษณะการไหลแบบตัวขวาง(Cross-flow) ตัวกลางจะถูกป้อนเข้าหอดูดซับทางด้านบนพร้อมป้อนของเหลวให้เปียกชุ่มตัวกลาง ตัวกลางจะเคลื่อนลงด้านล่างอย่างช้าๆ ด้วยแรงโน้มถ่วง ตัวกลางที่เคลื่อนที่ลอดใต้น้ำออกด้านนอกช่วงหมายเลข 4 หอดูดซับทางด้านล่างพร้อมระบบล้างตัวกลาง แล้วนำกลับเข้าหอดูดซับด้านบน (3) ซึ่งหอดูดซับนี้จะเป็นหอดูดซับที่มีห้องสเปรย์ละอองของเหลว 2 ห้อง และอากาศที่บำบัดจะไหลผ่านตัวกลางแบบตัดขวาง 2 ครั้ง (2 Stage)

2.2 ลักษณะการทำงาน

ในการออกแบบระบบดูดกลืนมลพิษอากาศแบบตัวกลางเคลื่อนที่



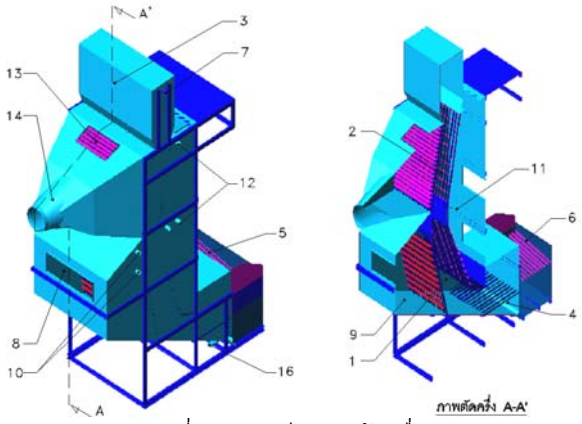
รูปที่ 2 ลักษณะการทำงานระบบดูดกลืนมลพิษอากาศแบบเปียกโดยใช้ตัวกลางเคลื่อนที่

เป็นระบบดูดกลืนมลพิษอากาศแบบเปียกโดยใช้ตัวกลางเคลื่อนที่ ดังรูปที่ 2 และรูปที่ 3 แสดงลักษณะการทำงาน มีช่องบรรจุตัวกลางเป็นชั้น มีชั้นตัวกลางชั้นแรก (1) อยู่ด้านล่างและชั้นตัวกลางชั้นสอง (2) อยู่ด้านบนมีช่อง สำหรับเป็นที่อยู่ของตัวกลาง และมีช่องสำหรับป้อนตัวกลางอยู่ด้านบน ใช้การบรรจุตัวกลางลงไปในชั้นตัวกลางทั้งสอง จะต้องป้อนตัวกลางลงบนถังป้อนตัวกลาง (3) ที่อยู่ด้านบนสุดทำให้ตัวกลางถูกบรรจุตามชั้นตัวกลางจนเต็ม และช่องพักตัวกลาง (4) และมีฝาเปิดด้านบน (5) สำหรับนำตัวกลางออกมาล้างทำความสะอาดที่ถาดรองรับตัวกลาง (6) ก่อนบรรจุเข้าไปใช้ใหม่ในถังป้อนตัวกลาง (3) สำหรับหมุนเวียนกลับไปใช้ซ้ำ

ในถังป้อนตัวกลาง (3) มีระบบกระจายสารดูดกลืน (7) เพื่อให้ตัวกลางเปียกชุ่มด้วยสารดูดกลืนก่อนเข้าบำบัด การเคลื่อนที่ของอากาศที่ต้องการบำบัดหรือมลพิษอากาศจะไหลเข้าทางช่องทางเข้า (8) โดยผ่านห้องพ่นสารละลายดูดกลืนของช่องทางเข้า (9) โดยมีชุดพ่นละอองสารดูดกลืน (10) และอากาศที่ต้องการบำบัดจะไหลผ่านตัวกลางชั้นแรก (1) ทำให้เกิดการส่งผ่านมวลมลพิษในอากาศไปกับสารดูดกลืน แล้วอากาศจะไหลเข้าไปในห้องพ่นสารละลายดูดกลืนชุดที่สอง (11) ในห้องนี้จะมีชุดพ่นละอองสารดูดกลืน (12) และอากาศที่ผ่านการบำบัดมาก่อนแล้วจะถูกบำบัดเป็นครั้งที่สองโดยมวลของอากาศจะไหลวนขึ้นด้านบนผ่านเข้าชั้นตัวกลางชั้นสอง (2) ทำให้เกิดการส่งผ่านมวลของมลพิษไปกับสารดูดกลืนอีกครั้ง จากนั้นมวลอากาศถูกบำบัดแล้วและไหลผ่านชุดกำจัดละอองของสารดูดกลืน (13) เพื่อกำจัดละอองสารดูดกลืนที่ถูกพัดพามากับมวลอากาศ และสารดูดกลืนที่ถูกชุดกำจัดละอองก็จะไหลลงสู่ด้านล่าง มวลอากาศที่ถูกบำบัดแล้ว จะระบายสู่บรรยากาศภายนอกทางช่องทางออก (14)

สารดูดกลืนจะไหลลงด้านล่างอยู่ภายในช่องพักตัวกลาง (4) และถูกดูดขึ้นไปพ่นเป็นละอองที่ห้องพ่นสารดูดกลืน (10) และ (12) ในตำแหน่งต่าง ๆ ดังรูปที่ 2 ในถังพักตัวกลาง (4) อาจมีระบบปรับสภาพน้ำ หรือระบบเติมสารเคมี พร้อมระบบควบคุมที่เหมาะสมกับมลพิษ หรืออาจมีระบบแยกตะกอนที่เกิดขึ้นจากการบำบัด แล้วนำน้ำกลับไปใช้ซ้ำ

อนึ่งการป้อนตัวกลางที่ล้างทำความสะอาดแล้ว (6) เข้าไปในถึงป้อนตัวกลาง (3) ที่อยู่ด้านบน อาจทำเป็นกระพ้อลำเลียงหรือระบบลำเลียงอื่น ๆ ที่เหมาะสม



รูปที่ 3 รายละเอียดของตัวเครื่อง

3. การทดลองระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)

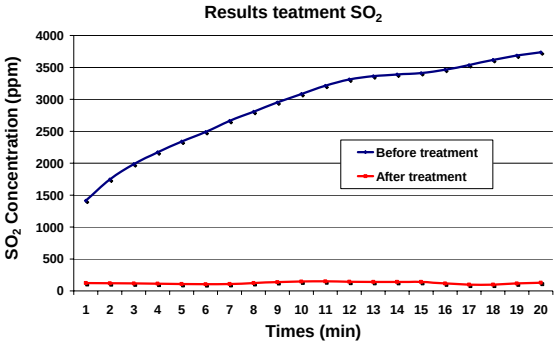
เนื่องจากในภาคอุตสาหกรรมมีของเสียเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตอย่างมากมายและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยอากาศเสียที่ถูกปล่อยออกมาจึงมีสิ่งเจือปนอยู่มาก จึงต้องมีการตรวจสอบคุณภาพอากาศก่อนปล่อยสู่บรรยากาศภายนอก ดังนั้นกรมอุตสาหกรรมได้มีประกาศมาตรฐานคุณภาพอากาศที่ระบายออกนอกโรงงานต้องมีปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ไม่เกิน 700 ppm ดังนั้นทางสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยได้ร่วมมือกับโรงงานหลอมตะกั่วจากซากแบตเตอรี่ที่ใช้งานแล้ว ซึ่งในกระบวนการดังกล่าว จะมีก๊าซซัลเฟอร์ไนออกไซด์มากกว่า 3,000 ppm ได้ทดลองนำระบบดูดซับน้ำนี้ไปทดลองได้ สามารถกำจัดก๊าซ SO_2 ได้มากกว่า 96% ดังแสดงผลในรูปที่ 5 ทำการกำจัดอากาศเสียที่เกิดขึ้น โดยใช้ระบบดูดกลืนมลพิษอากาศแบบตัวกลางเคลื่อนที่ ดังรูป 4

รูปที่ 4 ลักษณะของตัวเครื่องติดตั้งและทดสอบ

4. ผลการทดลอง

ดังรูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลในการวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ที่วัดจากปล่องไอเสียโดยใช้เครื่องมือวัดยี่ห้อ Testo 300M-XLI โดยมีระยะเวลาการเก็บทุกๆ 1 นาที นาน20-30 นาที ต่อครั้งในการเก็บข้อมูล และนำข้อมูลมาทำการหาค่าเฉลี่ยในแต่ละครั้งและทำการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างก่อนบำบัดและหลังบำบัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก่อนเข้าระบบมีการเปลี่ยนแปลงเป็นเราะลักษณะการปล่อยวัสดุ

จากการทดลองบำบัดอากาศเสียจากกระบวนการหลอมซากแบตเตอรี่ซึ่งมีปริมาณความเข้มข้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เฉลี่ยประมาณ 2918 ppm ปริมาณอากาศที่ต้องการบำบัด 13000 cfm หลังจากการผ่านระบบดูดซับแบบตัวกลางเคลื่อนที่ดังแสดงในรูปที่ 3 และ 4 แล้วพบว่า ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)หลังบำบัดเฉลี่ย 119 ppm มีประสิทธิภาพในการบำบัด 96 % ดังแสดงรูปที่ 5 ผลการทดลองไม่พบปัญหาอุดตันในระบบตังกลาง และได้ทำการทดลองต่อเนื่องเป็นเวลา 3 เดือน พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดเป็นไปตามมาตรฐาน



รูปที่ 5 ผลการทดลองบำบัดก๊าซ SO_2 ก่อน-หลังบำบัด

5. สรุปผลการทดลอง

หอดูดซับแบบตัวกลางเคลื่อนที่ สามารถนำไปใช้กับระบบดูดซับที่อาจมีการอุดตันในชั้นตัวกลางได้ดี และประสิทธิภาพในการกำจัดสูง และได้ทำการทดลองใช้จริงกับระบบการบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ SO_2 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่เกิดปัญหาการอุดตันในชั้นตัวกลาง

กิตติกรรมประกาศ

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 เทคโนธานี ตำบล คลองห้า อำเภอ คลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120 ฝ่ายวิศวกรรม www.tistr.or.th

เอกสารอางอิง

[1]Liptak, B.G.,General air pollution control techniques, in Handbook of Environment Engineer, Volumn11 pp.595-652 ,1974.
[2]Noyes Data Corporation., Air and Gas Cleanup Equipment, pp.81,147-150,154-155.,1972.
[3] C.David Cooper and F.C.Alley., Air Pollution Control A Design Appoach, Waveland Press Inc., 1994.
[4] Kenneth, C.Schifftner and Howard E.Hesketh., Wet Scrubber, Technomic U.S.A.,1996.