เอกสารอ้างอิง

1. Van Nostrand's Scientific Encyclopedia. 5th ed. 1976
2. Reiffel, L. Nucleonics. 13(Mar. 1955) : 22
3. Andrew, W.Q. and Rhea, K. "Level Measurement." Applied Instrumentation in the process industrics. Vol. 1. Houston : Gulf, 1974.
4. Liptak, B.G. Instrument Engineers Handbook. Vol. 1. Philadephia : Chilton, 1969.
5. Considine, D.M. Chemical Engineering. 75, Feb 12 (1968):137
6. Blau, B. and Carlin, J.R. Electronics. 21 (Apr. 1948): 78
7. Broda, E. and Schonfeld, T. The Technical Applications of Radioactivity. Oxford : Pergamon Press, 1966
8. Jacobs, J.E. and Wilson, R.F. Electronics. 24 (Oct. 1951):172
9. Shumilovskii, N.N. and Mel'ttser, L.V. Radioactive Isotopes in Instrumentation and Control. Translated by R.F. Kelleher, New York : Macmillan, 1964.
10. Johnson, P., et al. Chemistry and Industry. May.11(1963):750
11. Rowe, S and Cook, H.L. Chemical Engineering. 76 Jan.27(1967):165
12. Courtois, G., Gasnier, M. and Lallement, C. Nucleonics. 21 (Jan. 1963) : 76
13. Barnatt, S. and Sun, K.H. Nucleonics. 13,May.5(1955):47
14. Mix, T.W., et al. Nucleonics. 17(Aug. 1959) : 84
15. McKinney, A.H. Chemical Engineering Progress. 56 (Sep.1960):37

16. Owaki, K., Oshida, T. and Miwa, H. Peaceful Uses of Atomic Energy. (PUAE) Vol. 19. (1959) : 162

17. Lederer, et al. Table of Isotopes. 6th ed. New York:Wiley,1967.

18. Cameron, J.E. "Fluid Density Measurements in Enclosed Systems" In Radioisotopes in Scientific Research. Vol. 1. edited by R.C. Extermann, New York : Pergamon Press, 1958.

19. Lamarsh, J.R. Introduction to Nuclear Engineering. Reading: Addison-Wesley, 1975.

20. Spiegel, M.R. Theory and Problems of Statistics. Schaum's outline series. McGraw-Hill, 1972. p.p. 241

21. CANBERRA Laboratory Manual, Canberra Industries, 1972

22. Chase, G.D. and Rabinowitz, J.L. Principles of Radioisotope Methodology. 3 nd ed, U.S.A. : Burgess, 1968.

23. Considine, D.M. and Ross, S.D. Handbook of Applied Instrumentation. McGraw-Hill, 1964

24. Jardan, G.G., Brodsky, V.B. and Sotskov, B.S. PUAE. Vol. 15, (1956) : 138

25. Piraux, H. Radioisotopes and their industrial applications. translated by L.B. Firnberg, Nethertands: Philips Technical, 1964

26. Price, W.J. Nuclear Radiation Detection. New York: McGraw-Hill, 1964

27. Putman, J.L. PUAE. Vol. 15, (1956) : 120

ภาคผนวก

อุปกรณ์การวัดระดับโดยนิวเคลียร์เทคนิคนี้สามารถนำไปใช้ในโรงงานต่าง ๆ เพื่อควบคุมการผลิตหรือตรวจสอบการทำงานของเครื่องมือ ดังเช่น

<u>การวัดระดับของเหลว</u>

อุปกรณ์ชนิดนี้ใช้มากที่สุดในอุตสาหกรรมเคมี เพราะไม่ถูกสารเคมี และไม่ต้องเจาะผนังของถัง การติดตั้งหรือซ่อมแซมอุปกรณ์จึงไม่ต้องหยุดเครื่องจักร ซึ่งในที่นี้จะยกตัวอย่างเท่าที่สามารถหามาได้ เช่น

1. ถังกวนน้ำยาเคมี ซึ่งต้องการกวนน้ำยาอย่างเร็วในขณะให้ความร้อนด้วย ขดลวดไฟฟ้า จึงต้องควบคุมให้ระดับน้ำยาเคมีคงที่เหนือขดลวดเพื่อมิให้น้ำยาเคมีเดือดกลายเป็นไอ อุปกรณ์ที่เหมาะสมคือ ใช้ โคบอลท์–60 กับหัววัดไกเกอร์ 2 ชุด ชุดหนึ่งอยู่เหนือ อีกชุดอยู่ใต้ระดับน้ำยา ทั้งนี้เพราะผิวของน้ำยาจะโค้งเนื่องจากการหมุน

2. ถังปฏิกรณ์เคมี ภายในถังมีความร้อนและความดันสูงต้องการควบคุมระดับของเหลวที่ปกคลุมด้วยฟอง และถังปฏิกรณ์นี้ล้อมรอบด้วยผนังเหล็กหนา 6 นิ้ว อีกชั้นหนึ่ง เพื่อลดการใช้ขนาดของต้นกำเนิดรังสีสูง ๆ จึงใส่ โคบอลท์–60 ในท่อที่สามารถรับความดันได้สูง และเจาะผนังเหล็กด้านบนยึดท่อไว้ให้ต้นกำเนิดรังสีอยู่ในระดับที่ต้องการ ดังรูปที่ 1 ส่วนหัววัดใช้ชนิดเรืองแสงติดตั้งไว้ภายนอกของผนัง ซึ่งต้องหล่อเย็นด้วยน้ำ เครื่องมือนี้ทำหน้าที่เป็นสวิทช์สำหรับควบคุมการเปิด–ปิด ของสิ้นใต้ถังปฏิกรณ์

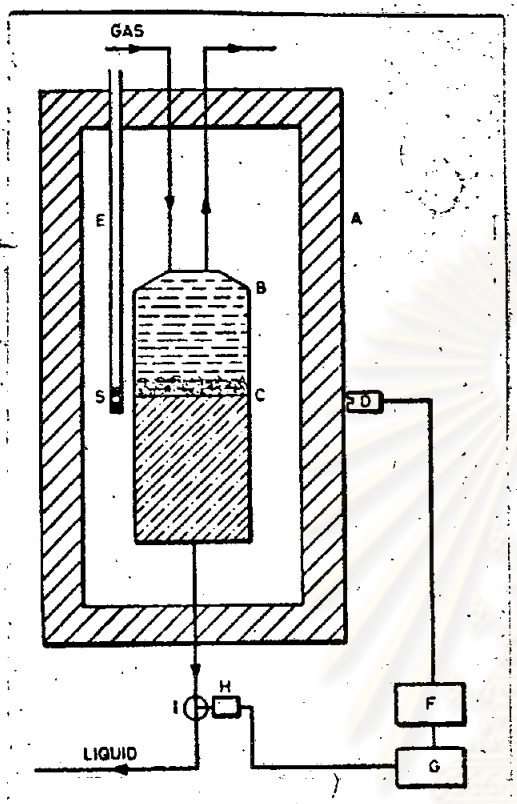
3. การตรวจสอบการทำงานของหอกลั่น เพื่อตรวจการทำงาน (ระดับของเหลว) ในแต่ละชั้น โดยใช้โคบอลท์–60 ขนาด 5–10 มิลลิคูรี ซึ่งเป็นลำรังสีใส่แคปด้วยตะกั่ว และหัววัดชนิดเรืองแสง (หรือไกเกอร์) วางในตำแหน่งตรงกันข้ามดังรูปที่ 2 ก. ทั้งคู่จะเคลื่อนที่ขึ้นลงพร้อมกัน ขณะหยุดทำงานจะวัดปริมาณรังสีได้ดังแสดงในรูปที่ 2 ข. (เส้น A) ปริมาณสูงสุด

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

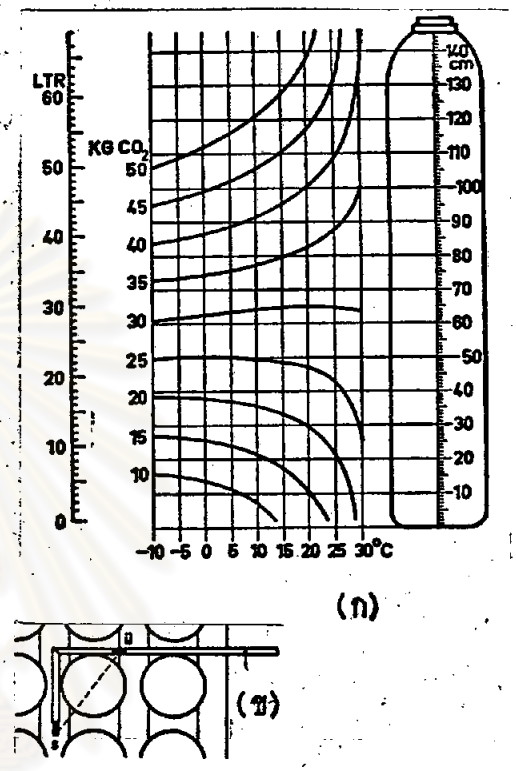
เป็นช่องว่างภายใน และต่ำสุดเป็นโครงสร้างของชั้น และของเหลว ที่ค้างอยู่ เมื่อเดินเครื่องจะมีของเหลวบางส่วนกระจาย หรือเป็นกซในช่องว่าง ทำให้ปริมาณรังสีต่ำลง และถ้าเกิดมีของเหลวท่วม หรือมีระดับสูงในห่อของแต่ละชั้น จะทำให้กราฟเลื่อนไปซึ่งแสดงเป็นเส้นไข่ปลา (เส้น B) ระยะ x แสดงความสูงของของเหลวที่เพิ่มขึ้น และถ้าเกิดของเหลวท่วมชั้นใกล้ชั้นหนึ่ง ปริมาณรังสีจะได้ดังเส้นกราฟ c

4. วัดระดับของคาร์บอนไดออกไซด์เหลวในถังขนาด ϕ = 25 ซม. โดยใช้แท่งโลหะรูปตัวแอล ติดต้นกำเนิดรังสีซีเซียม–137 2 หลอด รวม 1 มิลลิคูรี่ไว้ที่ปลายข้างหนึ่ง ดังรูปที่ 3 ก. และหัววัดไกเกอร์ติดบนแท่งโลหะซึ่งอยู่ในแนวเส้นผ่าศูนย์กลางของถังกับต้นกำเนิดรังสี เมื่อหาระดับของเหลวได้แล้ว จะสามารถเปลี่ยนเป็นน้ำหนักของคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดได้ด้วยกราฟ ซึ่งคำนวณจากน้ำหนักจำเพาะของกซ และของเหลวในอุณหภูมิต่าง ๆ (รูป 3 ข.)

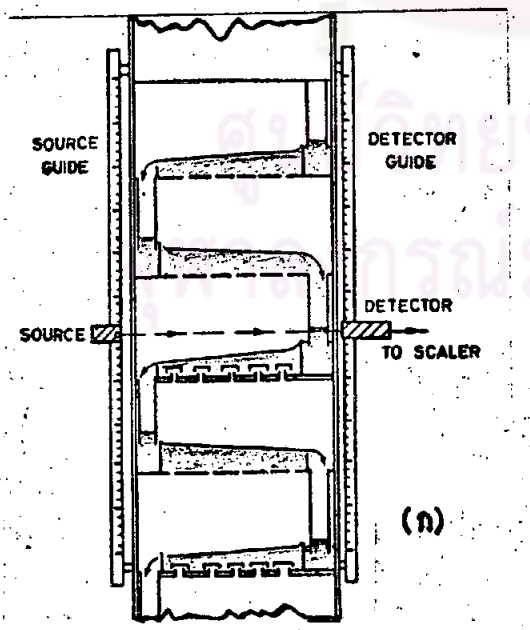
5. การตรวจปริมาตรของผลิตภัณฑ์โดยการวัดระดับ เป็นการตรวจสอบของโรงงานผลิต ซึ่งจะกระทำก่อนการบรรจุหีบห่อ โดยติดตั้งต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดไว้คนละข้างของสายพานและอยู่ในระดับที่ต้องการจะควบคุม เมื่อภาชนะที่บรรจุต่ำกว่ามาตรฐาน ปริมาณรังสีจะสูงขึ้น เกิดสัญญาณไฟฟ้าขึ้น ซึ่งจะส่งไปยังอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ปัดภาชนะออกจากสายพาน สัญญาณนี้จะต้องสัมพันธ์กับสัญญาณจากโฟโตเซลล์ด้วย มิฉะนั้นเครื่องปัดจะทำงานทุกครั้งที่ปริมาณรังสีสูง ในการตรวจสอบการบรรจุยาสีฟันจะใช้โคบอลท์–60, ซีเซียม–137 หรือซีเรียม–144 ที่มีความแรงประมาณ 5 มิลลิคูรี ซึ่งจะสามารถวัดได้ 200 ชิ้นต่อนาที และมีความแม่นยำในการวัดประมาณ 0.6 มม. สำหรับการวัดระดับของนมข้นหวานในภาชนะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 ซม. จะใช้โคบอลท์–60 ขนาด 6 มิลลิคูรี (เป็นเส้นยาว 1 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มม.) กับหัววัดไกเกอร์ที่ไวต่อรังสีแกมม่า เนื่องจากขนาดของภาชนะเล็ก จึงต้องบีบลำของรังสีด้วยแท่งตะกั่วหนา 10 ซม. และเปิดหน้าต่างเพียง 0.8 มม. ในกรณีนี้จะวัดปริมาณรังสีที่ผ่านนม และอากาศได้ประมาณ 6,000 และ 9,000 เคานท์ต่อนาที

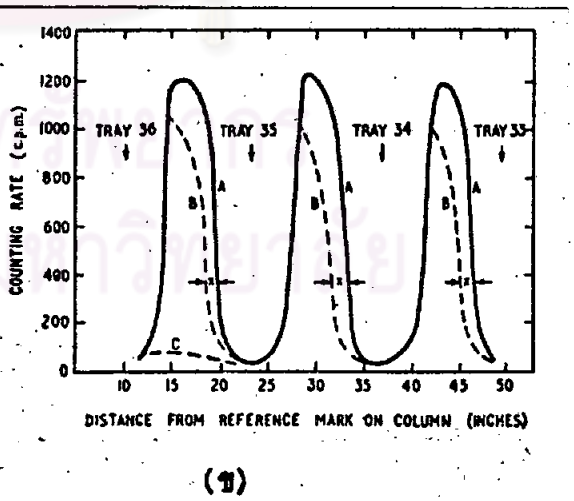


รูปที่ 1 การวัดระดับในถังปฏิกรณ์เคมี



รูปที่ 3 การวัดระดับของ CO_2 เหลว



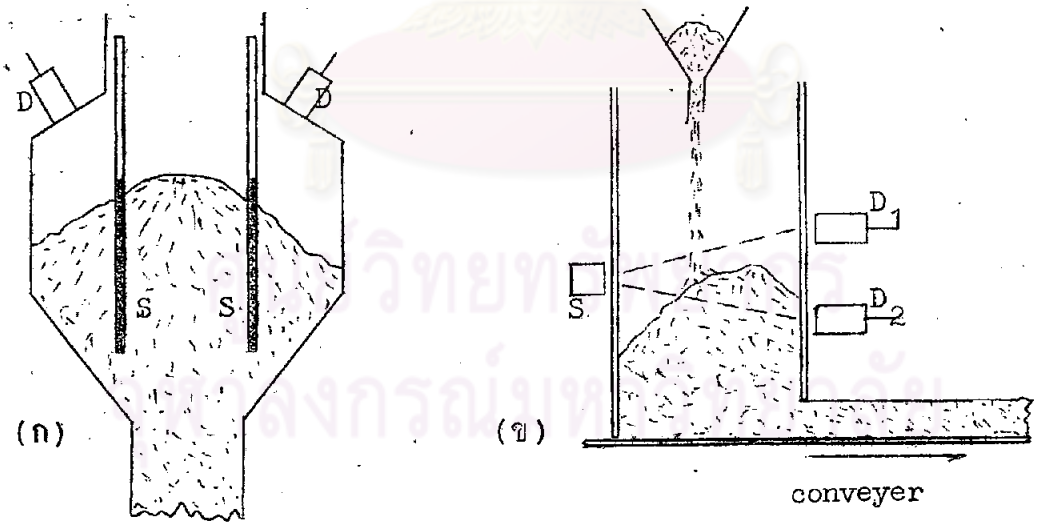


รูปที่ 2 การวัดระดับในหอกลั่น

6. อื่น ๆ เช่น วัดระดับของถ่านหินในเตาเผาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 61 นิ้ว และภายใน 42 นิ้ว ด้วยโคบอลท์–60 ขนาด 50 มิลลิคูรี ในเตาหลอม ด้วยโคบอลท์–60 ขนาด 150 คูรี นอกจากนี้ยังได้ใช้วิธีทางนิวเคลียร์เทคนิคในการหาตำแหน่งที่ของเหลวเริ่มเดือด (เกิดฟองเกาะที่ผิวของภาชนะ) เพื่อศึกษาการนำความร้อน และคำนวณหาปริมาณความร้อน

<u>วัดระดับของแข็งที่เป็นผงหรือชิ้นเล็กๆ</u>

เพื่อควบคุมการป้อนวัตถุดิบ หรือ การวัดปริมาณของวัตถุที่มีอยู่ ของแข็งชนิดนี้จะมีผิวไม่เรียบ และไม่อยู่ในแนวราบ จึงวัดได้เป็นค่าเฉลี่ยเท่านั้น เช่น การวัดปริมาณของวัตถุ จะใช้ต้นกำเนิดรังสีที่เป็นแท่ง 2 หรือ 4 แท่ง ตามขนาดความกว้างของภาชนะ ติดตั้งไว้ที่ฝาโดยให้ต้นกำเนิดรังสีอยู่ในแนวดิ่งตำลงไปในระดับที่ต้องการ และติดหัววัดรังสีไว้ภายนอก ในจำนวนที่เท่ากัน ดังรูปที่ 4 ก. ซึ่งปริมาณรังสีจะมากเมื่อของแข็งมีระดับต่ำ และจะต่ำลงเมื่อของแข็งปิดทับบางส่วนของต้นกำเนิดรังสี



รูปที่ 4 แสดงอุปกรณ์การวัดระดับของแข็งที่เป็นผง

และการควบคุมการป้อนวัตถุดิบ ด้วยการใช้หัววัดรังสี 2 อัน วางตรงข้ามกับต้นกำเนิดรังสี ดังรูปที่ 4 ข. ซึ่งอันหนึ่งจะอยู่บนเพื่อควบคุมระดับที่สูงสุดที่ไหมีได้ และอีกอันก็เช่นกัน ควบคุมระดับต่ำสุด ถ้าระดับของแข็งไม่ถูกต้องจะเกิดสัญญาณเตือน หรือส่งสัญญาณไปควบคุมความเร็วของสายพาน เพื่อให้ปริมาณของวัตถุคงที่ หรือมีความหนาแน่นคงที่ สำหรับโรงงานไม้อัดซึ่งมีความกว้างมาก จะต้องใช้อุปกรณ์นี้หลายชุด ติดตั้งตลอดทั้งหน้า โดยให้ระยะเว้นหางพอสมควร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติ

นาย สุทธิรัตน์ สุวรรณจรัส ภูมิลำเนา 106 หมู่ 7 ตำบลบางปะกง อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา สำเร็จการศึกษาชั้นปริญญาตรี จากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ได้ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (สาขาเครื่องกล) ในปี พ.ศ. 2516 และในปีเดียวกันได้เข้ารับราชการเป็นอาจารย์ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ลาศึกษาต่อชั้นปริญญาโทในปี พ.ศ. 2519 ณ แผนกวิชานิวเคลียร์-เทคโนโลยี่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ด้วยทุนศึกษาต่อภายในประเทศของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ปัจจุบันรับราชการอยู่ แผนกวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย