ภาคผนวก ค

การคำนวณค่าใช้จ่ายการผลิตถ่านกัมมันต์

1. การผลิตถ่านกัมมันต์ด้วยการกระตุ้นของกรดฟอสฟอริก

การคำนวณอยู่บนฐานของสภาวะที่เหมาะสมคือ อัตราส่วนขี้เลื่อย:กรดเป็น 1:1.6 อุณหภูมิ 552 องศาเซลเซียส เวลา 73 นาที มีขั้นตอนการคำนวณดังนี้

1.1 สารเคมี

สารเคมีประกอบด้วยกรดฟอสฟอริก 610 บาทต่อลิตร และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 280 บาทต่อกิโลกรัม ใช้กรดฟอสฟอริกโดยประมาณ 40 มิลลิลิตร และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 กรัม คิดเป็นค่าใช้จ่ายเท่ากับ 22.43 บาทต่อหนึ่งชุดการทดลองที่ให้ถ่านกัมมันต์ 7 กรัม

1.2 พลังงานที่ใช้ในการผลิต

พลังงานที่ต้องใช้อยู่ในส่วนการใช้เตาเผาเป็นหลัก ซึ่งคุณลักษณะของเตาเผามีดังนี้ อุณหภูมิสูงสุดที่ทำงาน 1200 องศาเซลเซียส มีกระแส 8.3 แอมป์ และความต่างศักย์ 220 โวลต์ การคำนวณกำลังใช้สมการ (ค.1) และราคาต้นทุนของไฟฟ้าคำนวณบนฐาน 4 บาทต่อหน่วย

$$P = \frac{VxI}{1000} \qquad \text{(ค.1)}$$

เมื่อ P = กำลัง (กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง)

V = ความต่างศักย์ (โวลต์)

I = กระแส (แอมป์)

1.2.1 การคาร์บอไนเซชันที่อุณหภูมิที่ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

$$\cos t = \frac{220x1.38}{1000} x \frac{15\min}{60\min} x4 \frac{Baht}{kW/hr} = 0.30 \quad baht$$

1.2.2 การกระตุ้นที่อุณหภูมิ 552 องศาเซลเซียส 73 นาที

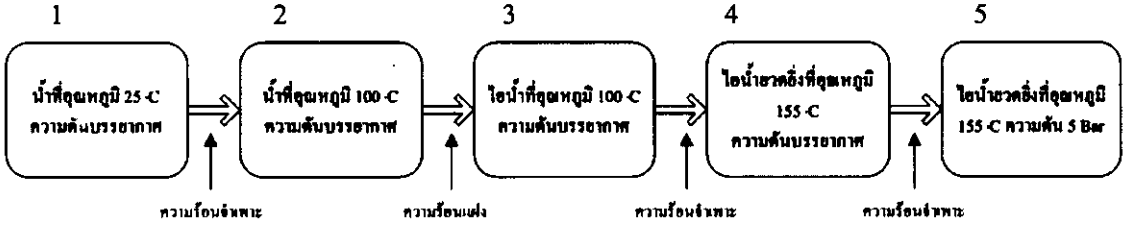
$$\cos t = \frac{220x3.818}{1000} x \frac{73\min}{60\min} x4 \frac{Baht}{kW/hr} = 4.090 \quad baht$$

ดังนั้น ค่าไฟฟ้าในส่วนของการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกเป็น 0.30+4.09 = 4.39 บาทต่อหนึ่งชุดการทดลองซึ่งให้ถ่านกัมมันต์ 7 กรัม

2. การผลิตฉ่านกัมมันต์ด้วยการกระตุ้นของไอน้ำ

การคำนวณอยู่บนฐานของสภาวะที่เหมาะสมคือ เวลาในการคาร์บอไนซ์ 46 นาที อุณหภูมิ 667 องศาเซลเซียส เวลาในการกระตุ้น 68 นาที ค่าใช้จ่ายหลักของการผลิตนี้จะมีเฉพาะส่วนของพลังงานที่ให้แก่เตาเผาและการผลิตไอน้ำ การคำนวณกำลังใช้สมการ (ค.1) มีรายละเอียดดังนี้

2.1 พลังงานที่ใช้ในการผลิตไอน้ำยวดยิ่ง



ภาพประกอบที่ ค.1 การเปลี่ยนสถานะจากน้ำที่ความดันบรรยากาศเป็นไอน้ำยวดยิ่งที่ความดัน 5 บาร์

อัตราการไหลเชิงปริมาตรของไอน้ำ 4 l/min ณ อุณหภูมิ 155°C ความดัน 5 bar ดังนั้น

ที่อุณหภูมิ 100°C ความดัน 1 bar เอนทัลปีจำเพาะของน้ำและไอน้ำอิ่มตัว = 417.46, 2675.5 kJ/kg

ค่าความจุความร้อนของน้ำที่อุณหภูมิ 25 °C = 4.184 $\frac{kJ}{kg-^oC}$

ที่อุณหภูมิ 152°C ความดัน 5 bar : ความหนาแน่นของไอน้ำ= 2.67 kg/m^3 เอนทัลปีจำเพาะของไอน้ำอิ่มตัว 2748.7 kJ/kg (ถึงแม้ว่าสภาวะจริงที่ทำงานจะเป็นไอน้ำยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 155 °C แต่เนื่องจากองศายวดยิ่งมีค่า 3 °C ดังนั้นเพื่อให้สะดวกต่อการคำนวณต่อข้อจำกัดของตารางไอน้ำ จึงอนุโลมใช้ค่าที่สภาวะ 152°C ความดัน 5 bar แทน)

ไอน้ำมีอัตราการไหลเชิงมวลเป็น

$$\frac{4l}{\min} x \frac{1m^3}{1000l} x \frac{2.67kg}{m^3} = 0.01068 \frac{kg}{\min} x \frac{60\min}{1hr} = 0.6408 \frac{kg}{hr}$$

การคำนวณความร้อนที่ทำให้น้ำอุณหภูมิ 25°C เพิ่มเป็น 100°C แสดงได้ดังนี้

$$Q_1 = mC_p\Delta T = \left(0.6408 \frac{kg}{hr}\right)\left(4.184 \frac{kJ}{kg-^oC}\right)(100-25)^oC = 201.083 \frac{kJ}{hr}$$

การคำนวณหาความร้อนที่ทำให้น้ำ 100 องศาเซลเซียส กลายเป็นไอน้ำที่100 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศ จาก

$$Q_2 = (2675.5\text{-}417.6) \text{ X } 0.6408 = 1146.95 \frac{kJ}{hr}$$

การคำนวณหาความร้อนทำให้ไอน้ำ 100 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศกลายเป็นไอน้ำที่อุณหภูมิ 155 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 5 bar

$$Q_3 = h_{g5} - h_{g3} \quad = (2748.7 - 2675.5)\frac{kJ}{kg} = 73.2\frac{kJ}{kg} x 0.6408\frac{kg}{hr} = 46.91\frac{kJ}{hr}$$

ดังนั้นความร้อนรวมในการใช้ตลอดทั้งกระบวนการเท่ากับ 201.083+1146.95 +46.91 = 1394.943 kJ/hr คิดเป็น 0.387 kW คิดเป็นค่าไฟฟ้า $= 0.387\frac{kW}{hr} x \frac{113\min}{60\min} X 4\frac{Baht}{kW/hr} = 2.92$ Baht

2.2 พลังงานที่ให้แก่เตาเผา

2.2.1 ดำเนินการคาร์บอไนซ์ที่ 400 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 46 นาที

$$\cos t = \frac{220 x 2.77}{1000} = x\frac{46\min}{60\min} = x4\frac{Baht}{kW/hr} = 1.87 \quad baht$$

2.2.2 ดำเนินการกระตุ้นที่ 650 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 68 นาที

$$\cos t = \frac{220 x 4.613}{1000} = x\frac{68\min}{60\min} x4\frac{Baht}{kW/hr} = 4.60 \quad baht$$

ดังนั้นค่าไฟฟ้าสำหรับการผลิตด้วยการกระตุ้นของไอน้ำเท่ากับ 2.92 +1.87 + 4.60 = 9.39 บาทต่อหนึ่งชุดการทดลองซึ่งให้ถ่านกัมมันต์ 7 กรัม

2.3 กรณีใช้แก๊สหุงต้มในการเปลี่ยนสถานะของน้ำ

พลังงานที่ใช้เปลี่ยนสถานะของน้ำที่ความดันบรรยากาศไปเป็นไอน้ำยวดยิ่งที่ความดัน 5 bar เท่ากับ 1.394 MJ อัตราส่วน Propane 60 % โดยน้ำหนัก Butane 40 % โดยน้ำหนัก ค่า Low Heating Value เท่ากับ 46.12 $\frac{MJ}{kg}$ (www.mitr.com วันที่ 23/04/07)

ก๊าซ 1 ถัง (48 kg) ให้ค่าความร้อน 2213.76 MJ พลังงานที่ใช้ตลอดการทดลอง = 1.394 MJ x $\frac{113\min}{60\min}$ =2.629 MJ ดังนั้นต้นทุนการผลิตบนฐานของแก๊สหุงต้มจึงลดลงมาก