# เอกสารอ้างอิง


1. สมชาย สุพฤฒิพานิชย์ และ นาวี พิชัยกุล, "ถ่านหินพลังงานเชื่อมอนาคต," ข่าวสารการธรณี, ปีที่ 31, หน้า 14-17, 9 กันยายน 2529.
2. Perry, N., "Pyrolysis," Coal Liquefaction Processes, pp. 22-73, Noyes Data Corporation, New Jersey, U.S.A., 1979.
3. วลัย ตะเวทิพงศ์, "การเปลี่ยนถ่านหินให้เป็นน้ำมันในประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน" ข่าวสารการธรณี, ปีที่ 32, หน้า 24-27, 3 มีนาคม 2530.
4. Martin, A. E., "Pyrolysis in Inert Gas," Chemistry of Coal Utilization, 2nd Supp.Vol., pp. 688-784, John Wiley & Sons, New York, 1980.
5. ASTM Standard; D388, "Classification of Coals by Rank," American Society for Testing and Materials, U.S.A., 1985.
6. งานถ่านหินกองเชื้อเพลิงธรรมชาติ, "พลังงานจากถ่านหินในประเทศไทย," ข่าวสารการธรณี, ปีที่ 31, หน้า 26-38, 3 มีนาคม 2529.
7. Manfred, W. and C. Wert, "Cross-linking of Macromolecules in Coal," Fuel, 63, 891-896, July, 1984.
8. Gibson, S. and D.H. Gregory, "Carbonization of Coal," CE/4, M & B Monograph, Mill & Boon Limited London, 1964.
9. Solomon, P. R., "New Approaches in Coal Chemistry, ACS Symposium Ser. No. 169, American Chemical Society, Washington, D.C., 1981.
10. James, B. H., D. J. Cram and G. S. Hammond, "Thermal Eliminations," Organic Chemistry, 3rd edition., pp. 595-597, McGraw-Hill, New York, 1970.
11. Ahland, E., G. Nashan, W. Peters, and W. Wekamp, "Low Temperature Carbonization and Coking," Chemical Feedstocks from Coal, pp. 12-77, John Niley & Son Inc., 1982.
12. Stein, T. R., Heak, R. H., Callen, R. H., Voltz, S. E., "Upgrading Coal Liquids to Turbine Fuels," Coal Processing Technology, pp. 197-198, ACEP Technical Manual Published by AIChE, 1980.

13. Kent, J. V., "Analytical Pyrolysis Techniques and Applications," Department of Chemistry, pp. 343-406, Butterworth & co., (Publishers) Ltd., 1984.

14. Peytavy, A. and P.Foch, "A Study of Semicarbonization in a Fluidized Bed," Chemical Engineering in the Coal Industry, pp. 75-99, the National Coal Board, 1975.

15. Bowling, K. McG., "Low Temperature Carbonization of Non-Caking Coals & Lignites and Briquetting of Coal Fines," Symposium Organized by The Regional Research Laboratory, Council of Scientific & Industrial Research New Delhi, Vol.I, Sree Saraswaty Press LTD., New Delhi, 1963.

16. Chang, P.W., K. Durai-Swamy, and E.W. Knell, "Kinetics of Coal Pyrolysis Reactions in Flash Pyrolysis Process," AIChE Journal, 26, 20-27, July, 1980.

17. George, R. G., and K. A. Wilhs, "Interparticle MassTransfer in Coal Pyrolysis," AIChE Journal, 26, 201-212, March, 1980.

18. Royton, M. R. and K. M. Sweeney, "Low-temperature Pyrolysis of Texas Lignite Basic Extracts and Some Related Model Compounds," Fuel, 63, 904-908, 1984.

19. Zygment, J. S., K. D. Bartle, and B, Frere, "Structural Analysis of Tars from Fluidized-Bed Pyrolysis of Coal 1. Gas-liquid Chromatography of Aliphatic and Aromatic Subfractions," Fuel, 61, 817-823, 1982.

20. Ralph, J. T., "Flash Pyrolysis of Coals. Devolatilization of Bituminous Coals in a Small Fluidized-bed Reactor," Fuel, 59, 218-226, 1980.

21. ผกามาศ ภูวัฒนานุสรณ์, "การกลั่นสลายถ่านหินลิกไนท์ในประเทศไทย," วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเคมี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2520.

22. อนัญญา พจนารถ, "การปรับปรุงคุณภาพเศษถ่านหินโดยวิธีคาร์บอไนเซชัน," วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528.

23. ประโยชน์ ศรีสุภนันต์, "การศึกษาคาร์บอไนซ์ของถ่านหินและผลิตภัณฑ์," วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528.

24. สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ, ฟลูอิไดเซชัน, ภาควิชาเคมีเทคนิค, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พฤษจิกายน, 2524.

25. Daizo, K. and O. Levenspiel, "Industrial Application of Fluidized Bed," Fluidization Engineering , pp.12-62, John Wiley & Sons, New York, 1977.

26. Arnold, B. H., "Automated Modified Fischer Retorts for Assaying Oil Shale and Bituminuous Materials," The Burean of Mines, pp. 1-18, 1964.

27. ASTM Standards; D2013, "Preparing Coal Sample for Analysis." American Society for Testing and Materials, U.S.A.,1985.

28. ASTM Standards; D3172, "Proximate Analysis of Coal and Coke," American Society for Testing and Materials, U.S.A.,1985.

29. ASTM Standards; D3173, "Test for Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke," American Society for Testing and Materials, U.S.A., 1985.

30. ASTM Standards; D3174 , "Test for Ash in the Analysis Sample of Coal and Coke," American Society for Testing and Materials, U.S.A., 1985.

31. ASTM Standards; D3175, "Test for Volatile Matter in the Analysis Sample of Coal and Coke," American Society for Testing and Materials, U.S.A., 1985.

32. ASTM Standards; D2015, "Test for Gross Calorific Value of Solid Fuel by the Adiabatic Bomb Calorimeter," American Society for Testing and Materials, U.S.A., 1985.

33. ASTM Standards; D3177, "Total Sulfur in the Analysis Sample of Coal and Coke," American Society for Testing and Materials, U.S.A., 1985.

34. Gershon, J. S., A. S. Ronald, B. Lawrence, and S. B. Rose, "Column Chromatography," Chemical Technician's Ready Reference Handbook, pp. 750-755, McGraw-Hill Book Company, 2nd ed., 1981.

35. Motl, O., and L. Novotny, "Adsorption Chromatography," Laboratory Handbook of Chromatographic Methods, pp. 189-215, D. Van Nostrand Company Ltd, London, 1984.

36. ASTM Standard; D240, "Heat of Combustion of Liquid Hydrocarbon," American Society for Testing and Materials, U.S.A., 1976.

37. ASTM Standard; D129, "Sulfer in Tar Oil Product," American Society for Testing and Materials, U.S.A., 1964.

38. Cliff, D. I., K. R. Doolan, J. C. Mackie, and R. J. Tyler, "Product from Rapid Heating of a Brown Coal in the Temperature Range 400-2300 °C," Fuel ,63 , 394-400, 1984.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

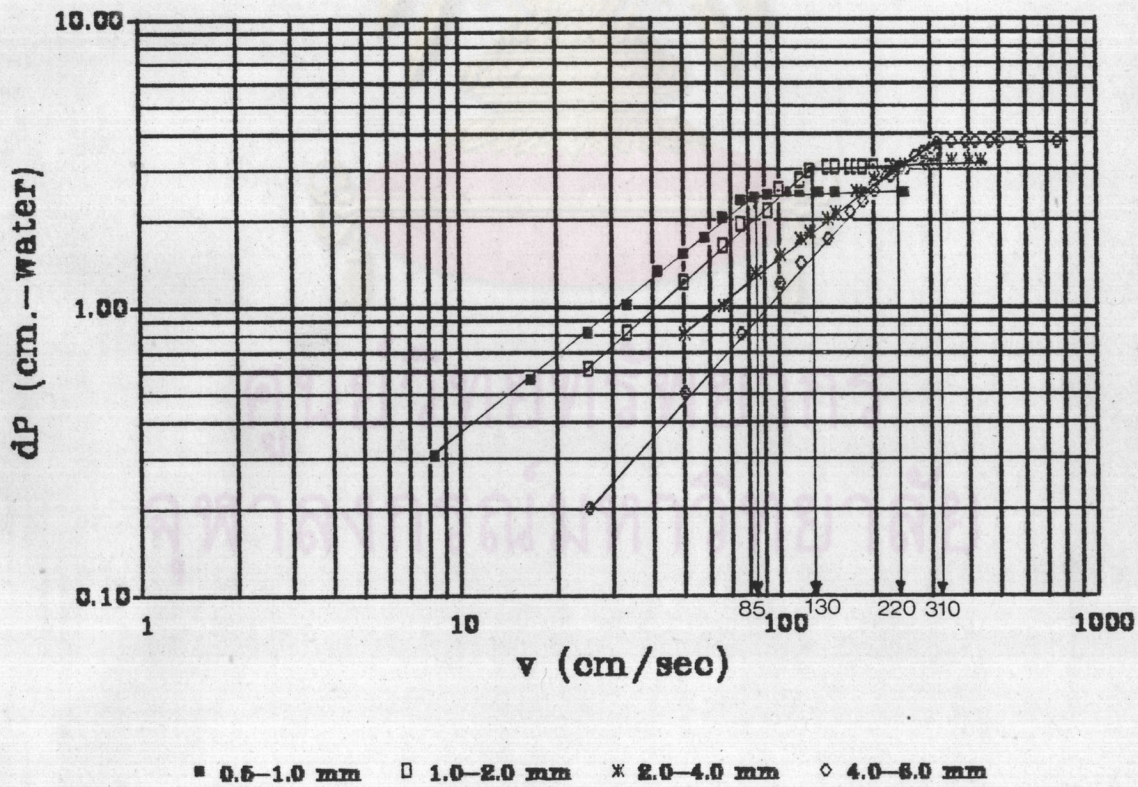
## การหาสภาวะที่เหมาะสมในการคาร์บอไนซ์ของถ่านหิน แบบฟลูอิไดเซชัน

ระบบฟลูอิไดเซชัน เป็นระบบที่ต้องใช้ของไหลป้อนเข้าสู่เตาคาร์บอไนเซอร์ เพื่อทำให้เกิดการฟลูอิไดซ์ ระบบในการทดลองนี้ ของไหลที่ใช้เป็นก๊าซที่ได้จากการหมุนเวียนในระบบเป็นตัวกลางของการหาค่าความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิไดซ์ในระบบ

การเกิดฟลูอิไดซ์ เป็นลักษณะของเม็ดของแข็งที่มีพฤติกรรมคล้ายของไหลเมื่อผ่านความเร็วลมค่าหนึ่ง เม็ดของแข็งจะลอยขึ้นเนื่องจากแรงดันของลมที่เข้าไปมีขนาดพอดีกับน้ำหนักของของแข็งและแรงเสียดทานของเม็ดของแข็ง ความเร็วลมนี้เรียกว่าความเร็วต่ำสุด

การหาค่าความเร็วต่ำสุดของการฟลูอิไดเซชัน

การทดลองโดยการต่อท่อพลาสติกใสที่ใช้แทนหอทดลองเข้ากับปลายของโอริฟิก ภายในใส่เม็ดถ่านที่คัดขนาดแล้ว ขณะที่ป้อนให้อากาศเข้าไปผ่านแผ่นกระจายอากาศเข้าสู่เบดนิ่ง ความดันตก ($dP_2$) ภายในเบดจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น พร้อมกับการเพิ่มความเร็วลม (v) อ่านค่าความเร็วลม และความดันตกในแต่ละครั้งที่เพิ่มขึ้น ดังในตารางที่ ก.1, 2, 3 และ 4 เมื่อเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับความดันตก ณ. จุดที่ความดันตกมีค่าคงที่ จะเป็นจุดที่แสดงถึงค่าความเร็วต่ำสุดของเม็ดถ่านหินที่อยู่ในสภาวะฟลูอิไดซ์ ดังรูปที่ ก.1




รูปที่ ก.1 แสดงค่าความเร็วต่ำสุดของอนุภาคถ่านหินขนาดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิห้อง ความดันบรรยากาศ

ตารางที่ ก.1 แสดงข้อมูลการทดลองหาค่าความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิไดเซชัน โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกที่เปลี่ยนไปกับความเร็วอากาศที่ไหลผ่านเบด

| | | |
|---|---|---|
| น้ำหนักถ่านหิน | 200 | กรัม |
| ขนาดของถ่านหิน | 0.5-1.0 | มิลลิเมตร |
| เส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์ | 6 | เซนติเมตร |
| ความสูงเบด | 10 | เซนติเมตร |

| ความดันที่เปลี่ยนไป (dP) (ซม.-น้ำ) | เร็วอากาศ (v) (ซม./วินาที) |
|---|---|
| 0.3 | 8.3 |
| 0.55 | 16.6 |
| 0.8 | 25.0 |
| 1.0 | 33.0 |
| 1.3 | 41.6 |
| 1.5 | 50.0 |
| 1.7 | 58.3 |
| 2.0 | 66.6 |
| 2.3 | 75.0 |
| 2.35 | 83.3 |
| 2.4 | 91.6 |
| 2.4 | 99.9 |
| 2.45 | 106.5 |
| 2.45 | 116.6 |
| 2.45 | 133.3 |
| 2.45 | 150.0 |
| 2.45 | 183.3 |
| 2.45 | 250.0 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.2

| | | |
|---|---|---|
| น้ำหนักถ่านหิน | 200 | กรัม |
| ขนาดของถ่านหิน | 1.0-2.0 | มิลลิเมตร |
| เส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์ | 6 | เซนติเมตร |
| ความสูงเบด | 10.5 | เซนติเมตร |

| ความดันที่เปลี่ยนไป (dP) (ซม.-น้ำ) | เร็วอากาศ (v) (ซม./วินาที) |
|---|---|
| 0.6 | 25.0 |
| 0.8 | 33.0 |
| 1.2 | 50.0 |
| 1.6 | 66.6 |
| 1.9 | 75.0 |
| 2.1 | 91.6 |
| 2.5 | 100.0 |
| 2.7 | 116.6 |
| 2.9 | 125.0 |
| 3.0 | 141.6 |
| 3.0 | 150.0 |
| 3.0 | 166.8 |
| 3.0 | 175.0 |
| 3.0 | 183.3 |
| 3.0 | 200.0 |
| 3.0 | 225.0 |
| 3.0 | 250.0 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.3

| | | |
|---|---|---|
| น้ำหนักถ่านหิน | 200 | กรัม |
| ขนาดของถ่านหิน | 2.0-4.0 | มิลลิเมตร |
| เส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์ | 6 | เซนติเมตร |
| ความสูงเบด | 11.5 | เซนติเมตร |

| ความดันที่เปลี่ยนไป (dP) (ซม.-น้ำ) | เร็วอากาศ (v) (ซม./วินาที) |
|---|---|
| 0.8 | 50.0 |
| 1.0 | 66.6 |
| 1.3 | 83.3 |
| 1.5 | 100.0 |
| 1.7 | 116.6 |
| 1.8 | 125.0 |
| 2.0 | 141.6 |
| 2.1 | 150.0 |
| 2.5 | 175.0 |
| 2.75 | 200.0 |
| 2.9 | 216.6 |
| 3.0 | 233.3 |
| 3.1 | 250.0 |
| 3.15 | 283.3 |
| 3.2 | 300.0 |
| 3.2 | 316.6 |
| 3.2 | 350.0 |
| 3.2 | 400.0 |
| 3.2 | 433.3 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.4

| | | |
|---|---|---|
| น้ำหนักถ่านหิน | 200 | กรัม |
| ขนาดของถ่านหิน | 4.0-6.0 | มิลลิเมตร |
| เส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์ | 6 | เซนติเมตร |
| ความสูงเบด | 12.0 | เซนติเมตร |

| ความดันที่เปลี่ยนไป (dP) (ซม.-น้ำ) | เร็วอากาศ (v) (ซม./วินาที) |
|---|---|
| 0.2 | 25.0 |
| 0.5 | 50.0 |
| 0.8 | 75.0 |
| 1.2 | 100.0 |
| 1.4 | 116.6 |
| 1.7 | 141.6 |
| 2.1 | 166.6 |
| 2.3 | 183.3 |
| 2.5 | 200.0 |
| 2.8 | 225.0 |
| 3.0 | 241.6 |
| 3.3 | 266.6 |
| 3.4 | 283.3 |
| 3.5 | 300.0 |
| 3.65 | 316.6 |
| 3.7 | 350.0 |
| 3.7 | 391.6 |
| 3.7 | 416.6 |
| 3.7 | 466.6 |
| 3.7 | 500.0 |
| 3.7 | 583.3 |
| 3.7 | 750.0 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การหาค่าความเร็วลมของแต่ละขนาดอนุภาคที่อุณหภูมิต่าง ๆ (ตารางที่ ก.5)

Basis 1 วินาที

จาก $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

ที่สภาวะความดันเท่ากัน และพื้นที่หน้าตัดของเบดอันเดียวกัน

$$v_2 = \frac{v_1T_2}{T_1}$$

ที่อุณหภูมิ 325 องศาเซลเซียสจะมีความเร็วลมเป็น

$$v_2 = \frac{85 \times (273+325)}{273+30}$$

$$= 168 \text{ เซนติเมตรต่อวินาที}$$

ตารางที่ ก.5 แสดงความเร็วลมของขนาดอนุภาคต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 325-600 องศาเซลเซียส ในระบบฟลูอิไดซ์เบด

| ขนาดถ่านหิน (มิลลิเมตร) | ความเร็วลม (ซม./วินาที) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 30 °ซ | 325 °ซ | 460 °ซ | 475 °ซ | 600 °ซ |
| 0.5-1.0 | 85 | 168 | 189 | 231 | 245 |
| 1.0-2.0 | 130 | 257 | 289 | 353 | 375 |
| 2.0-4.0 | 220 | 454 | 511 | 625 | 663 |
| 4.0-6.0 | 310 | 612 | 689 | 842 | 893 |

## ภาคผนวก ข

### การคำนวณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการคาร์บอไนซ์

การคาร์บอไนซ์ที่ 600 องศาเซลเซียสของถ่านหินขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตร ในระบบรีทอร์ทแบบพิชเชอร์

น้ำหนักสารตั้งต้น

| | | |
|---|---|---|
| ถ่านหิน | 100.0 | กรัม |

ปริมาณของผลิตภัณฑ์

| | | |
|---|---|---|
| น้ำหนักถ่านชาร์ | 52.8 | กรัม |
| น้ำหนักของเหลวใส | 25.8 | กรัม |
| น้ำหนักน้ำมันทาร์ | 3.4 | กรัม |
| ปริมาตรของก๊าซ | 15.35 | ลิตร |

คิดเป็นร้อยละของผลิตภัณฑ์

น้ำหนักถ่านชาร์ $\frac{52.8 \times 100}{100} = 52.8$

น้ำหนักของของเหลว $\frac{25.8 \times 100}{100} = 25.8$

น้ำหนักของของน้ำมันทาร์ $\frac{3.4 \times 100}{100} = 3.4$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1 แสดงปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการคาร์บอไนซ์เป็นร้อยละโดยน้ำหนักและปริมาตรของถ่านหินช่วงขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิในระบบรีทอร์ทแบบพิชเชอร์

| อุณหภูมิที่คาร์บอไนซ์ (°ซ) | ร้อยละโดยน้ำหนัก | | | ลิตร |
|---|---|---|---|---|
| | ถ่านชาร์ | ของเหลวใส | น้ำมันทาร์ | ก๊าซ |
| 250 | 75.4 | 19.0 | - | 3.50 |
| 325 | 71.7 | 19.7 | 1.2 | 4.85 |
| 400 | 66.2 | 21.5 | 1.8 | 6.40 |
| 475 | 59.3 | 23.9 | 2.9 | 12.20 |
| 550 | 55.3 | 24.5 | 3.2 | 14.25 |
| 600 | 52.8 | 25.8 | 3.4 | 15.35 |

ตารางที่ ข.2 แสดงปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการคาร์บอไนซ์เป็นร้อยละโดยน้ำหนักและปริมาตรของถ่านหินช่วงขนาด 1.0-2.0 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิในระบบรีทอร์ทแบบพิชเชอร์

| อุณหภูมิที่คาร์บอไนซ์ (°ซ) | ร้อยละโดยน้ำหนัก | | | ลิตร |
|---|---|---|---|---|
| | ถ่านชาร์ | ของเหลวใส | น้ำมันทาร์ | ก๊าซ |
| 250 | 76.4 | 18.2 | - | 2.85 |
| 325 | 71.7 | 18.4 | 1.1 | 5.00 |
| 400 | 66.0 | 19.5 | 1.7 | 6.90 |
| 475 | 59.0 | 23.5 | 2.9 | 10.80 |
| 550 | 55.4 | 23.2 | 3.3 | 13.30 |
| 600 | 52.8 | 24.7 | 3.4 | 14.90 |

ตารางที่ ข.3 แสดงปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการคาร์บอไนซ์เป็นร้อยละโดยน้ำหนักและปริมาตรของถ่านหินช่วงขนาด 2.0-40 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิในระบบรีทอร์ทแบบฟิซเซอร์

| อุณหภูมิที่คาร์บอไนซ์ (°ซ) | ร้อยละโดยน้ำหนัก | | | ลิตร |
|---|---|---|---|---|
| | ถ่านชาร์ | ของเหลวใส | น้ำมันทาร์ | ก๊าซ |
| 250 | 74.7 | 19.0 | - | 3.45 |
| 325 | 72.0 | 18.9 | 1.1 | 5.90 |
| 400 | 66.3 | 20.8 | 1.6 | 6.40 |
| 475 | 59.1 | 23.6 | 2.9 | 11.40 |
| 550 | 54.7 | 24.7 | 3.2 | 12.95 |
| 600 | 52.9 | 25.2 | 3.4 | 15.80 |

ตารางที่ ข.4 แสดงปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการคาร์บอไนซ์เป็นร้อยละโดยน้ำหนักและปริมาตรของถ่านหินช่วงขนาด 4.0-6.0 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิในระบบรีทอร์ทแบบฟิซเซอร์

| อุณหภูมิที่คาร์บอไนซ์ (°ซ) | ร้อยละโดยน้ำหนัก | | | ลิตร |
|---|---|---|---|---|
| | ถ่านชาร์ | ของเหลวใส | น้ำมันทาร์ | ก๊าซ |
| 250 | 76.5 | 18.2 | - | 3.5 |
| 325 | 72.2 | 18.4 | 1.0 | 4.4 |
| 400 | 65.2 | 22.5 | 1.5 | 6.9 |
| 475 | 58.9 | 23.9 | 2.8 | 10.0 |
| 550 | 55.2 | 24.8 | 3.2 | 13.3 |
| 600 | 53.7 | 24.1 | 3.3 | 16.4 |

การคาร์บอไนซ์ที่ 600 องศาเซลเซียส ของถ่านหินขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตร ในฟลูอิไดซ์เบด

น้ำหนักสารตั้งต้น

| | | |
|---|---|---|
| ถ่านหิน | 200.0 | กรัม |

ปริมาณของผลิตภัณฑ์

| | | |
|---|---|---|
| น้ำหนักถ่านชาร์ | 98.0 | กรัม |
| น้ำหนักของเหลวใส | 43.1 | กรัม |
| น้ำหนักน้ำมันทาร์ | 0.7 | กรัม |

คิดเป็นร้อยละของผลิตภัณฑ์

น้ำหนักถ่านชาร์ $\frac{98.0 \times 100}{200} = 49.0$

น้ำหนักของของเหลวใส $\frac{43.1 \times 100}{200} = 21.55$

น้ำหนักน้ำมันทาร์ $\frac{0.7 \times 100}{200} = 0.35$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.5 แสดงปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการคาร์บอไนซ์เป็นร้อยละโดยน้ำหนักของถ่านหินช่วงขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิในระบบฟลูอิไดเซชัน

| อุณหภูมิที่คาร์บอไนซ์ (°ซ) | ร้อยละโดยน้ำหนัก | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ถ่านชาร์ | ของเหลวใส | น้ำมันทาร์ | สูญเสีย |
| 325 | 71.4 | 13.02 | 0.08 | 15.5 |
| 400 | 66.7 | 15.10 | 0.10 | 18.5 |
| 475 | 58.6 | 18.80 | 0.20 | 22.4 |
| 550 | 54.3 | 20.84 | 0.16 | 24.7 |
| 600 | 49.0 | 21.55 | 0.35 | 29.1 |

ตารางที่ ข.6 แสดงปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการคาร์บอไนซ์เป็นร้อยละโดยน้ำหนักของถ่านหินถ่านหินช่วงขนาด 1.0-2.0 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิในระบบฟลูอิไดเซชัน

| อุณหภูมิที่คาร์บอไนซ์ (°ซ) | ร้อยละโดยน้ำหนัก | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ถ่านชาร์ | ของเหลวใส | น้ำมันทาร์ | สูญเสีย |
| 325 | 71.5 | 19.43 | 0.07 | 9.0 |
| 400 | 65.6 | 22.60 | 0.10 | 11.8 |
| 475 | 58.7 | 24.70 | 0.10 | 16.5 |
| 550 | 54.8 | 25.55 | 0.15 | 19.5 |
| 600 | 51.0 | 25.70 | 0.40 | 22.9 |

ตารางที่ ข.7 แสดงปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการคาร์บอไนซ์เป็นร้อยละโดยน้ำหนักของถ่านหิน ถ่านหินช่วงขนาด 2.0-4.0 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิในระบบฟลูอิไดเซชัน

| อุณหภูมิที่คาร์บอไนซ์ (°ซ) | ร้อยละโดยน้ำหนัก | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ถ่านชาร์ | ของเหลวใส | น้ำมันทาร์ | สูญเสีย |
| 325 | 73.6 | 18.36 | 0.04 | 8.0 |
| 400 | 66.9 | 20.42 | 0.08 | 12.6 |
| 475 | 59.8 | 22.60 | 0.10 | 17.5 |
| 550 | 54.7 | 23.70 | 0.20 | 21.4 |
| 600 | 52.1 | 25.30 | 0.20 | 22.4 |

ตารางที่ ข.8 แสดงปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการคาร์บอไนซ์เป็นร้อยละโดยน้ำหนักของถ่านหิน ถ่านหินช่วงขนาด 4.0-6.0 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิในระบบฟลูอิไดเซชัน

| อุณหภูมิที่คาร์บอไนซ์ (°ซ) | ร้อยละโดยน้ำหนัก | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ถ่านชาร์ | ของเหลวใส | น้ำมันทาร์ | สูญเสีย |
| 325 | 72.0 | 16.17 | 0.03 | 11.8 |
| 400 | 67.0 | 16.20 | 0.80 | 16.0 |
| 475 | 59.7 | 19.80 | 0.10 | 20.4 |
| 550 | 55.0 | 21.10 | 0.12 | 23.7 |
| 600 | 51.9 | 23.25 | 0.25 | 24.6 |

ภาคผนวกที่ ค

การคำนวณหาคุณสมบัติของถ่านหินและถ่านชาร์

การวิเคราะห์แบบประมาณของถ่านชาร์ที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียสจากการคาร์บอไนซ์ของถ่านหินขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตรในระบบรีทอร์ทแบบพิชเชอร์

air-dried basis

1. การหาปริมาณร้อยละความชื้น (ใช้วิธีการทดลอง ASTM D 3173)

น้ำหนักของถ่านหินก่อนอบ = 0.9989 กรัม

น้ำหนักของถ่านหินหลังอบ = 0.9725 กรัม

น้ำหนักของน้ำในถ่านหิน = 0.0264 กรัม

ปริมาณร้อยละความชื้นของถ่านหิน $= \frac{0.0264 \times 100}{0.9989}$

$= 2.64$

ทำการทดลองซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย ซึ่งผลการทดลองได้ค่าปริมาณร้อยละความชื้นของถ่านหิน 2.82

2. การหาปริมาณร้อยละของเถ้า (ใช้วิธีการทดลองตาม ASTM D 3174)

น้ำหนักของถ่านหินก่อนเผา = 0.9972 กรัม

น้ำหนักของถ่านหินหลังเผา = 0.1565 กรัม

ปริมาณร้อยละของเถ้า $= \frac{0.1565 \times 100}{0.9972}$

$= 15.69$

ทำการทดลองซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย ซึ่งผลการทดลองได้ค่าปริมาณร้อยละของเถ้า 15.70

3. การหาปริมาณสารระเหย (ใช้วิธีการทดลองตาม ASTM D 3175)

น้ำหนักของถ่านหินก่อนอบ = 0.9995 กรัม

น้ำหนักของถ่านหินหลังอบ = 0.5508 กรัม

น้ำหนักที่หายไป = 0.4487 กรัม

ปริมาณร้อยละของสารระเหย $= \left( \frac{0.4487 \times 100}{0.9995} \right) - 2.82$

$= 42.08$

ทำการทดลองซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย ซึ่งผลการทดลองได้ค่าปริมาณร้อยละของสารระเหย 42.00

4. การหาปริมาณคาร์บอนคงตัว (ใช้วิธีการตาม ASTM D 3172)

ปริมาณร้อยละของคาร์บอนคงตัว = 100 - ปริมาณร้อยละของเถ้า
- ปริมาณร้อยละความชื้น
- ปริมาณร้อยละสารระเหย

= 100 - 15.70 - 2.82 - 42.00

= 39.48

5. การหาปริมาณร้อยละกำมะถัน (ใช้วิธีการตาม ASTM D 3177-A)

น้ำหนักของถ่านหินก่อนทำปฏิกิริยา = 0.9985 กรัม

น้ำหนักของ $BaSO_4$ ที่ได้จากปฏิกิริยา = 0.1493 กรัม

น้ำหนักจากการทำ Blank = 0.0003 กรัม

$$\text{ปริมาณร้อยละของกำมะถัน} = \frac{(0.1493-0.0003)13.738}{0.9985}$$

= 2.05

ทำการทดลองซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย ซึ่งผลการทดลองได้ค่าปริมาณร้อยละของกำมะถัน 1.91

ร้อยละของปริมาณเถ้า จากข้อ 2 = 15.70

ร้อยละของปริมาณสารระเหย จากข้อ 3 = 42.00

ร้อยละของปริมาณคาร์บอนคงตัว จากข้อ 4 = 39.48

รวมเป็น = 97.18

dry basis

$$\text{ร้อยละของปริมาณเถ้า} = \frac{15.70 \times 100}{97.18} = 16.15$$

$$\text{ร้อยละของปริมาณสารระเหย} = \frac{42.00 \times 100}{97.18} = 43.22$$

$$\text{ร้อยละของปริมาณคาร์บอนคงตัว} = \frac{39.48 \times 100}{97.18} = 40.63$$

ตารางที่ ค.1 แสดงคุณสมบัติของถ่านชาร์และน้ำมันทาร์จากการคาร์บอไนซ์ถ่านหินในช่วงขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิในระบบระบบรีทอร์ทแบบฟิซเซอร์

| คุณสมบัติ | อุณหภูมิที่คาร์บอไนซ์ (องศาเซลเซียส) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | เริ่มต้น | 250 | 325 | 400 | 475 | 550 | 600 |
| การวิเคราะห์แบบประมาณ,ร้อยละ (air-dried basis) | | | | | | | |
| ความชื้น | 11.36 | 2.82 | 1.66 | 0.95 | 2.67 | 2.10 | 1.99 |
| เถ้า | 12.73 | 15.70 | 16.68 | 19.42 | 18.64 | 19.71 | 17.75 |
| สารระเหย | 43.58 | 42.00 | 39.21 | 35.52 | 28.11 | 21.92 | 16.92 |
| คาร์บอนคงตัว | 32.33 | 39.48 | 42.45 | 44.11 | 50.58 | 56.27 | 63.34 |
| กำมะถันรวม | 1.28 | 1.91 | 2.27 | 2.28 | 2.30 | 2.43 | 2.36 |
| (dry basis) | | | | | | | |
| เถ้า | 14.36 | 16.15 | 16.96 | 19.61 | 19.15 | 20.13 | 18.11 |
| สารระเหย | 49.17 | 43.22 | 39.87 | 35.86 | 28.88 | 22.39 | 17.26 |
| คาร์บอนคงตัว | 36.47 | 40.63 | 43.17 | 44.53 | 51.97 | 57.48 | 64.63 |
| ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม) | 4992 | 5089 | 5155 | 5494 | 5664 | 5825 | 6197 |
| น้ำมันทาร์ | | | | | | | |
| ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม) | - | - | 8846 | 8054 | 8456 | 8847 | 7912 |
| กำมะถันรวม | - | - | 0.68 | 0.53 | 0.51 | 0.59 | 0.59 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.2 แสดงคุณสมบัติของถ่านชาร์และน้ำมันทาร์จากการคาร์บอไนซ์ถ่านหินในช่วงขนาด 1.0-2.0 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิในระบบระบบรีทอร์ทแบบฟิชเชอร์

| คุณสมบัติ | อุณหภูมิที่คาร์บอไนซ์ (องศาเซลเซียส) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | เริ่มต้น | 250 | 325 | 400 | 475 | 550 | 600 |
| การวิเคราะห์แบบประมาณ,ร้อยละ (air-dried basis) | | | | | | | |
| ความชื้น | 11.57 | 2.45 | 1.18 | 1.35 | 2.46 | 1.59 | 2.09 |
| เถ้า | 12.73 | 14.28 | 15.26 | 16.33 | 16.98 | 18.25 | 19.96 |
| สารระเหย | 43.58 | 42.39 | 39.90 | 35.90 | 28.49 | 22.08 | 17.25 |
| คาร์บอนคงตัว | 37.43 | 40.88 | 43.66 | 46.42 | 52.07 | 58.08 | 60.70 |
| (dry basis) | | | | | | | |
| เถ้า | 12.67 | 14.64 | 15.44 | 16.55 | 17.41 | 18.54 | 20.39 |
| สารระเหย | 49.90 | 43.45 | 40.38 | 36.39 | 29.21 | 22.44 | 17.62 |
| คาร์บอนคงตัว | 37.43 | 41.91 | 44.18 | 47.06 | 53.38 | 59.02 | 61.99 |
| กำมะถันรวม | 1.15 | 1.60 | 1.60 | 1.71 | 1.75 | 1.78 | 1.82 |
| ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม) | 4978 | 5187 | 5329 | 5619 | 5801 | 5939 | 6095 |
| น้ำมันทาร์ | | | | | | | |
| ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม) | - | - | 8522 | 7824 | 9370 | 7071 | 8724 |
| ร้อยละกำมะถัน | - | - | 0.58 | 0.58 | 0.57 | 0.55 | 0.50 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.3 แสดงคุณสมบัติของถ่านชาร์และน้ำมันทาร์จากการคาร์บอไนซ์ถ่านหินในช่วงขนาด 2.0-4.0 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิในระบบระบบรีทอร์ทแบบฟิซเซอร์

| คุณสมบัติ | อุณหภูมิที่คาร์บอไนซ์ (องศาเซลเซียส) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | เริ่มต้น | 250 | 325 | 400 | 475 | 550 | 600 |
| การวิเคราะห์แบบประมาณ,ร้อยละ (air-dried basis) | | | | | | | |
| ความชื้น | 11.83 | 2.15 | 1.15 | 2.71 | 2.54 | 2.08 | 1.96 |
| เถ้า | 10.22 | 11.67 | 11.11 | 12.02 | 14.62 | 13.36 | 14.78 |
| สารระเหย | 44.87 | 42.90 | 40.90 | 35.94 | 28.82 | 22.14 | 17.93 |
| คาร์บอนคงตัว | 33.08 | 43.28 | 46.84 | 49.33 | 54.02 | 62.42 | 65.33 |
| กำมะถันรวม | 1.10 | 1.44 | 1.48 | 1.67 | 1.60 | 1.68 | 1.60 |
| (dry basis) | | | | | | | |
| เถ้า | 11.59 | 11.93 | 11.24 | 12.36 | 15.00 | 13.64 | 15.07 |
| สารระเหย | 50.89 | 43.84 | 41.38 | 36.94 | 29.57 | 22.61 | 18.29 |
| คาร์บอนคงตัว | 37.52 | 44.23 | 47.38 | 50.70 | 55.43 | 63.75 | 66.64 |
| กำมะถันรวม | 1.10 | 1.44 | 1.48 | 1.67 | 1.60 | 1.68 | 1.60 |
| ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม) | | 5365 | 5494 | 5891 | 6051 | 6279 | 6531 |
| น้ำมันทาร์ | | | | | | | |
| ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม) | - | - | 9590 | 8005 | 8066 | 7747 | 9261 |
| ร้อยละกำมะถัน | - | - | 0.75 | 0.60 | 0.53 | 0.50 | 0.56 |

ตารางที่ ค.4 แสดงคุณสมบัติของถ่านชาร์และน้ำมันทาร์จากการคาร์บอไนซ์ถ่านหินในช่วงขนาด 4.0-6.0 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิในระบบระบบรีทอร์ทแบบฟิชเชอร์

| คุณสมบัติ | อุณหภูมิที่คาร์บอไนซ์ (องศาเซลเซียส) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | เริ่มต้น | 250 | 325 | 400 | 475 | 550 | 600 |
| การวิเคราะห์แบบประมาณ,ร้อยละ (air-dried basis) | | | | | | | |
| ความชื้น | 11.95 | 2.97 | 0.90 | 1.00 | 2.51 | 2.66 | 2.57 |
| เถ้า | 9.47 | 10.58 | 10.50 | 11.41 | 13.30 | 13.21 | 13.23 |
| สารระเหย | 45.12 | 43.59 | 41.35 | 36.58 | 29.17 | 22.39 | 18.19 |
| คาร์บอนคงตัว | 33.46 | 42.86 | 47.25 | 51.01 | 55.02 | 61.74 | 66.01 |
| กำมะถันรวม | 1.08 | 1.38 | 1.39 | 1.52 | 1.57 | 1.61 | 1.67 |
| (dry basis) | | | | | | | |
| เถ้า | 10.76 | 10.90 | 10.60 | 11.52 | 13.64 | 13.57 | 13.58 |
| สารระเหย | 51.24 | 44.93 | 41.72 | 36.95 | 29.92 | 23.00 | 18.67 |
| คาร์บอนคงตัว | 38.00 | 44.17 | 47.68 | 51.53 | 56.44 | 63.43 | 67.75 |
| ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม) | 5152 | 5370 | 5575 | 6049 | 6183 | 6324 | 6492 |
| น้ำมันทาร์ | | | | | | | |
| ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม) | - | - | 9238 | 8544 | 8526 | 6625 | 9316 |
| ร้อยละกำมะถัน | - | - | 0.65 | 0.57 | 0.48 | 0.48 | 0.53 |

ตารางที่ ค.5 แสดงคุณสมบัติของถ่านชาร์จากการคาร์บอไนซ์ถ่านหินในช่วงขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิในระบบฟลูอิไดเซชัน

| คุณสมบัติ | อุณหภูมิที่คาร์บอไนซ์ (องศาเซลเซียส) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | เริ่มต้น | 325 | 400 | 475 | 550 | 600 |
| การวิเคราะห์แบบประมาณ,ร้อยละ (air-dried basis) | | | | | | |
| ความชื้น | 11.36 | 1.52 | 0.28 | 0.27 | 0.37 | 0.20 |
| เถ้า | 12.73 | 16.82 | 18.60 | 19.43 | 19.15 | 20.09 |
| สารระเหย | 43.58 | 41.30 | 37.21 | 29.77 | 21.28 | 16.81 |
| คาร์บอนคงตัว | 32.33 | 40.36 | 43.91 | 50.53 | 59.20 | 62.90 |
| (dry basis) | | | | | | |
| เถ้า | 14.36 | 17.08 | 18.65 | 19.48 | 19.22 | 20.13 |
| สารระเหย | 49.17 | 41.94 | 37.32 | 29.85 | 21.36 | 16.84 |
| คาร์บอนคงตัว | 36.47 | 40.98 | 44.03 | 50.67 | 59.42 | 63.03 |
| ร้อยละกำมะถัน | 1.28 | 1.85 | 2.10 | 1.91 | 1.88 | 2.02 |
| ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม) | | | | | | |
| ตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ | 4992 | 5157 | 5352 | 5612 | 6089 | 6172 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.6 แสดงคุณสมบัติของถ่านชาร์จากการคาร์บอไนซ์ถ่านหินในช่วงขนาด 1.0-2.0 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิในระบบฟลูอิไดเซชัน

| คุณสมบัติ | อุณหภูมิที่คาร์บอไนซ์ (องศาเซลเซียส) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | เริ่มต้น | 325 | 400 | 475 | 550 | 600 |
| การวิเคราะห์แบบประมาณ,ร้อยละ (air-dried basis) | | | | | | |
| ความชื้น | 11.57 | 1.04 | 0.53 | 0.35 | 0.46 | 0.44 |
| เถ้า | 11.20 | 15.10 | 15.50 | 17.43 | 16.98 | 17.21 |
| สารระเหย | 44.13 | 42.95 | 34.09 | 30.12 | 21.25 | 15.27 |
| คาร์บอนคงตัว | 33.10 | 40.91 | 49.88 | 52.10 | 61.31 | 67,08 |
| (dry basis) | | | | | | |
| เถ้า | 12.67 | 15.26 | 15.58 | 17.49 | 17.06 | 17.29 |
| สารระเหย | 49.90 | 43.40 | 34.27 | 30.23 | 21.35 | 15.34 |
| คาร์บอนคงตัว | 37.43 | 41.34 | 50.15 | 52.28 | 61.59 | 67.37 |
| ร้อยละกำมะถัน | 1.15 | 1.48 | 1.61 | 1.51 | 1.72 | 1.50 |
| ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม) | | | | | | |
| ตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ | 5072 | 5196 | 5758 | 5972 | 6320 | 6746 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.7 แสดงคุณสมบัติของถ่านชาร์จากการคาร์บอไนซ์ถ่านหินในช่วงขนาด 2.0-4.0 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิในระบบฟลูอิไดเซชัน

| คุณสมบัติ | อุณหภูมิที่คาร์บอไนซ์ (องศาเซลเซียส) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | เริ่มต้น | 325 | 400 | 475 | 550 | 600 |
| การวิเคราะห์แบบประมาณ,ร้อยละ (air-dried basis) | | | | | | |
| ความชื้น | 11.83 | 1.30 | 1.56 | 1.71 | 0.65 | 1.37 |
| เถ้า | 10.22 | 12.79 | 13.07 | 13.12 | 14.21 | 14.45 |
| สารระเหย | 44.87 | 44.85 | 38.51 | 31.74 | 23.58 | 18.96 |
| คาร์บอนคงตัว | 33.08 | 41.06 | 46.86 | 53.43 | 61.56 | 65.22 |
| (dry basis) | | | | | | |
| เถ้า | 11.59 | 12.96 | 13.28 | 13.35 | 14.30 | 14.65 |
| สารระเหย | 50.89 | 45.44 | 39.12 | 32.29 | 23.74 | 19.22 |
| คาร์บอนคงตัว | 37.52 | 41.60 | 47.60 | 54.36 | 61.96 | 66.13 |
| ร้อยละกำมะถัน | 1.10 | 1.53 | 1.67 | 1.61 | 1.48 | 1.54 |
| ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม) | | | | | | |
| ตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ | 5043 | 5366 | 5589 | 5976 | 6415 | 6447 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.8 แสดงคุณสมบัติของถ่านชาร์จากการคาร์บอไนซ์ถ่านหินในช่วงขนาด 4.0-6.0 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิในระบบฟลูอิไดเซชัน

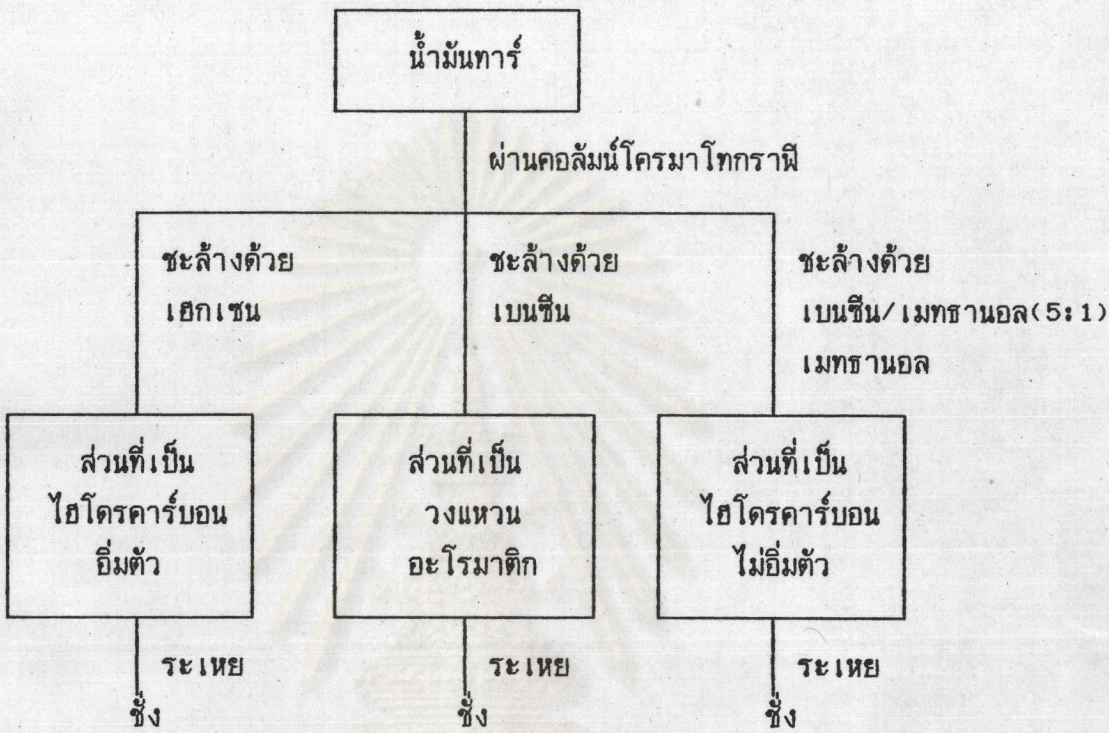
| คุณสมบัติ | อุณหภูมิที่คาร์บอไนซ์ (องศาเซลเซียส) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | เริ่มต้น | 325 | 400 | 475 | 550 | 600 |
| การวิเคราะห์แบบประมาณ,ร้อยละ (air-dried basis) | | | | | | |
| ความชื้น | 11.95 | 2.59 | 2.49 | 2.10 | 1.82 | 2.06 |
| เถ้า | 9.47 | 11.99 | 12.00 | 13.19 | 12.91 | 13.78 |
| สารระเหย | 45.12 | 46.12 | 35.97 | 30.01 | 22.79 | 18.74 |
| คาร์บอนคงตัว | 33.46 | 39.30 | 48.64 | 54.70 | 62.48 | 65.42 |
| (dry basis) | | | | | | |
| เถ้า | 10.76 | 12.31 | 13.23 | 13.47 | 13.15 | 14.07 |
| สารระเหย | 51.24 | 47.35 | 36.89 | 30.66 | 23.21 | 19.13 |
| คาร์บอนคงตัว | 38.00 | 40.34 | 49.88 | 55.87 | 63.64 | 66.80 |
| ร้อยละกำมะถัน | 1.08 | 1.57 | 1.47 | 1.51 | 1.54 | 1.68 |
| ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม) | | | | | | |
| ตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ | 5152 | 5498 | 5715 | 5854 | 6364 | 6463 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์น้ำมันทาร์ด้วยวิธีการดูดซับในคอลัมน์โครมาโทกราฟี

เพื่อวิเคราะห์หากลุ่มโครงสร้างและปริมาณน้ำมันทาร์ที่ได้แต่ละอุณหภูมิที่คาร์บอไนซ์




รูปที่ ง.1 แสดงขั้นตอนการแยกน้ำมันทาร์โดยใช้วิธีคอลัมน์โครมาโทกราฟี

1. การเตรียม

อะลูมินา อบขจัดน้ำที่ 380-400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

ซิลิก้าเจล อบที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง

2. การเตรียมคอลัมน์ ใช้คอลัมน์แก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร ใช้ใยแก้วอุดปลายล่างของคอลัมน์ แล้วเติมอะลูมินาปริมาณเล็กน้อยกลบใยแก้วให้มิด และปรับผิวให้เรียบ ใส่เฮกเซนลงในคอลัมน์ให้ได้ 3 ใน 4 ส่วนของความสูงของคอลัมน์เติมผงซิลิก้าเจลผ่านกรวยกรองลงในคอลัมน์พร้อมกับเอาสายยางเคาะคอลัมน์เบา ๆ เพื่อให้ซิลิกาเนอนก้นอยู่ในคอลัมน์สม่ำเสมอพร้อมทั้งให้เฮกเซนในคอลัมน์ไหลออกจากคอลัมน์ด้วย ล้างซิลิกาเจลที่ติดอยู่ข้าง ๆ คอลัมน์ลงให้หมด ใส่อะลูมินาลงไปอีกเล็กน้อย เพื่อเป็นการปรับพื้นผิวด้านบนให้เรียบก่อนนำมาวิเคราะห์ตัวอย่าง รอให้ระดับของเฮกเซนลดลงจนระดับสูง 1 เซนติเมตร

3. การวิเคราะห์น้ำมันทาร์

3.1 ชั่งน้ำมันทาร์ที่ได้จากการคาร์บอไนซ์ให้ได้น้ำหนักอย่างละเอียด

3.2 ละลายน้ำมันทาร์ด้วยเฮกเซน 5X10 มิลลิลิตร แล้วเทลงในคอลัมน์ผ่านกรวยกรองทางด้านบน ใช้บีกเกอร์รองรับทางด้านล่างของคอลัมน์ เพื่อเก็บส่วนที่แยกได้เป็นพวกไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว

3.3 เมื่อระดับเฮกเซนอยู่เหนือชั้นของอะลูมินา 1 เซนติเมตรละลายน้ำมันทาร์ด้วยเบนซีนปริมาตร 5X10 มิลลิลิตร ลงในคอลัมน์เปลี่ยนบีกเกอร์รองรับใหม่ ส่วนที่เก็บได้เป็นพวกวงแหวนอะโรมาติก

3.4 ทำเหมือนกับข้อ 3.3 โดยเปลี่ยนมาใช้สารละลายผสมระหว่างเบนซีนกับเมทธานอล (5:1 โดยปริมาตร) 25 มิลลิลิตร และสารละลายเมทธานอล 25 มิลลิลิตร ส่วนที่เก็บได้เป็นพวกไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว

3.5 นำส่วนที่แยกได้ในข้อ 3.2, 3.3 และ 3.4 มาระเหยตัวทำละลายบนอ่างน้ำร้อนทิ้งไว้ในโถอบให้เย็นแล้วนำไปชั่งอย่างละเอียด เมื่อหักน้ำหนักของบีกเกอร์ได้ปริมาณของส่วนต่าง ๆ ตามที่กล่าวมาแล้ว

4. การคำนวณหาสัดส่วนโดยน้ำหนักขององค์ประกอบน้ำมันทาร์

การวิเคราะห์น้ำมันทาร์ที่ได้จากการคาร์บอไนซ์ที่อุณหภูมิ 325 องศาเซลเซียส ของถ่านหินขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตรในระบบพิชเชอร์รีทอร์ท

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| น้ำหนักน้ำมันทาร์ | 0.6053 | กรัม | | |
| น้ำหนักไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวที่ได้ | 0.1344 | กรัม | สัดส่วนโดยน้ำหนัก | 0.2269 |
| น้ำหนักวงแหวนอะโรมาติกที่ได้ | 0.2937 | กรัม | สัดส่วนโดยน้ำหนัก | 0.4958 |
| น้ำหนักไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัวที่ได้ | 0.1643 | กรัม | สัดส่วนโดยน้ำหนัก | 0.2773 |
| น้ำหนักสูญเสีย | 0.0129 | กรัม | | |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.1 แสดงกลุ่มโครงสร้างของน้ำมันทาร์เป็นสัดส่วนโดยน้ำหนักจากการคาร์บอไนซ์ถ่านหินช่วงขนาด ๐.5-1.๐ มิลลิเมตรที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในรีทอร์ทแบบฟิชเชอร์

| กลุ่มโครงสร้าง (สัดส่วนโดยน้ำหนัก) | อุณหภูมิที่คาร์บอไนซ์ (องศาเซลเซียส) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 325 | 400 | 475 | 550 | 600 |
| สารไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว | ๐.2269 | ๐.2149 | ๐.1432 | ๐.1630 | ๐.2295 |
| สารไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว | ๐.2773 | ๐.3015 | ๐.2044 | ๐.2766 | ๐.1611 |
| สารวงแหวนอะโรมาติก | ๐.4958 | ๐.4836 | ๐.6524 | ๐.5604 | ๐.6094 |

ตารางที่ ง.2 แสดงกลุ่มโครงสร้างของน้ำมันทาร์เป็นสัดส่วนโดยน้ำหนักจากการคาร์บอไนซ์ถ่านหินช่วงขนาด 1.๐-2.๐ มิลลิเมตรที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในรีทอร์ทแบบฟิชเชอร์

| กลุ่มโครงสร้าง (สัดส่วนโดยน้ำหนัก) | อุณหภูมิที่คาร์บอไนซ์ (องศาเซลเซียส) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 325 | 400 | 475 | 550 | 600 |
| สารไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว | ๐.๐897 | ๐.๐849 | ๐.๐930 | ๐.1893 | ๐.1949 |
| สารไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว | ๐.3478 | ๐.1285 | ๐.1280 | ๐.๐739 | ๐.1594 |
| สารวงแหวนอะโรมาติก | ๐.5625 | ๐.7866 | ๐.7790 | ๐.7368 | ๐.6457 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.3 แสดงกลุ่มโครงสร้างของน้ำมันเป็นสัดส่วนโดยน้ำหนักทาร์จากการคาร์บอไนซ์ถ่านหินช่วงขนาด 2.0-4.0 มิลลิเมตรที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในรีทอร์ทแบบฟิชเชอร์

| กลุ่มโครงสร้าง (สัดส่วนโดยน้ำหนัก) | อุณหภูมิที่คาร์บอไนซ์ (องศาเซลเซียส) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 325 | 400 | 475 | 550 | 600 |
| สารไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว | 0.0906 | 0.0403 | 0.0222 | 0.1504 | 0.1893 |
| สารไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว | 0.2616 | 0.3277 | 0.1722 | 0.1933 | 0.1036 |
| สารวงแหวนอะโรมาติก | 0.6478 | 0.6320 | 0.8056 | 0.6563 | 0.7071 |

ตารางที่ ง.4 แสดงกลุ่มโครงสร้างของน้ำมันทาร์เป็นสัดส่วนโดยน้ำหนักจากการคาร์บอไนซ์ถ่านหินช่วงขนาด 4.0-6.0 มิลลิเมตรที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในรีทอร์ทแบบฟิชเชอร์

| กลุ่มโครงสร้าง (สัดส่วนโดยน้ำหนัก) | อุณหภูมิที่คาร์บอไนซ์ (องศาเซลเซียส) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 325 | 400 | 475 | 550 | 600 |
| สารไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว | 0.1429 | 0.1203 | 0.0473 | 0.1266 | 0.1667 |
| สารไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว | 0.0681 | 0.0366 | 0.0740 | 0.0486 | 0.1555 |
| สารวงแหวนอะโรมาติก | 0.7890 | 0.8431 | 0.8787 | 0.8248 | 0.6778 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.5 แสดงกลุ่มโครงสร้างของน้ำมันทาร์เป็นสัดส่วนโดยน้ำหนักจากการคาร์บอไนซ์ถ่านหินช่วงขนาด ๐.5-1.๐ มิลลิเมตรที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในฟลูอิไดซ์เบด

| กลุ่มโครงสร้าง (สัดส่วนโดยน้ำหนัก) | อุณหภูมิที่คาร์บอไนซ์ (องศาเซลเซียส) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 325 | 400 | 475 | 550 | 600 |
| สารไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว | ๐.2756 | ๐.2561 | ๐.3604 | ๐.4784 | ๐.3553 |
| สารไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว | ๐.4132 | ๐.3532 | ๐.3195 | ๐.2816 | ๐.2632 |
| สารวงแหวนอะโรมาติก | ๐.3112 | ๐.3907 | ๐.3201 | ๐.2400 | ๐.3815 |

ตารางที่ ง.6 แสดงกลุ่มโครงสร้างของน้ำมันทาร์เป็นสัดส่วนโดยน้ำหนักจากการคาร์บอไนซ์ถ่านหินช่วงขนาด 1.๐-2.๐ มิลลิเมตรที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในฟลูอิไดซ์เบด

| กลุ่มโครงสร้าง (สัดส่วนโดยน้ำหนัก) | อุณหภูมิที่คาร์บอไนซ์ (องศาเซลเซียส) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 325 | 400 | 475 | 550 | 600 |
| สารไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว | ๐.2447 | ๐.3572 | ๐.3351 | ๐.4202 | ๐.4485 |
| สารไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว | ๐.3117 | ๐.3063 | ๐.2971 | ๐.3066 | ๐.2830 |
| สารวงแหวนอะโรมาติก | ๐.4436 | ๐.3365 | ๐.3678 | ๐.2732 | ๐.2685 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.7 แสดงกลุ่มโครงสร้างของน้ำมันทาร์เป็นสัดส่วนโดยน้ำหนักจากการคาร์บอไนซ์ถ่านหินช่วงขนาด 2.0-4.0 มิลลิเมตรที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในฟลูอิไดซ์เบด

| กลุ่มโครงสร้าง (สัดส่วนโดยน้ำหนัก) | อุณหภูมิที่คาร์บอไนซ์ (องศาเซลเซียส) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 325 | 400 | 475 | 550 | 600 |
| สารไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว | 0.2536 | 0.1704 | 0.2435 | 0.2998 | 0.2135 |
| สารไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว | 0.3580 | 0.3511 | 0.3194 | 0.3092 | 0.3433 |
| สารวงแหวนอะโรมาติก | 0.3884 | 0.4785 | 0.4371 | 0.3910 | 0.4432 |

ตารางที่ ง.8 แสดงกลุ่มโครงสร้างของน้ำมันทาร์เป็นสัดส่วนโดยน้ำหนักจากการคาร์บอไนซ์ถ่านหินช่วงขนาด 4.0-6.0 มิลลิเมตรที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในฟลูอิไดซ์เบด

| กลุ่มโครงสร้าง (สัดส่วนโดยน้ำหนัก) | อุณหภูมิที่คาร์บอไนซ์ (องศาเซลเซียส) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 325 | 400 | 475 | 550 | 600 |
| สารไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว | 0.2043 | 0.2741 | 0.2410 | 0.1457 | 0.2148 |
| สารไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว | 0.3782 | 0.3309 | 0.3378 | 0.3239 | 0.3311 |
| สารวงแหวนอะโรมาติก | 0.4175 | 0.3950 | 0.4212 | 0.5304 | 0.4541 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นาย วิเชียร ตรงจิตธรรม

สำเร็จการศึกษา 2525 วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมี) มหาวิทยาลัยรามคำแหง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย