รายละเอียดการประดิษฐ์

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์

กรรมวิธีการสังเคราะห์และกรรมวิธีการนำกลับมาใช้ใหม่ของวัสดุเส้นใยนาโนคาร์บอนด้วยกระบวนการคาร์บอไนเซชันสำหรับดูดซับและกักเก็บคราบน้ำมันและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าว

ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์

การประดิษฐ์นี้เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการสังเคราะห์และกรรมวิธีการนำกลับมาใช้ใหม่ของวัสดุเส้นใยนาโนคาร์บอนด้วยกระบวนการคาร์บอไนเซชันสำหรับดูดซับและกักเก็บคราบน้ำมัน เป็นการสังเคราะห์วัสดุเส้นใยนาโนคาร์บอนที่มีโครงสร้างทางกายภาพและทางเคมีที่เอื้อต่อการดูดซับและกักเก็บคราบน้ำมันบนผิวน้ำ โดยการจะนำชีวมวลที่ได้มาจากดอกธูปฤาษี มาผ่านกระบวนการคาร์บอไนเซชันหรือการทำให้เกิดคาร์บอนโดยสมบูรณ์ (Carbonization) ที่สภาวะต่างๆ และนำไปเผา

การประดิษฐ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดความสิ้นเปลืองในการใช้แผ่นดูดซับน้ำมันที่มีราคาแพงและเป็นการลดภาระการนำเข้าจากต่างประเทศ ด้วยการนำวัสดุเส้นใยนาโนคาร์บอนที่ผ่านการใช้งานแล้วมาผ่านกรรมวิธีนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งเป็นทางเลือกที่จะลดการสิ้นเปลืองในการใช้และเป็นการลดภาระการนำเข้าจากต่างประเทศ

สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

นาโนเทคโนโลยีและเคมีในส่วนที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการสังเคราะห์และกรรมวิธีการนำกลับมาใช้ใหม่ของวัสดุเส้นใยนาโนคาร์บอนด้วยกระบวนการคาร์บอไนเซชันสำหรับดูดซับและกักเก็บคราบน้ำมัน

ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

จากปัญหาการรั่วไหลของน้ำมันที่พบมากขึ้นในปัจจุบัน ส่งผลให้เกิดมลพิษในทุกๆ ด้าน ซึ่งเป็นปัญหาต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ดังนั้น การผลิตวัสดุเส้นใยนาโนคาร์บอนเพื่อใช้ในการดูดซับและกักเก็บคราบน้ำมันอย่างมีประสิทธิภาพ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่นำเอาวัสดุเส้นใยนาโนคาร์บอนมาประยุกต์ในการใช้งานด้านสิ่งแวดล้อม เนื่องจากมีคุณสมบัติพิเศษต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นสัดส่วนของพื้นที่ผิวสูง น้ำหนักเบา และความไม่ชอบน้ำ(Hydrophilicรวมถึงคุณสมบัติอื่นๆ จึงสามารถที่จะนำมาพัฒนาเป็นวัสดุดูดซับน้ำมันได้ ซึ่งกระบวนการกำจัดมีอยู่ด้วยกันทั้งทางกายภาพและทางเคมีหลากหลายวิธี แต่วิธีแรกที่ใช้ตามหลักมาตรฐานสากลได้แก่ การกักเก็บโดยใช้ทุ่นเพื่อกางล้อมไม่ให้น้ำมันกระจายตัวออกไป แล้วใช้เครื่องดูดน้ำมัน

เข้ามาเก็บไว้ในเรือซึ่งถือเป็นวิธีที่ดีที่สุด เพราะไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ข้อจำกัดของวิธีนี้ขึ้นอยู่กับสภาพคลื่นลมในท้องทะเลขณะนั้นเป็นสำคัญ หากมีคลื่นลมแรง การปฏิบัติงานจะทำได้ยากไม่สะดวกแก่การวางทุ่นกักน้ำมันและเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ขจัดคราบน้ำมันลงทะเล วิธีที่สองคือ ใช้สารเคมีขจัดคราบน้ำมัน (Oil Dispersant) ซึ่งเป็นของผสมระหว่างสารลดแรงตึงผิวและตัวทำละลาย เพื่อทำให้น้ำมันไม่จับตัวและกระจายออกเป็นอนุภาคเล็กๆทำให้ย่อยสลายได้รวดเร็วยิ่งขึ้น วิธีการนี้จะฉีดสารนี้ลงไปในบริเวณที่น้ำมันดิบรั่วไหล น้ำมันจะแตกเป็นก้อนเล็กๆ และจะย่อยสลายเป็นอาหารของแบคทีเรีย โดยเป็นการเร่งให้เกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายทางธรรมชาติในระยะเวลาอันสั้น ซึ่งปกติเมื่อน้ำมันรั่วไหลลงสู่ทะเล จะสามารถถูกย่อยสลายได้ด้วยกระบวนการทางธรรมชาติอยู่แล้ว ข้อจำกัดของวิธีการนี้ คือ ถ้าน้ำมันรั่วไหลลงไปในทะเล การใช้สารเคมีจะทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ถ้าทิ้งไว้นานสารเคมีจะไม่สามารถทำให้น้ำมันกระจายตัว เนื่องจากน้ำมันจะเหลือเฉพาะส่วนประกอบที่หนัก ขณะที่ส่วนประกอบที่เบาจะระเหยไปก่อน การใช้สารขจัดคราบน้ำมันนี้จะต้องคำนึงด้วยว่า น้ำในบริเวณที่เกิดเหตุมีการไหลเวียนมากน้อยเพียงใด ถ้าน้ำไหลเวียนน้อยสารเคมีตัวนี้อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้ ดังนั้นการใช้สารเคมีขจัดคราบน้ำมัน จึงต้องใช้ในทะเลที่มีทั้งคลื่นลมและการไหลเวียนของน้ำอยู่ในระดับที่ดี ทำให้น้ำมันไม่มีการสะสม และต้องใช้ก่อนที่คราบน้ำมันจะเคลื่อนตัวเข้าสู่บริเวณป่าชายเลนหรือแนวปะการัง วิธีที่สาม คือ การเผา วิธีนี้มักใช้ในกรณีที่น้ำมันไหลกลางทะเลเท่านั้น ถ้าน้ำมันรั่วใกล้บริเวณชายฝั่งซึ่งเป็นสถานที่ท่องเที่ยวหรือเป็นแหล่งชุมชนจะใช้วิธีการนี้ไม่ได้ เพราะควันจากการเผาน้ำมันจะรบกวนผู้คน นอกจากนั้นถ้าชั้นน้ำมันไม่หนาพอ คือ กระจายเป็นชั้นบางๆ โอกาสที่น้ำมันจะติดไฟมีน้อย วิธีการขจัดคราบน้ำมันในทะเล ตามมาตรฐานสากล มีหลายวิธี ขึ้นอยู่กับสถานที่เกิดเหตุ และชนิด รวมทั้งปริมาณน้ำมันที่รั่วไหล ตลอดจนสภาพคลื่นลมในทะเลขณะนั้น อย่างไรก็ตาม แม้จะใช้แต่ละวิธีในการกำจัดคราบน้ำมันในทะเลแล้วนั้นยังหลงเหลือคราบน้ำมันบางส่วนที่ต้องปล่อยให้ย่อยสลายไปเองตามธรรมชาติ ซึ่งกระบวนการตามธรรมชาตินี้ต้องใช้เวลาอย่างน้อยๆ ประมาณ 1 เดือนในการย่อยสลาย และคราบน้ำมันบางส่วนก็อาจจะถูกพัดมาติดตามโขดหินและพื้นทรายบนชายฝั่ง ซึ่งยากแก่การกำจัดเพื่อแก้ไข เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว แผ่นซับน้ำมัน (Oil adsorbent pad) ของบริษัท 3M จึงถูกคิดค้นขึ้น โดยแผ่นซับน้ำมัน ขนาด 45x45 เซนติเมตร ซึ่งมีราคาที่แพงมาก และต้องนำเข้าจากต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ปริมาณของชีวมวลมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องการเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีการนำชีวมวลมาศึกษาและปรับปรุงกระบวนการแปรสภาพชีวมวล เพื่อนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์มากขึ้น ทั้งวัสดุที่เป็นวัชพืชและวัสดุที่เป็นกากชีวมวล โดยมุ่งเน้นไปที่วัสดุพวกเส้นใยเพราะง่ายต่อการดักจับ

คราบน้ำมัน เช่น ดอกหญ้า ฟางข้าว ชานอ้อย กาบมะพร้าว และดอกธูปฤาษี เป็นต้น ดอกธูปฤาษีก่อให้เกิดปัญหาต่อระบบชลประทาน มีอายุหลายปี เมล็ดเอื้ออำนวยต่อการแพร่ระบาดอย่างรวดเร็ว และสามารถมีชีวิตอยู่ในดินได้ยาวนานถึง 70-100 ปี ซึ่งการฟักตัวของเมล็ดวัชพืชที่ตกค้างในดินเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ไม่สามารถควบคุมและกำจัดวัชพืชให้หมดสิ้นได้ และปัญหาของการฟุ้งกระจายในฤดูผสมพันธ์ที่ยากแก่การป้องกัน การกำจัดวัชพืชน้ำมีการดำเนินการในหลายวิธี เช่น การควบคุมทางกายภาพ การใช้แรงงานคน การใช้สารเคมี การควบคุมโดยชีววิธีและการนำมาทำให้เกิดประโยชน์ เป็นต้น การควบคุมและกำจัดแต่ละวิธีมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไปต้องเลือกใช้ให้เหมาะสม การกำจัดวัชพืชน้ำในแหล่งน้ำชลประทานที่ผ่านมานั้นยังไม่ได้ผลดีเท่าที่ควร เนื่องจากวัชพืชน้ำมีปัจจัยต่างๆ ที่เอื้อต่อการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ ทำให้ยากต่อการควบคุมและกำจัด การกำจัดวัชพืชในแต่ละครั้งนั้นสามารถลดจำนวนได้ช่วงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น ต่อจากนั้นก็เกิดการระบาดอีก เนื่องจากไม่มีการศึกษาวิธีการจัดการที่เหมาะสม ดังนั้น เพื่อสามารถควบคุมวัชพืชน้ำได้อย่างต่อเนื่อง

ทั้งนี้ การนำไปทำเป็นเชื้อเพลิงแข็งแบบต่างๆ น่าจะเป็นแนวทางในการควบคุมดอกธูปฤาษีอย่างถาวร แต่ก็ต้องใช้งบลงทุนที่สูง ดังนั้น เพื่อลดปัญหาการแพร่พันธุ์อย่างรวดเร็วจึงมีแนวคิดที่จะนำดอกธูปฤาษีมาปรับเปลี่ยนโครงสร้าง เพื่อใช้เป็นวัสดุดูดซับและกักเก็บคราบน้ำมัน จากคำขอสิทธิบัตรของยุโรปเลขที่ EP 2 484 437 A2 เรื่อง “Process of hydrothermal carbonization of biomass and installation for carrying out said process” กล่าวถึง กระบวนการไฮโดรเทอร์มัลคาร์บอไนเซชันของชีวมวล เพื่อผลิตเชื้อเพลิงแข็งหรือถ่านหิน โดยขั้นตอนแรกมีการทำชีวมวลให้ร้อนโดยการบดให้มีขนาดเล็กกว่า 30 เซนติเมตร และล้างน้ำเพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนต่างๆ เป็นเวลา 5-120 นาที ปฏิกิริยาเริ่มต้นจากการผสมสารชีวมวล น้ำ และตัวเร่งปฏิกิริยา จากนั้นจึงเพิ่มความดันให้มากกว่า 10 บาร์ ทำให้ร้อนที่อุณหภูมิ 170-210 องศาเซลเซียส โดยมีการให้ความร้อนด้วยไอน้ำภายใต้ความดันที่สูงกว่าที่อุณหภูมิเดียวกัน จากนั้นจึงผ่านเข้าไปยังถังปฏิกรณ์แบบป้อนกลับแนวตั้ง (Vertical reverse flow reactor) เพื่อทำให้เกิดไฮโดรไลซิสของชีวมวล ทำให้เกิดน้ำมันและก๊าซสะสมอยู่ในส่วนบนของถังปฏิกรณ์ ขั้นตอนต่อมาเกิดพอลิเมอไรเซชันเป็นเรซินหรือถ่านหิน และขั้นตอนต่อมาเกิดคาร์บอไนเซชัน จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการทำให้เย็นลงและลดความดัน จากนั้นทำการแยกส่วนเป็นของแข็งที่อยู่ข้างล่างกับของเหลวโดยใช้การปั่นเหวี่ยงหรือการกรองของแข็งที่ได้มาขึ้นรูปเป็นเม็ดกลมเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงแข็งต่อไป โดยในกระบวนการนี้จะมีการติดตั้งอุปกรณ์ลดอุณหภูมิและ

อุปกรณ์ลดความดันออกจากถังปฏิกรณ์ ซึ่งจะไม่มีระบบที่ควบคุมหรือสร้างโครงสร้างของผลิตภัณฑ์สำหรับการนำไปประยุกต์ใช้งานแบบอื่นนอกเหนือจากการใช้งานเป็นเชื้อเพลิง

คำขอสิทธิบัตรสหรัฐของอเมริกา เลขที่ US 2011/0112246 A1 เรื่อง "Process for the preparation of hydrothermal hybrid material from biomass, and hydrothermal hybrid material obtainable by the process" กล่าวถึง กระบวนการเตรียมวัสดุไฮบริดไฮโดรเทอร์มัลจากชีวมวล (Hydrothermal hybrid material) ซึ่งแตกต่างจากไฮโดรเทอร์มัลคาร์บอไนเซชันทั่วไป คือ มีการเตรียมสารโคพอลิเมอร์ไรเซชันลงไปเพื่อเพิ่มหมู่ฟังก์ชันต่างๆ ให้กับวัสดุที่เตรียมได้ นอกจากนี้ในส่วนของของเหลวที่เกิดขึ้นซึ่งประกอบด้วยกรดอินทรีย์ต่างๆ ที่เกิดในระหว่างกระบวนการสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก เนื่องจากการศึกษาพบว่ากระบวนการไฮโดรเทอร์มัลคาร์บอไนเซชันสามารถเกิดได้ดีในสภาวะที่เป็นกรดหรือน้ำของเหลวที่ได้ไปทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน ได้ตัวเร่งปฏิกิริยากลับมาใช้ในการเกิดพอลิเมอร์ไรเซชันต่อไป โดยในกระบวนการนี้จะมีการเติมสารที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาและมีการทำปฏิกิริยาหลายขั้นตอน ทำให้ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยามากและสิ้นเปลืองโคพอลิเมอร์ที่เติมเพิ่ม เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ตามที่ต้องการได้

เนื่องจากเกิดปัญหาตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น จะเห็นถึงปัญหารวมถึงแนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดจากเหตุการณ์น้ำมันรั่วไหล วัสดุดูดซับและกักเก็บน้ำมันจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่แก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้คิดค้นกรรมวิธีการสังเคราะห์วัสดุเส้นใยนาโนคาร์บอนที่ใช้เป็นตัวดูดซับและกักเก็บน้ำมันจากวัสดุที่ได้จากธรรมชาติ ซึ่งเป็นวัสดุดูดซับที่ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำมากลับมาใช้ใหม่ได้อีก ลดการนำเข้าวัสดุดูดซับจากต่างประเทศที่มีราคาค่อนข้างสูง และเป็นทางเลือกหนึ่งในการกำจัดคราบน้ำมันออกจากผิวน้ำในกรณีที่เกิดการรั่วไหลในท้องทะเล สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับวัชพืชชนิดนี้ได้อีกด้วย

<u>การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์</u>

การประดิษฐ์นี้เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการสังเคราะห์และกรรมวิธีการนำกลับมาใช้ใหม่ของวัสดุเส้นใยนาโนคาร์บอนด้วยกระบวนการคาร์บอไนเซชันสำหรับดูดซับและกักเก็บคราบน้ำมัน ด้วยการนำชีวมวลที่ได้มาจากดอกธูปฤาษี มาผ่านการสังเคราะห์ด้วยกระบวนการคาร์บอไนเซชันที่สภาวะอุณหภูมิที่ต่างกัน เพื่อให้ได้วัสดุเส้นใยนาโนคาร์บอนที่มีคุณสมบัติดูดซับและกักเก็บน้ำมัน และนำมาผ่านกรรมวิธีการนำกลับมาใช้ใหม่

กรรมวิธีการสังเคราะห์และกรรมวิธีการนำกลับมาใช้ใหม่ของวัสดุเส้นใยนาโนคาร์บอนด้วยกระบวนการคาร์บอไนเซชันสำหรับดูดซับและกักเก็บคราบน้ำมัน มีขั้นตอนดังนี้

1. นำชีวมวลที่ได้มาจากดอกธูปฤาษี มาทำให้แห้งด้วยการอบที่อุณหภูมิในช่วง 80-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6-12 ชั่วโมง

2. นำมาผ่านกระบวนการคาร์บอไนเซชัน (Carbonization) ด้วยการเผาภายใต้สภาวะบรรยากาศเฉื่อยไนโตรเจน หรืออาร์กอน หรือภายใต้อากาศปกติ (ไนโตรเจน 78%, ออกซิเจน 21%, อาร์กอน 0.93%, คาร์บอนไดออกไซด์ 0.03%, และอื่นๆ 0.04%) ที่อุณหภูมิในช่วง 300-900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เหมาะแก่การเกิดเป็นเส้นใยนาโนคาร์บอนที่สมบูรณ์และยังคงคุณสมบัติทางเคมี (การไม่ชอบน้ำ) ของดอกธูปฤาษี

3. นำวัสดุที่ได้จากข้อ 2 ไปใช้ดูดซับและกักเก็บคราบน้ำมันบนผิวน้ำ (โดย 100 กรัมของดอกธูปฤาษีสามารถกักเก็บน้ำมันได้ถึง 1 ลิตร โดยน้ำหนักของดอกธูปฤาษี 1 ดอกโต ประมาณ 40 กรัม)

4. นำวัสดุเส้นใยนาโนคาร์บอนที่ผ่านการดูดซับและกักเก็บคราบน้ำมันจากข้อ 3 มาผ่านกรรมวิธีการนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอน การเผาไล่น้ำมันในสภาวะเฉื่อย หรืออาร์กอน ที่อุณหภูมิในช่วง 500-900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10-20 นาที จะได้เส้นใยนาโนคาร์บอนที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีกไม่น้อยกว่า 10 ครั้ง

<u>วิธีการในการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด</u>

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อการเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

ข้อถือสิทธิ

1. กรรมวิธีการสังเคราะห์และกรรมวิธีการนำกลับมาใช้ใหม่ของวัสดุเส้นใยนาโนคาร์บอน ด้วยกระบวนการคาร์บอไนเซชันสำหรับดูดซับและกักเก็บคราบน้ำมันและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าว ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

ก. นำชีวมวลที่ได้มาจากดอกธูปฤาษีมาทำให้แห้งด้วยการอบที่อุณหภูมิในช่วง 80-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6-12 ชั่วโมง

ข. นำไปผ่านกระบวนการคาร์บอไนเซชัน (Carbonization) ด้วยการเผาที่อุณหภูมิ 300-900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง

ค. นำวัสดุที่ได้จากข้อ ข. ไปใช้ดูดซับและกักเก็บคราบน้ำมัน

ง. นำวัสดุเส้นใยนาโนคาร์บอนที่ผ่านการดูดซับและกักเก็บคราบน้ำมันจากข้อ ค. มาผ่านกรรมวิธีการนำกลับมาใช้ใหม่ ด้วยการเผาไล่น้ำมันที่อุณหภูมิในช่วง 500-900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10-20 นาที จะได้เส้นใยนาโนคาร์บอนที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก

2. กรรมวิธีการสังเคราะห์และกรรมวิธีการนำกลับมาใช้ใหม่ของวัสดุเส้นใยนาโนคาร์บอน ด้วยกระบวนการคาร์บอไนเซชันสำหรับดูดซับและกักเก็บคราบน้ำมัน ตามข้อถือสิทธิ 1 หรือ 2 ที่ซึ่งการเผาในข้อ ข. กระทำภายใต้สภาวะบรรยากาศเฉื่อยไนโตรเจน หรืออาร์กอน หรือภายใต้อากาศปกติ

3. วัสดุเส้นใยนาโนคาร์บอนที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ที่มีคุณสมบัติในการดูดซับและกักเก็บคราบน้ำมัน ที่ได้มาจากกรรมวิธีการตามข้อถือสิทธิที่ 1 ถึง 2 ข้อใดข้อหนึ่ง

บทสรุปการประดิษฐ์

การประดิษฐ์นี้เป็นการพัฒนากรรมวิธีการสังเคราะห์และกรรมวิธีการนำกลับมาใช้ใหม่ของวัสดุเส้นใยนาโนคาร์บอนด้วยกระบวนการคาร์บอไนเซชันสำหรับดูดซับและกักเก็บคราบน้ำมัน เพื่อปรับปรุงให้เส้นใยของชีวมวล (ดอกธูปฤๅษี) เกิดเป็นเส้นใยนาโนคาร์บอนที่สมบูรณ์ ด้วยการเผาภายใต้สภาวะบรรยากาศเฉื่อยไนโตรเจน หรืออาร์กอน หรือภายใต้อากาศปกติ โดยมีลักษณะโครงสร้างทางกายภาพที่มีพื้นที่ผิวระดับนาโนเมตรและลักษณะโครงสร้างทางเคมีในการไม่ชอบน้ำหรือไม่เข้ากับน้ำ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการประดิษฐ์นี้สามารถนำไปใช้ดูดซับและกักเก็บคราบน้ำมัน อีกทั้งยังสามารถนำวัสดุเส้นใยนาโนคาร์บอนที่ผ่านการดูดซับแล้วกลับมาใช้ใหม่ได้