

บทที่ 2

ผลงานวิจัยที่ผ่านมา

ในการวิจัยที่ผ่านมาพอจะแบ่งการวิจัยได้เป็นช่วงระยะเวลาโดยในช่วงแรกๆนั้นในการวิจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าวจะมุ่งเน้นการหาความสัมพันธ์ปฏิกิริยาระหว่างแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และสารละลายโมโนเอทานอลามีนว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร นอกจากนี้ยังศึกษาถึงผลกระทบเนื่องจากอุณหภูมิ หลังจากที่ได้ค่าความสัมพันธ์แล้วก็มีการศึกษาการกำหนดสมการขึ้นมาโดยมีแพคเตอร์เนื่องจากปฏิกิริยาเคมีคุณอยู่ในสมการ สุดท้ายในช่วงระยะเวลาไปประมาณ 1990 ถึงปัจจุบันในงานวิจัยจะนำโมเดลที่ได้จากการวิจัยมาจำลองกระบวนการหรือกำหนดโมเดลอย่างง่ายที่ได้จากการทดลองนำมาจำลองกระบวนการ ในส่วนของการหาสมการดำเนินการที่เหมาะสมก็มักจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปจำลองกระบวนการแล้วก็ทดลองเปลี่ยนแปลงค่าดำเนินการต่างๆเพื่อดูค่าพลังงานที่เปลี่ยนแปลงไป รายละเอียดของของงานวิจัยมีดังนี้

หอดูดซึมและหอฟื้นฟูสภาพ

ตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นระยะแรกมีการวิจัยถึงประเภทของปฏิกิริยาระหว่างแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กับสารละลายโมโนเอทานอลามีนหลังจากนั้นเริ่มกำหนดสมการโดยมีปฏิกิริยาเคมีสมการที่กำหนดขึ้นส่วนใหญ่เน้นใช้เฉพาะหาค่าความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์เท่านั้น มีความซับซ้อนและตัวแปรต่างๆ หาได้ค่อนข้างลำบากบางครั้งต้องได้จากการทดลองย่อยๆอีก ในระยะหลังจึงมีการทดลองหาสมการสมดุลทางเคมีและสมการต่างๆที่อยู่ในรูปสมการที่ง่ายมากยิ่งขึ้น

แมสัน และ ดอดจ์ (Mason and Dodge) เป็นผู้เริ่มทำการวิจัยรุ่นแรกๆ แต่ไม่ได้อธิบายโมเดลใดๆไว้นอกจากการทำ Curve-fitting อธิบายความเข้มข้นของสารต่างๆ แวน เครเวลเลน (Van Krevelen) พัฒนาโมเดลเพื่อคาดการณ์ความดันไอ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และ แอมโมเนียเหนือสารละลาย ใช้ ค่าคงที่สมดุลเทียม (Pseudo-equilibrium constant) ซึ่ง ใช้ความสัมพันธ์ความแข็งแรงทางไอออน (Ionic strength) แต่จะไม่ใช้ค่าคงที่แอคติวิตี (Activity coefficient) งานวิจัยนี้สามารถที่จะอธิบายความเข้มข้นของแอมโมเนีย (NH₃) ได้ดี แดนมเวอริคและแมคเนล (Danckwert and McNeil) ใช้โมเดลที่ใช้ ค่าคงที่สมดุลเทียม (Pseudo-equilibrium constant) และ ค่าความแข็งแรงทางไอออน (Ionic strength) เพื่ออธิบายความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในสารละลายโมโนเอทานอลามีนจากการวิจัยนี้ทำให้พบข้อจำกัดในโมเดลเพื่อหาความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ เคนท์ และ ไอซ์เซนเบิร์ก (Kent and Eisenberge) พัฒนาโมเดลที่มีความสัมพันธ์ค่าสมดุลของการละลาย (Equilibrium solubility) แต่ไม่มีความสัมพันธ์ กับค่าความแข็งแรง

ทางไอออน (Ionic strength) ผลจากการทดลองพบว่าค่าที่ได้แตกต่างจากค่าการทดลองมาก แต่ถ้าใช้ค่าความแข็งแรงไอออน (Ionic strength) จะพบว่าค่าที่ได้จะดีกว่ามาก แอตวูด (Atwood) ได้เสนอวิธีคำนวณค่าคงที่ของสมดุลในระบบ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ เอมีน และน้ำ โดยใช้หลักการนำค่าเฉลี่ยไอออนแอคติวิตี

(Mean ionic activity coefficient) โดยสมมติว่า ค่าคงที่แอคติวิตี (Activity coefficient) ของทุกไอออนิก เท่ากันทุกตัว ในค่าสมมุตินี้ใช้ได้กับกรณี ค่าที่มีไอออนิกต่ำ (Low ionic strengths) เครเมอร์ และ โคลเลสนิโควา (Klyamer and Kolesnikova) ได้นำโมเดลของ แอตวูด (Atwood) มาประยุกต์ใช้ในระบบ คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ เอมีน และน้ำ ในการทดลองนี้ถ้าให้ค่าคงที่แอคติวิตี (Activity coefficients) ในโมเดลเท่ากับ 1 ค่าที่ได้จากโมเดลจะใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากค่าเคนท์ และ ไอชเชนเซนเบิร์ก (Kent and Eisenberg) โมเดล ลี (Lee) ได้นำสองโมเดลของเครเมอร์ (Klyamer and Kent) มาเปรียบเทียบกับผลการทดลอง พบว่าค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นมากกว่า 100% ดังนั้นแสดงให้เห็นว่ายังคงต้องมีการปรับปรุงโมเดลหาค่าความเข้มข้นนี้ต่อไป

เอ็มเมอร์ท (Emmert) และ พิกฟอร์ด (Pigford) พ.ศ. 2501 เป็นกลุ่มแรกที่ทำการศึกษาทดลอง โดยการค้นหาและเปรียบเทียบผลการทดลองการดูดซับแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ ใน สารละลาย โมโนเอทานอลามีน (MEA) โดยใช้ทฤษฎี การถ่ายเทมวลโดยมีปฏิกิริยาเคมี การทดลองครั้งนี้ใช้ หอดูดซับแบบผนังเปียก (Short-wetted wall column) มีระยะเวลาในการสัมผัสประมาณ 0.05-0.2 วินาที ใช้ความเข้มข้นของโมโนเอทานอลามีน 0.1-2.0 กรัมโมลต่อลิตร และ คาร์บอนไดออกไซด์มีความดันประมาณ 1, 0.5 และ 0.25 บรรยากาศผลการทดลองสามารถอธิบายได้ว่าเกิดปฏิกิริยาขึ้นตอนเดียวโดย

โทมัส (Thomas) พ.ศ. 2505 เสนอการศึกษาทดลองการดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยสารละลาย โมโนเอทานอลามีน (MEA) ในหอดูดซับแบบลามินาร์เจต (Laminar jet) โดยมีช่วงเวลาสัมผัสสั้น 0.0044 - 0.17 วินาที ความเข้มข้นของเอมีนเท่ากับ 1 ถึง 4.7 โมลต่อลิตร กลไกของปฏิกิริยาที่เสนอเหมือนกันของ เอ็มเมอร์ท และ พิกฟอร์ด แต่ใช้ค่าสัมประสิทธิ์สภาพทางสมดุลมวลสารเท่ากับ 1 ผลที่ได้พบว่าสอดคล้องเป็นอย่างดีกับการดูดซับแบบมีปฏิกิริยาอันดับสอง

แอสตาริตา (Astarita) พ.ศ. 2507 ทำการศึกษาทดลองการดูดซับ ระหว่างแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ กับ โมโนเอทานอลามีน ในหอดูดซับแบบ ลามินาร์เจต (Laminar jet Absorber) สภาวะในการดำเนินงานให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นทันทีทันใด ผลลัพธ์ที่ได้คล้ายกับเอ็มเมอร์ท (Emmert) โดยใช้ทฤษฎีทะลุทะลวง (Penetration) ทำการศึกษาทดลองโดยใช้ หอดูดซับ (Absorbers) ที่แตกต่างกัน 4 ชนิดเพื่อทดสอบกลไกของปฏิกิริยาการดูดซับ (Reaction Mechanisms Absorption) คือ ถังกวน (Stirred tank) หอดูดซับแบบผนังเปียก (Wetted-wall column) หอบแบบสตริงออฟบอลล์ (String-of-balls column) และ หอบแบบแพค (Packed column) กลไกของปฏิกิริยาสำหรับ กรณีของการเกิด

คาร์บอนไดออกไซด์ส่วนการจับ คาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่า 0.5 การทดลอง ถังกวน (Stirred tank) ปฏิกริยาส่วนใหญ่คือ 2 โมล ของ โมโนเอทานอลามีน(MEA) รวมกับ 1 โมลของ คาร์บอนไดออกไซด์ จะได้ 1 โมลของคาร์บอนิกไอออนและ 1 โมล ของ เอมีนไอออน ปฏิกริยาจะเป็นแบบอันดับสองอย่างรวดเร็ว และเมื่ออัตราส่วนการจับ คาร์บอนไดออกไซด์ มากกว่า 0.5 ปฏิกริยาจะเป็นอันดับหนึ่งเทียมอย่างช้า (Pseudo-first order) จะถูกนำมาแทนที่

คลาร์ค (Clarke) พ.ศ. 2507 วัดค่าอัตราการดูดซึมของ คาร์บอนไดออกไซด์ ใน โมโนเอทานอลามีน (MEA) อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองคือ หอดูดซึมแบบ ลามินาร์เจต (Laminar jet) ให้ระยะเวลาในการสัมผัสประมาณ 3 ถึง 20 วินาที และดำเนินสภาวะที่ ความดัน 0.1 ถึง 1 บรรยากาศ จุดประสงค์คือการนำทฤษฎีทะลุผ่าน (Penetration) ของการถ่ายเทมวล(Mass transfer) โดยปฏิกริยาอันดับหนึ่งเทียม (Pseudo first order reaction) ซึ่งเสนอโดย แดงค์เวอร์ท (Danckwert) ผลการทดลองที่ 1 บรรยากาศจะให้ความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงระหว่างอัตราการดูดซึมกับความยาวของหอดูดซึม ผลที่ได้ไม่สอดคล้องกับสภาวะปฏิกริยาอันดับหนึ่งเทียม ผลที่ความดัน 0.1 บรรยากาศ ชี้ให้เห็นว่าปฏิกริยาเข้าสู่สภาวะอันดับหนึ่งเทียม ผลที่ได้สอดคล้องเป็นอย่างดีกับแบบจำลองตามทฤษฎีทะลุผ่านและให้ค่าที่สามารถปรับเปลี่ยนได้เพื่อให้แบบจำลองสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นซึ่งเรียกว่าค่าเอ็นฮานซ์เมนต์แฟคเตอร์ (Enhancement factor)

แดงค์เวอร์ท (Danckwerts) และ แมคเนล (Mcneil) พ.ศ. 2510 ได้สรุปปฏิกริยาและสมดุลที่ปรากฏในการดูดซึม แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ กับ โมโนเอทานอลามีน (MEA) สำหรับในกรณีอัตราส่วนการจับ คาร์บอนไดออกไซด์ น้อยกว่า 0.5 กลไกของปฏิกริยาทั้งหมดจะเป็นไปตามที่เสนอโดย แอสตาริตา (Astarita) และได้เสนอว่ามีสมดุล 2 ครั้งคือ สมดุลครั้งแรก (First equilibrium)และ สมดุลครั้งสุดท้าย (Final equilibrium) สำหรับ สมดุลครั้งแรกไม่คิดปฏิกริยา ไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ของ คาร์บอเนต (Carbonate) ไปเป็น ไบคาร์บอเนต (Bicarbonate) กรณีนี้ค่าอัตราส่วนการจับ คาร์บอนไดออกไซด์ จะไม่เกิน 0.5 สมดุลครั้งสุดท้ายสามารถเกิดขึ้นได้เมื่อใช้เวลาสัมผัสที่ยาวนานหรือใช้ตัวเร่งปฏิกริยา (Catalyst times)

สุธรรม วาณิชเสนี พ.ศ. 2520 ทำการทดลองการดูดซึมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในสารละลาย โมโนเอทานอลามีน ความเข้มข้น 2 โมลต่อลิตร หอดูดซึมเป็นแบบแพคนาดอุปกรณ์ เส้นผ่าศูนย์กลาง 11 นิ้ว สูง 6.1 เมตร เพื่อทดสอบทฤษฎีเกี่ยวกับการถ่ายเทมวลสารที่มีปฏิกริยาเกิดขึ้นด้วย แบบจำลองที่ใช้ได้แก่แบบจำลองเมื่อมีอันดับหนึ่งเทียมของแดนค์เวอร์ท ผลปรากฏว่าให้ความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง แบบจำลองเมื่อมีปฏิกริยาอันดับสองโดยใช้สมการค่า เอนฮานซ์เมนต์แฟคเตอร์ที่เสนอโดย ดีคูร์เชย์ ความคลาดเคลื่อนลดลงเหลืออยู่ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์

ฮิกิตะ (Hikita) และคณะ พ.ศ. 2522 ทำการทดลองการดูดซึมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ในสารละลาย โมโนเอทานอลามีน โดยทำการทดลองในคอลัมน์แบบเจต และแบบเวทวอลล์ วิเคราะห์

ผลการทดลองด้วยทฤษฎีการทะลุผ่านสรุปได้ว่าการดูดซึมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เข้าในสารละลายโมโนเอทานอลามีน ที่ยังไม่จับ คาร์บอนไดออกไซด์เป็นปฏิกิริยา อันดับสองแบบผันกลับไม่ได้ ดำเนินไปข้างหน้าอย่างเดียว ส่วนการดูดซึมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เข้าในสารละลายโมโนเอทานอลามีน ที่จับ คาร์บอนไดออกไซด์แล้วเป็นปฏิกิริยาอันดับสองแบบผันกลับได้

อาร์.ดี. เดสมัคค์ และ เอ.อี. เมเทอร์ พ.ศ. 2523 ได้เสนอโมเดลทางคณิตศาสตร์สำหรับจุดสมดุลค่าการละลายของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ และ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในสารละลายอัลคาลีนอลามีนซึ่งในการนำเสนอตั้งกล่าวนี้แตกต่างจากการวิจัยที่ผ่านมาที่เน้นการหาจากสมการการคำนวณจากการถ่ายเทมวลข้ามวิภาคและใช้ค่าเอนฮานเมนต์ในการคูณชดเชยเนื่องจากปฏิกิริยา จากโมเดลที่ได้ๆนำมาทดลองใช้กับปฏิกิริยาระหว่างโมโนเอทานอลามีน กับ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งผลที่ได้ก็น่าพอใจเป็นอย่างมากยกเว้นช่วงที่ ปริมาณของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงหรือต่ำมากจะให้ค่าในการประมาณได้มีความผิดพลาดสูงมากขึ้น

แวกแลฟ (Vaclav Linek) จิริ (Jiri Sinkule) มิโรสลอฟ (Miroslav Richter) และ จิริ พอสพิซิล (Jiri Pospisil) พ.ศ. 2534เปรียบเทียบ 2 วิธีในการออกแบบหอดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้สารละลาย ไตรเอทานอลามีน (Triethanolamine (TEA)) วิธีแรกจะคำนวณจากค่า คุณสมบัติเคมีทางกายภาพ (Physicochemical data) และ ปฏิกิริยาเคมีจากเอกสารต่างๆ วิธีที่ 2 คือ อนุพันธ์จำลอง (Differential simulation) ใช้หลักอัตราการดูดซึมจากการทดลองในหน่วยผลมโดยที่แปรเปลี่ยนค่าความเข้มข้นไปเรื่อยๆ วิธีนี้ได้เปรียบตรงที่ข้อมูลที่ได้มานั้นตรงกับอุตสาหกรรมจริง ผลลัพธ์ที่ออกมา วิธีอนุพันธ์จำลองจะให้ค่าที่ดีมากสำหรับการประมาณความสูงของ หอบรรจุ (Packing) ในการออกแบบจริง

ราล์ฟ เอช วิลแลนด์ (Ralph H. Weiland) ทอมมี่ ชาคราวาตี (Tonmy Chakravarty) และ อลัน อี แมทเทอร์ (Alan E. Mather) พ.ศ. 2536 ใช้สมการคณิตศาสตร์ทดลองหาค่าการละลายของคาร์บอนไดออกไซด์ และ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ในสารละลายอัลคาลีนอลามีน (Alkanolamine) โดยใช้สมการเดชมัคคาเตอร์ (Deshmukh-mather) ในการหาค่าต่างๆเนื่องจากข้อมูลเดิมนั้นมักจะได้จากการคำนวณซึ่งผลการคำนวณให้ผลลัพธ์อยู่ในเกณฑ์ที่ดีโดยเฉพาะการคำนวณในหอดูดซึม

สภาวะการดำเนินการที่เหมาะสม

ในการวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการหาสภาวะการดำเนินการที่เหมาะสมเพ็งจะมีการวิจัยมากขึ้นในช่วงที่ไม่นานมานี้ส่วนใหญ่จะเป็นการดูแนวโน้มต่างๆของกราฟที่ได้จากแบบจำลองกระบวนการอย่างไรก็ตามก็จะมีงานวิจัยบางส่วนที่คำนวณโดยใช้สมการคณิตศาสตร์หาสภาวะการดำเนินการที่เหมาะสมซึ่งในระบบนี้ต้องใช้วิธี สมการแบบไม่เป็นเส้นตรงและมีข้อจำกัด

เอ็น.เจ.ซูซัก (N.J. Suchak) และ เจ.บี. โจชิ พ.ศ. 2537 ได้ทำการวิจัยแบบจำลองและ

ออปติไมเซชันสำหรับหอดูดูดซึมแก๊สสารประกอบระหว่าง ไนโตรเจนและออกซิเจนโดยในการทำออปติไมเซชันนั้นจะเน้นที่การหาสภาวะที่เหมาะสมในการออกแบบหอดูดูดซึมแก๊ส โดยจะเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆเพื่อดูผลกระทบ มีข้อจำกัดคือปริมาณสารประกอบระหว่างไนโตรเจนและออกซิเจนจะต้องมีค่าไม่เกินกำหนด

1. ข้อกำหนดแรกที่น่าสนใจคือความเข้มข้นของกรดไนตริกในสารละลายหลังดูดซึมแก๊สว่ามีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงแล้วจะส่งผลต่อหอดูดูดซึมอย่างไร ผลที่ออกมาปริมาณการดูดซึมสารประกอบเพิ่มขึ้นหรือความเข้มข้นของกรดไนตริกเพิ่มขึ้นแล้ว หอดูดูดซึมจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้น

2. เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแล้วจะส่งผลอย่างไรต่อปริมาตรของหอจากการทดลองเห็นได้ชัดว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นอัตราการดูดซึมจะน้อยลงทำให้ปริมาตรของหอเพิ่มสูงขึ้นด้วย

3. ความดันในแพ็คเกจอร์นี้เป็นไปตามกฎการละลายของแก๊สคือยิ่งมีความดันเพิ่มสูงขึ้นอัตราการละลายของแก๊สจะเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ปริมาตรของหอลดลงอย่างไรก็ตามค่าใช้จ่ายในการดำเนินการก่อสร้างหอไม่ได้ลดลงตามปริมาตรเพราะต้องคำนึงถึงผนังของหอที่หนามากขึ้น

4. ปริมาณออกซิเจนที่เกินตามที่เข้าใจคือออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ ความดันภายในหอเพิ่มขึ้นซึ่งน่าจะเป็นผลดีคือการละลายของแก๊สจะดีขึ้นแต่ปริมาตรของหอดูดูดซึมกลับเพิ่มขึ้นตามปริมาณการไหลของวัตถุดิบที่เพิ่มขึ้น

เอ็ม. เจซรี โมฮิดีน (M.Jezri Mohideen) จอห์น ดี เพอร์คิน (John D Perkins) และ แอสตราซัน (Efstratios N.Pistikocoulos) พ.ศ. 2539 ได้ทำการวิจัย พื้นฐานของการพัฒนาระบบการผลิตจะประกอบไปด้วยการออกแบบการผลิต และ ระบบควบคุมของระบบ จุดที่เหมาะสมถูกนำมาใช้สำหรับควบคุมกระบวนการที่ไม่แน่นอนหรือถูกรบกวน โดยทั้งหมดนี้จะยึดพื้นฐานของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งเต็มไปด้วย ข้อจำกัด (Constrain) ผลกระทบภายใน(Intenor) และจุดสุดท้ายของข้อจำกัด (end-point constrain) รูปแบบจำลองในเอกสารนี้มีตัวอย่างการใช้กับถังกวน และ การออกแบบหอกลั่นซึ่งผลดำเนินการเป็นที่พอใจในระดับหนึ่ง

จอห์น วาย โอฟอน และ สเตริตัส (John Y. Ofon and Stratis V. Sotirchos) พ.ศ. 2539 งานวิจัยนี้กล่าวโดยรวมแล้วเป็นการแสดงให้เห็นถึงการหาจุดที่เหมาะสมในการออกแบบมีตัวแปรที่สนใจหลักๆ คือ ความดันและอุณหภูมิ โดยมีวัตถุประสงค์คือต้องการลดระยะเวลาในขบวนการผลิตให้น้อยที่สุด ถ้าอุณหภูมิลดลงมากส่งผลถึงระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยายาวนานมากขึ้น ผลสรุปที่ได้การลดความดันลงจะส่งผลดีก็ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาเริ่มแรก เขียนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ขึ้นมาก่อนแบบจำลองที่ได้มาจาก (Sotirchos1991 And Sotirchos and Ofori1996) ใช้ความสัมพันธ์ของ Chemical vapor infiltration (CVI) แบบจำลองนั้นประกอบไปด้วยสมดุลมวลสาร พลั๊กการถ่ายเทมวลสาร และความแตกต่างความดัน โดยไม่มีการใช้สมดุลพลังงาน ต่อมาก็

กำหนดข้อบังคับที่ฟังก์ชันในกำหนดให้หาระยะเวลาที่น้อยที่สุดโดยปรับเปลี่ยนตัวแปร อุณหภูมิกับความดัน

เอริก ซาวเออร์ (Erik Sauar) ลิงน์ เจลสตรับ (Signe Kjelstrup Ratkje) และ คริสเตียน เอ็ม ลีน (Kristian M. Lien) พ.ศ. 2539 ทำการวิจัยเสนอแนวทางการออกแบบและหาสภาวะที่เหมาะสมใหม่โดยใช้การกระทำระหว่างมวล (Equipartition of force) โดยทฤษฎีนี้จะอธิบายการส่งผ่านค่าความร้อน มวล และค่าต่างๆที่จำเป็น โดยใช้คุณสมบัติของการผันกลับได้ทางเทอร์โมไดนามิก รวมถึงวิธีการหาสภาวะที่เหมาะสม โคชี ลาแกนส์ (Cauchy-Lagrange optimization) ทฤษฎีนี้กล่าวถึงแนวทางวิธีการเลือกที่ดีที่สุดในการนี้ เลือกค่าที่ดีที่สุด ระหว่างพลังงานที่ใช้ในกระบวนการกับพื้นที่ๆใช้ในการพิจารณากระบวนการนั้นๆ ในอดีตที่ผ่านมา มีผู้สนใจศึกษาแนวทางการหาสภาวะการดำเนินการที่เหมาะสม (Optimization) มาตลอดตั้งแต่ (Grossmann and Kravanja 1995) ใช้ในการออกแบบโครงสร้างในการทำ เฮอร์ริสติก และ ออกแบบ (Linnhoff and Hind marsch 1983 EL-Halwagi and Manousiouthakis 1989, Weaterberg 1985) เสนอใช้กฎของการผันกลับทางเทอร์โมไดนามิกวิธีส่วนใหญ่ที่ใช้คือลดการผลิต เอนโทรปีของระบบโดยพิจารณาฟลักซ์ที่มีการถ่ายเทและพื้นที่ ที่มีการถ่ายเทอุปกรณ์ ในปี 1948 ทอลแมน และ โฟน์ (Tolman and Fine) ได้รวมเอาความคิดเอนโทรปีภายในเข้าไปในทฤษฎีด้วย (Onsager 1931 and Prigogine 1947) พยายามที่จะลดเอนโทรปีลงให้น้อยที่สุด (Kjelstrup Ratkje 1995 Sauar 1995) ได้นำทฤษฎีดังกล่าวมาใช้กับการกลั่นแบบ binary mixture ซึ่งในครั้งนั้น Sauare ได้แนะนำการใช้เส้นปฏิบัติการไอโซฟอร์ซ (Isoforce) ใน McCabe-Thiele diagram และทำให้พลังงานสูญเสีย น้อยที่สุดจากนั้นจัดรูปให้อยู่ในรูปของผลรวมของสมการฟลักซ์ จากนั้นใช้วิธีลากรานจ์ (LaGrange multiplier method) ในการหาออปติไมเซชันซึ่งวิธีดังกล่าวเป็นวิธีหนึ่งในการแก้สมการ ออปเจกทีฟ ฟังก์ชันที่เป็น nonlinear ผลที่ได้ออกมาจะเกี่ยวเนื่องกันระหว่าง ค่าพลังงานที่ใช้ในการดำเนินการ และ จำนวนเงินที่ต้องใช้ในการลงทุนอุปกรณ์ วิธีโดยรวมที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ของแรงกระทำระหว่างกัน (equipartition of forces) ส่วนใหญ่มักนำไปใช้ในการออกแบบอุปกรณ์ในกระบวนการผลิตใหม่ๆแต่อย่างไรก็ตามสามารถพบได้ในการทำออปติไมเซชันสภาวะการดำเนินงานในอุปกรณ์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ในเอกสารวิจัยฉบับนี้ยังได้แนะนำด้วยว่าในการทำ ออปติไมเซชันควรทำทีละหน่วย (microscale) ก่อนที่จะทำทั้งระบบ (macro scale) เพราะไม่ต้องคำนึงถึงสายที่ป้อนกลับป้อนมา ระหว่างหน่วย

เจอร์รี่ เอ บูลลิน จอห์น ซี โพลาสค และ โจเซฟ ดับบลิว โฮลมส์ พ.ศ. 2543 จากสถาบันวิจัยไบรอัน (Bryan research) ศึกษาการหาสภาวะที่เหมาะสมของหน่วยหอดูดูดซึม และ หอพื้นฟูสภาพที่มีอยู่จริงโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่ ลักษณะงานวิจัยจะทดลองแปรผันตัวแปรต่าง

เพื่อดูผลกระทบที่เกิดขึ้นว่ามีทิศทางไปอย่างไร ในการทำวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นการหาสภาวะเหมาะสมที่ง่ายขึ้น ซึ่งจะนำมาถึงการลดค่าการลงทุนและลดค่าการดำเนินการลง

จี.พี. ทาวเลอร์ เอช.เค. เซทานา บี.โคล และ บี. ฮาจดีค พ.ศ. 2543 จาก ไบรอัน รีเสิร์ช (Bryan research) ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณเพื่อจำลองกระบวนการและเสนอแนวทางในการคำนวณใหม่เพื่อลดปริมาณการใช้สารละลายและพลังงานลง วิธีดังกล่าวนั้นคือการ แบ่งรอบในการคำนวณในการดูดซึม (Split-loop absorption) จากการศึกษาว่าได้ผลในการคำนวณเป็นที่น่าพอใจ อย่างไรก็ตามยังมีข้อเสียสำหรับวิธีดังกล่าวนี้คือถ้าต้องมีการปรับปรุงตามที่คำนวณจริงจะต้องมีการติดต่อหรือเปลี่ยนแปลงระบบการเดินท่อในการคำนวณใหม่

จากการวิจัยที่ผ่านมาข้างต้นเห็นได้ว่ามีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหอดูดซึมอยู่มากเนื่องจากในหอดูดซึมนั้นมีปฏิกริยาระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์และสารละลายโมโนเอทาโนลามีนซึ่งมีความซับซ้อนดังนั้นในแนวทางการวิจัยในอดีตจึงมุ่งที่จะหาโมเดลหรือความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ในหอดูดซึม ซึ่งก็ได้ข้อสรุปว่าการเกิดปฏิกริยาโดยรวมนี้เป็นแบบอันดับสองผันกลับได้ ในการทดลองส่วนใหญ่จะใช้สมการที่ต้องใช้ค่าตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณมากอีกทั้งค่าต่างๆนั้นมักจะได้จากค่าในการทดลองของแต่ละคน อย่างไรก็ตามมีงานทดลองของเดสมัคซ์ (Deshmuck) ที่ได้ทำการทดลองหาค่าความสัมพันธ์ความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ในแก๊สและในสารละลายโมโนเอทาโนลามีนที่ค่าความเข้มข้นต่างๆให้ผลเป็นที่น่าพอใจ ในงานวิจัยฉบับนี้จึงได้นำสมดุลระหว่างแก๊สและของเหลวของคาร์บอนไดออกไซด์ในสารละลายโมโนเอทาโนลามีนของ เดสมัคซ์ มาประยุกต์ใช้กับสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้คำนวณหอดูดซึมแบบขั้นสมดุล เนื่องจากจะเป็นวิธีที่มีค่าตัวแปรต่างๆที่ไม่ทราบค่าน้อย ง่ายต่อการคำนวณ อีกทั้งสามารถคำนวณพร้อมกันได้หลายๆสาร เนื่องจากว่าในงานวิจัยนี้ต้องนำผลในการคำนวณที่ได้เทียบกับข้อมูลที่มีอยู่จริง

ส่วนการคำนวณในหอฟื้นฟูสภาพนั้นมีการวิจัยอยู่น้อยมากเมื่อเทียบกับงานวิจัยในหอดูดซึมที่เป็นดังนี้อาจจะเป็นเพราะว่าหอฟื้นฟูสภาพทำงานในลักษณะนำคาร์บอนไดออกไซด์ที่ติดมากับสารละลายออกแต่หอดูดซึมจะแสดงความสามารถนำคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากขบวนการผลิต ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากต่อขบวนการผลิต อย่างไรก็ตามจะเห็นความสำคัญของหอฟื้นฟูสภาพอย่างชัดเจนถ้างานวิจัยนั้นเกี่ยวข้องกับพลังงานเช่น การหาสภาวะที่เหมาะสมในการดำเนินการ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าพลังงานส่วนใหญ่ที่ใช้ในระบบทั้งหอดูดซึมและหอฟื้นฟูสภาพจะอยู่ที่หอฟื้นฟูสภาพ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการหาสภาวะการดำเนินการที่เหมาะสมส่วนใหญ่จะใช้สมการจำลองกระบวนการที่ได้ทดลองเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นในสายต่างๆ หรืออุณหภูมิแล้วแต่งานวิจัยที่เป็นดังนี้เพราะว่า ข้อจำกัดต่างๆในระบบ (Constrain) ก็คือสมการต่างๆในการคำนวณ ส่วนฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function) ก็คือใช้พลังงานน้อยที่สุดหรือค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ในงานวิจัยนี้ก็จะใช้หลักเกณฑ์เดียวกันแต่จะมีข้อจำกัดมากกว่างานวิจัยที่ผ่านมาว่า ไม่สามารถกำหนดค่าส่วน