



สาระน่ารู้เกี่ยวกับ

“ถ่านกัมมันต์”

| ราชๆ ท่านๆ คงคุ้นเคยกับคำว่าถ่านเป็นอย่างดี และคงชินกับคำว่าใช้ถ่านเป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้มมาแต่ช้านาน เช่นเดียวกับการใช้ถ่านดูดกลิ่นที่วางไว้ในตู้เย็นซึ่งก็ได้ผลจริงๆ นอกจากนี้เป็นความเชื่อของคนญี่ปุ่นสมัยก่อนว่าถ้าเอาแท่งถ่านที่ทำมาจากไผ่มาแช่ในน้ำสำหรับดื่มจะทำให้หน้านั้นสะอาด ถ่านดังกล่าวที่พูดมาคงจะหมายถึงถ่านที่ได้จากการเผาเศษไม้ต่างๆ กะลามะพร้าว หรือ กะลาปาล์ม เป็นต้น แต่

ถ่านกัมมันต์ คงจะเป็นถ่านที่น่าจะพิเศษกว่าเป็นแน่เพราะ จากคำนิยาม ถ่านกัมมันต์ คือ วัสดุที่มีย่านคาร์บอนเป็นองค์ประกอบถูกนำมาผ่านกระบวนการก่อกัมมันต์ซึ่งทำให้วัสดุที่นั้นมีโครงสร้างรูพรุนและมีพื้นที่ผิวภายในสูง ซึ่งหากดูพื้นที่หน้าตัดของถ่านกัมมันต์จะมีลักษณะคล้ายกับรังผึ้ง โดยถ่านกัมมันต์จะมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก (87-90%) และมีธาตุอื่นที่เป็นองค์ประกอบคือ ไฮโดรเจน ออกซิเจน ซัลเฟอร์ และไนโตรเจน โดยจะมีปริมาณมากน้อยเท่าใดนั้นขึ้นกับปริมาณที่มีในวัตถุดิบและอาจเกิดขึ้นได้อีกในขั้นตอนการผลิต มาตรฐานอุตสาหกรรม 900-2532 นิยามว่า ถ่านกัมมันต์ คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักมาผ่านกรรมวิธีก่อกัมมันต์ จนได้ผลิตภัณฑ์สีดำ มีโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นรูพรุน มีพื้นที่ผิวสูง มีสมบัติในการดูดซับสารต่างได้เป็นอย่างดี

การจะได้มาซึ่งถ่านกัมมันต์นั้นคงจะไม่ใช่เพียงแต่กระบวนการเผาถ่านที่เราทราบมาแล้วเพียงอย่างเดียวเพราะพบว่าถ่านที่ได้จากการเผาแบบธรรมดาจะมีรูพรุนไม่มาก คือมีเพียง 1 ใน 5 ของถ่านกัมมันต์เท่านั้น ดังนั้นต่อไปนี้จะขอกล่าวถึงการได้มาซึ่งถ่าน

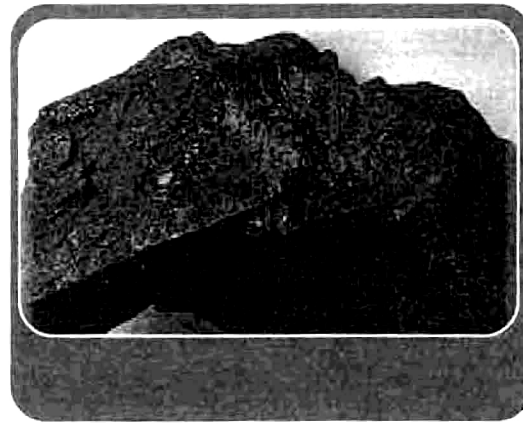
กัมมันต์และการนำไปใช้ประโยชน์ที่มีผู้คนจำนวนมากยังไม่ทราบดังนี้

ขั้นตอนการผลิตถ่านกัมมันต์ประกอบด้วยคาร์บอนไอซ์ และขั้นตอนการกระตุ้นถ่านชาร์ (ถ่านที่ได้จากการคาร์บอนไอซ์)

การคาร์บอนไอซ์ (Carbonization)

กระบวนการคาร์บอนไอซ์ เป็นการเผาซึ่งเกิดขึ้นในที่อับอากาศ เพื่อเพิ่มสัดส่วนคาร์บอนของสารอินทรีย์ ขณะเดียวกันก็ได้ผลิตภัณฑ์อื่นที่เป็นของเหลวและแก๊สออกมาด้วย โดยโครงสร้างวงแหวนอะโรมาติกหลักที่เหลือกลายเป็นโครงสร้างของถ่านชาร์ (Char) ส่วนกลุ่มโครงสร้างโมเลกุลหรือหมู่อนุกรมที่มีขนาดเล็กกว่าจะกลั่นสลายตัวออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ น้ำ แอมโมเนีย น้ำมันทาร์ และแก๊สต่างๆ

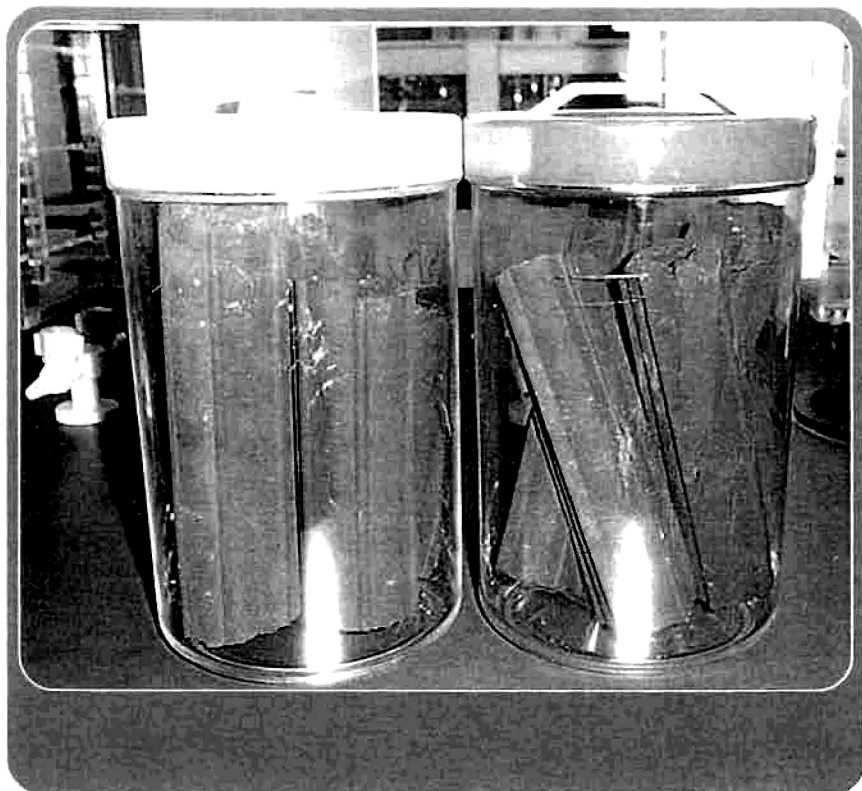
ขั้นตอนการคาร์บอนไอซ์จัดว่าเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญมากที่สุดในการผลิตถ่านกัมมันต์ เนื่องจากในการคาร์บอนไอซ์จะมีการเริ่มสร้างของโครงสร้างรูพรุน โดยในระหว่างการคาร์บอนไอซ์จะเกิดธาตุและองค์ประกอบต่างๆ ที่ไม่ใช่คาร์บอนรวมถึงสารระเหยต่างๆ เช่น



ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และน้ำ จะถูกกำจัดออกจากโครงสร้างของวัตถุดิบในรูปของแก๊สและน้ำมันทาร์ จากนั้นก็จะได้ถ่านชาร์ซึ่งมีการจัดตัวของโครงสร้างผลึกที่ไม่เป็นระเบียบซึ่งจะมีช่องว่างรูพรุนระหว่างผลึก โดยจะมี

สารอินทรีย์ที่เป็นทาร์ไปอุดช่องว่างเหล่านั้น ซึ่งในส่วนประกอบของถ่านชาร์ที่ได้จะมีอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไฮโดรเจน และคาร์บอนต่อออกซิเจน เพิ่มมากขึ้นจากวัตถุดิบในตอนแรกด้วย วัตถุดิบแต่ละชนิดจะมีภาวะที่เหมาะสมแตกต่างกันในการคาร์บอนไอซ์ โดยถ่านกัมมันต์จากวัตถุดิบที่ต่างกันอาจใช้วิธีการกระตุ้นที่ต่างกัน เพื่อที่จะได้ถ่านกัมมันต์ที่มีคุณภาพดีที่สุด ซึ่งจะเหมาะกับการนำไปใช้ในระบบที่เหมาะสมต่อไป

วัตถุดิบที่นำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์นั้นจะต้องมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบโดยวัตถุดิบนั้นอาจเกิดขึ้นโดยธรรมชาติหรือได้



จากการสังเคราะห์ขึ้น วัตถุดิบที่นิยมนำมาผลิตถ่านกัมมันต์ในระดับอุตสาหกรรมคือ พีท ถ่านหิน ลิกไนต์ ไม้ และกะลามะพร้าว เนื่องจากสามารถผลิตถ่านกัมมันต์ที่มีความสามารถในการดูดซับสูง และมีรูพรุนขนาดเล็กสูง ซึ่งวัตถุดิบที่นำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ควรมีสสมบัติดังต่อไปนี้ มีปริมาณสารระเหยต่ำ มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง มีราคาถูกและหาได้ง่าย มีสมบัติคงที่

ในปัจจุบันของเหลือทิ้งทางการเกษตรได้ถูกนำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์เป็นจำนวนมากเนื่องจากหาได้ง่ายและมีราคาถูก อย่างไรก็ตามปัญหาในการผลิตถ่านกัมมันต์จากของเหลือทิ้งทางการเกษตร คือ วัตถุดิบมีสมบัติไม่คงที่ แม้ว่าเป็นวัตถุดิบชนิดเดียวกัน ทำให้ยากในการควบคุมการกระจายขนาดของรูพรุนในขั้นตอนการผลิต

การกระตุ้น (การก่อกัมมันต์)

เป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของโครงสร้างคาร์บอน เป็นผลทำให้เกิดการเพิ่มพื้นที่ผิวที่มากขึ้นโดยเป็นการทำให้มีรูพรุนมากขึ้น หรือเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับสารอื่นๆ ปฏิบัติการที่เกิดระหว่างการกระตุ้นยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด เนื่องมาจากวิธีการกระตุ้นนั้นมีมากมายหลายวิธี และประสิทธิภาพของการกระตุ้นขึ้นกับลักษณะและชนิด

ของวัตถุดิบรวมถึงวิธีการอื่นๆ ก่อนการกระตุ้นด้วย

โดยทั่วไปแล้วมี 2 วิธีในการผลิตถ่านกัมมันต์คือ

- นำวัตถุดิบที่ผ่านการคาร์บอนไนเซชันแล้ว มากระตุ้นโดยใช้สาร กระตุ้นเช่น $ZnCl_2$, $CaCl_2$, H_3PO_4 วิธีนี้โดยทั่วไปเรียกว่า “การกระตุ้นทางเคมี”

- นำวัตถุดิบที่ผ่านการคาร์บอนไนเซชันแล้วมาทำปฏิกิริยากับแก๊สที่ใช้ในการออกซิเดชัน ซึ่งอาจเป็นไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน วิธีนี้โดยทั่วไปเรียกว่า “การกระตุ้นทางกายภาพ”

การกระตุ้นทางเคมี

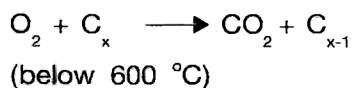
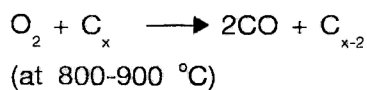
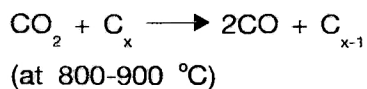
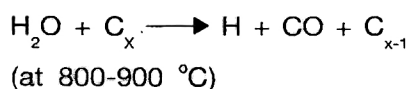
เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้กันมากในการผลิตถ่านกัมมันต์ในทางการค้า โดยปกติแล้ววิธีการกระตุ้นแบบนี้มักใช้กับวัตถุดิบที่เป็นไม้ ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการกระตุ้นอยู่ในช่วง 500-900 องศาเซลเซียส สารกระตุ้นที่ใช้กันทั่วไปในทางอุตสาหกรรม คือ ซิงค์คลอไรด์ กรดฟอสฟอริก และด่าง การกระตุ้นทางเคมีจะช่วยลดการเกิดทาร์และสารอื่นๆ ที่เกิดในกระบวนการ ดังนั้นร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงค่อนข้างมีปริมาณสูง

การกระตุ้นทางกายภาพ

เป็นวิธีการเพิ่มปริมาตรรู

พรุนและพื้นที่ผิวโดยปฏิกิริยาแก๊สซิฟิเคชัน (gasification) ด้วยแก๊สออกซิไดซ์ที่ช่วงอุณหภูมิ 700-1000 องศาเซลเซียส แก๊สที่ใช้โดยทั่วไปคือ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ไอน้ำ และอากาศ โดยอาจใช้ชนิดใดชนิดหนึ่งหรือรวมแก๊สดังกล่าวก็ได้

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์ยังเป็นตัวดูดซับที่ไม่ดีต้องทำการกระตุ้นให้ได้ถ่านที่มีการดูดซับสูง โดยใช้การกระตุ้นให้ทำปฏิกิริยากับแก๊สที่เป็นตัวออกซิไดซ์ ดังตัวอย่าง



ปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะรูพรุนในขั้นตอนการกระตุ้นคือโครงสร้างของคาร์บอนหรือถ่านชาร์ที่นำมากระตุ้น สารอนินทรีย์ปนเปื้อนที่อยู่ในเนื้อคาร์บอน ชนิดของแก๊สออกซิไดซ์ อุณหภูมิขณะเกิดปฏิกิริยาความดันของแก๊ส เวลา

ในการเกิดปฏิกิริยาขนาดอนุภาคของถ่านชาร์

ในกระบวนการกระตุ้นคาร์บอนทำปฏิกิริยากับสารออกซิไดซ์เป็นออกไซด์ของคาร์บอนแพร่ออกจากผิวของคาร์บอน เกิดแก๊สซิฟิเคชัน บางส่วนของเม็ดถ่านเป็นรูพรุนขึ้นในโครงสร้างของถ่าน ถ่านจากการคาร์บอนไนเซชันประกอบด้วยรูพรุนเล็กๆ จำนวนมากเกิดจากช่องว่างระหว่างผลึกในการจัดเรียงตัวของคาร์บอนอะตอม รูพรุนนี้มักจะถูกบรรจุไว้ด้วยทาร์ที่เกิดจากการสลายตัวด้วยความร้อน และถูกขวางด้วยคาร์บอนอสัณฐาน การกระตุ้นจึงเป็นทั้งการเปิดรูที่ถูกปิด และการสร้างรูใหม่ขึ้นด้วย โครงสร้างที่เกิดขึ้นเป็นผลึกที่เล็กมาก (Microcrystallites) ประกอบด้วยวงแหวนเหลี่ยมด้านเท่าของอะตอมคาร์บอนผสมกัน เส้นผ่าศูนย์กลางของชั้นคาร์บอนที่สร้างผลึกเล็กๆ มีขนาดประมาณ 150 อังสตรอม และระยะห่างระหว่างผลึกเล็กๆนี้มีค่าอยู่ระหว่าง 20-50 อังสตรอม

โครงสร้างของถ่านกัมมันต์

โดยปกติแล้วถ่านกัมมันต์โดยทั่วไปมีปริมาตรความพรุนอยู่ระหว่าง 0.5-1.5 ml/g จากลักษณะและขนาดของรูพรุน สามารถแบ่งรูพรุนได้เป็น 3 ขนาด

ก. รูพรุนขนาดใหญ่ (Macro pores) ขนาดของรูพรุนขนาดใหญ่ที่พบในถ่านกัมมันต์ มีค่าอยู่ระหว่าง 5,000-20,000 อังสตรอม ปริมาตรความพรุนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.2-0.8 ml/g ส่วนพื้นที่ผิวจำเพาะของรูพรุนขนาดใหญ่นี้มักจะไม่ค่อยสนใจ สามารถตัดทิ้งได้เนื่องจากมีค่าน้อยกว่า 2 m²/g

ข. รูพรุนขนาดกลาง (Transitional Pores) มีรัศมีอยู่ระหว่าง 20-1,000 อังสตรอม มีปริมาตรความพรุนอยู่ระหว่าง 0.02-0.1 ml/g มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวจำเพาะทั้งหมด

ค. รูพรุนขนาดเล็ก (Micro pores) มีรัศมีน้อยกว่า 20 อังสตรอม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 6-8 อังสตรอม ปริมาตรความพรุนมีอยู่ระหว่าง 0.15-0.5 ml/g และมีพื้นที่ผิวจำเพาะอย่างน้อยที่สุด 95 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวจำเพาะทั้งหมด

ถ่านกัมมันต์ในทางการค้า

ถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในทางการค้าแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบคือ

1. ถ่านกัมมันต์ชนิดผง (Powdered Activated Carbon)

2. ถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด (Granular Activated Carbon)

รายละเอียดของถ่านกัมมันต์ทั้งสองชนิดคือ

1. ถ่านกัมมันต์ชนิดผง (Powdered Activated Carbon)

ถ่านกัมมันต์ชนิดผงที่ใช้โดยทั่วไปผลิตจากซีลีโอที่ได้จากไม้ ซึ่งมีขนาดโดยเฉลี่ยของอนุภาคในช่วง 15-25 ไมโครเมตร โดยอาจมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะทางเรขาคณิตประมาณ 0.15-0.266 โดยในการออกแบบระบบการดูดซับจะคำนึงถึงการเลือกลักษณะของหอดูดซับ ลักษณะการผสมเม็ดถ่านกัมมันต์กับของเหลว ลักษณะการแยกของถ่านกัมมันต์ผงหลังจากที่ดูดซับแล้ว วิธีในการนำกลับมาใช้ใหม่ในทางอุตสาหกรรม ถ่านกัมมันต์ผงโดยส่วนใหญ่จะนำไปใช้ในการกำจัดสีในกระบวนการผลิตอาหารเช่น ใช้ในการผลิตน้ำตาล ผลิตน้ำมัน ผลิตโซเดียมคลอไรด์ และผลิตไวน์ ในภาวะปัจจุบันมีการนำถ่านกัมมันต์ชนิดผงมาใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะในการบำบัดน้ำ ทั้งในการผลิตน้ำดื่มและการบำบัดน้ำเสีย

2. ถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด (Granular Activated Carbon)

ถ่านกัมมันต์เม็ดที่ใช้กันทั่วไปนั้นมีหลายขนาด โดยขึ้นกับการนำไปประยุกต์ใช้งาน ในการดูดซับระบบที่เป็นแก๊สมักใช้ถ่านกัมมันต์รูปทรงกระบอกขนาด 4-6 มิลลิเมตร ซึ่งการใช้ในระบบที่เป็นแก๊สนั้นคือระบบการนำตัวทำละลายกลับมาใช้ใหม่ (solvent recovery) การทำอากาศให้บริสุทธิ์ การทำแก๊สให้บริสุทธิ์ การกำจัดกำมะถันออกจากแก๊ส และใช้ในการแยกระบบแก๊สอื่นๆ ในระบบที่เป็นของเหลวนั้นมีการใช้ถ่านกัมมันต์เม็ดมากเช่นกัน เนื่องจากจัดการระบบได้ง่าย ในเครื่องปฏิกรณ์มีความดันลดต่ำ ทำการล้างเม็ดถ่านได้ง่าย ซึ่งในสภาวะของเหลวนิยมใช้ถ่านกัมมันต์เม็ดในการกำจัดสี การผลิตน้ำตาล กำจัดสารอินทรีย์ กำจัดกลิ่นและสิ่งเจือปนในระบบการผลิตน้ำดื่ม และใช้กันอย่างกว้างขวางที่สุดในการบำบัดน้ำเสีย ถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ดมีการใช้งานมากกว่าถ่านกัมมันต์ชนิดผงเนื่องจากสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ โดยนำถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ดที่ใช้แล้วผ่านกระบวนการทางความร้อน หรือกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่แบบอื่นๆซึ่งสามารถทำได้ง่ายกว่าถ่านกัมมันต์ชนิดผง มีการผลิตถ่านกัมมันต์ทุกแบบทั่วโลกประมาณปีละ 300,000-400,000 ตัน มีถ่านกัมมันต์ชนิดผงประมาณ 55 เปอร์เซ็นต์ ถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ดประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เหลือจะเป็นถ่านกัมมันต์ใน

รูปแบบอื่น ซึ่ง 80 เปอร์เซ็นต์ของถ่านกัมมันต์ทั้งหมดใช้กับระบบที่เป็นของเหลว และอีก 20 เปอร์เซ็นต์ใช้ในระบบที่เป็นแก๊ส ซึ่งประเทศที่มีการใช้กันมากที่สุดคือ ญี่ปุ่นและสหรัฐอเมริกา โดยมีอัตราการใช้ถ่านกัมมันต์เพิ่มขึ้นปีละประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ พบว่าใช้มากในระบบการทำอากาศให้บริสุทธิ์ การทำตัวทำละลายให้บริสุทธิ์ และกระบวนการบำบัดน้ำ และมีการใช้ในระบบใหม่ๆ ซึ่งเกี่ยวกับระบบการป้องกันมลภาวะจากสิ่งแวดล้อม

ประโยชน์ของถ่านกัมมันต์

1. ประเภที่ใช้กับของเหลว (Liquid phase carbon) อุตสาหกรรมที่นำถ่านกัมมันต์ไปใช้ในสารละลายหรือในของเหลว ได้แก่

- อุตสาหกรรมน้ำตาล ใช้ถ่านกัมมันต์เพื่อฟอกสีและทำให้น้ำตาลดิบบริสุทธิ์ขึ้น

- อุตสาหกรรมน้ำมันและไขมันสำหรับบริโภค นอกจากใช้ในการฟอกสีแล้ว ยังใช้ในการแยกเอาสบูและเปอร็อกไซด์ออกจากน้ำมันและไขมันได้ด้วย

- อุตสาหกรรมอาหาร ใช้ถ่านกัมมันต์เพื่อดูดกลิ่นและฟอกสีของผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งดีกว่าการใช้สารเคมีชนิดอื่นเพราะไม่เป็นอันตรายและไม่เกิดปฏิกิริยากับผลิตภัณฑ์อาหาร

- **อุตสาหกรรมเครื่องตีมแอลกอฮอล์** เช่น ไวน์ วิสกี้ มักใช้ถ่านกัมมันต์เพื่อดูดกลืนที่ไม่ต้องการทำให้เครื่องดื่มที่ได้มีรสชาติดีขึ้น

- **อุตสาหกรรมเคมีและยา** ถ่านกัมมันต์ใช้ในการผลิตสารเคมีและยาหลายชนิด

- **อุตสาหกรรมการทำน้ำให้บริสุทธิ์** โดยใช้เป็นตัวดูดกลืนและฟอกสี

- **อุตสาหกรรมการแยกสารที่ต้องการ** เช่น การแยกทองหลังการสกัดจากแร่ด้วยวิธีไซยาไนด์ การแยกไอโอดีนออกจากน้ำเกลือที่เกิดในหลุมน้ำมัน (petroleum oil - well brines) ตลอดจนการผลิตวิตามินและฮอร์โมนอีกหลายชนิด

- **กระบวนการที่มีการใช้สารเร่ง (Catalytic Process)** ถ่านจะทำหน้าที่เป็นตัวพาสารเร่ง (catalyst carrier) ในปฏิกิริยาที่มีการใช้สารเร่งหลายชนิด รวมทั้งทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นการทำงานของตัวเร่งให้ดีขึ้นด้วย

2. ประเภทที่ใช้ในการดูดแก๊สและไอ (Gas Phase Carbon) ใช้ในอุตสาหกรรมต่อไปนี้

- **อุตสาหกรรมทำหน้ากากป้องกันแก๊สพิษ** ทั้งที่ใช้กันในการทหารและที่ใช้กันทั่วไป ทั้งนี้เพราะถ่านกัมมันต์สามารถดูดซับแก๊สพิษและไอของสารอินทรีย์ได้

- **การนำไอระเหยของตัว**



ทำละลายที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ ถ่านกัมมันต์จะดูดซับไอระเหยเหล่านั้นที่อุณหภูมิห้อง และจะคายออกที่ความดันของไอระเหยต่ำๆ

- **อุตสาหกรรมปรับอากาศ** โดยถ่านกัมมันต์จะดูดแก๊สพิษในอากาศต่างๆ เช่นคาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และอะเซทิลีน

- **อุตสาหกรรมบุหรี** โดยใช้ถ่านกัมมันต์เป็นกันกรองบุหรี

เมื่อทราบความเป็นมาของถ่านกัมมันต์ตลอดจนการใช้ประโยชน์ที่มากมายแล้ว จึงไม่ต้องสงสัยเลยว่าจะไม่มีการผลิตถ่านกัมมันต์ขึ้นในประเทศไทย เพราะประเทศของเรามีเศษวัสดุเหลือทิ้งที่มีคุณภาพมากมายพอที่จะผลิตเพื่อใช้ในประเทศและส่งขายต่างประเทศ เพียงแต่ขอให้คนไทยรู้จักถ่านกัมมันต์กันให้มาก ประจวบกับมีการส่งเสริมจากหน่วยงานภาครัฐที่เข้มแข็ง อุตสาหกรรมการผลิตถ่านกัมมันต์ก็จะเติบโตใหญ่และเป็นประโยชน์อย่างมหาศาลในอนาคตอย่างแน่นอน