

รายการอ้างอิง

- [1] Massie, N.S. Sulfiding of Tail Gas Catalyst Proper Preparation of Tail Gas Hydrogenation Catalyst for Long and Active life. Brimstone Sulfur Recovery Symposium Vail, Colorado September 11-14 (2007):1-6.
- [2] Nakhaei, A.P., Ali, M.R., Kherolah, J.J., Ali, M., and Payman, K. Support effects on the chemical property and catalytic activity of Co-Mo HDS catalyst in sulfur recovery. Journal of Natural Gas Chemistry 19 (2010):91-95.
- [3] Dufresne, P. Hydroprocessing catalysts regeneration and recycling. Applied Catalyst A General 322 (2007):67-75.
- [4] Sang, C.P., and Jong, S.C. Selective catalytic reduction of sulfur dioxide with hydrogen to elemental sulfur over Co-Mo/Al₂O₃. Applied Catalysis B: Environmental 5 (1995):233-243
- [5] Sanders, A.F.H., de Jong, A.M.D., de Beer, V.H.J., van Veen, J.A.R., and Niemantsverdriet, J.W. Formation of cobalt-molybdenum sulfides in hydrotreating catalysts. Applied Surface Science 144-145 (1999):380-384.
- [6] Jepsen, J.S., and Haward, F.R. Effect of Sulfiding Temperature on Dispersion and Chemical States of the Components of Co-Mo and Ni-Mo. Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Dev. 20 (1981):467-474.
- [7] Halmanna, M., and Steinfeld, A. Fuel saving, carbon dioxide emission avoidance, and syngas production by tri-reforming of flue gases from coal and gas-fired power stations, and by the carbothermic reduction of iron oxide. Energy 31 (2006):3171-3185.
- [8] Papadopoulou, Ch., Vakros, J., Matralis, H.K., Kordulis, Ch., and Lycourghiotis, A. On the relationship between the preparation method and the physicochemical and catalytic properties of the CoMo/γ-Al₂O₃ hydrodesulfurization catalysts. Journal of Colloid and Interface Science 261 (2003):146-153

- [9] Ferrari, M., Bernard, D., and Pual, G. Influence of active phase loading in carbon supported molybdenum-cobalt catalysts for hydrodeoxygenation reactions. Microporous and Mesoporous Materials 56 (2002):279-290.
- [10] Raison, R.P., and Sharad, G. Physicochemical Aspect of the Leaching of Molybdenum from Co-Mo/ γ - Al_2O_3 Hydrodesulfurization Catalyst Waste Using DMSO- SO_2 Mixed Solvent. Ind. Eng. Chem. Prod. Res. 29 (1990):14-21.
- [11] Xiangtian, W., Gousheng, L., Jianguo, Y., and Rodrigues, A.E. Preparation, characterization and deactivation studies of Co-Mo/ Al_2O_3 deoxidizing catalyst. Applied Catalysis A: General 270 (2004):143-149.
- [12] Koizumi, N., Masato, Y., Shigeto, H., and Muneyoshi, Y. Interaction between Mo and Co on Co-Mo/ Al_2O_3 sulfided at high pressure (<5.1 MPa) by means of high pressure DRIFT and EXAFS method. Catalysis Today 39 (1997):33-44.
- [13] Ivam, J.R.M., Jessica, F., and Julio, C. Hydrometallurgical route to recovery molybdenum, nickel, cobalt and aluminum from spent hydrotreating catalysts in sulphuric acid medium. Journal of Hazardous Materials 160 (2008):310-317.
- [14] Gou, Z.B., Yi-Lu, F., and Yun-sheng, M. Structure of Co-K-Mo/ γ - Al_2O_3 catalysts and their catalytic activity for mixed alcohols synthesis. Catalysis Today 51 (1999):187-193.
- [15] Usman, Tomoya, Y., Takeshi, K., and Yasuaki, O. Effect of phosphorus addition on the active sites of a Co-Mo/ Al_2O_3 catalyst for the hydrodesulfurization of thiophene. Applied Catalysis A: General 328 (2007):219-225.
- [16] Huirache-Acuna, R., Pawelec, B., Rivera-Munoz, E., Nava, R., and Espino, J. Comparison of the morphology and HDS activity of ternary Co-Mo-W catalysts supported on P-modified SBA-15 and SBA-16 substrates. Applied Catalysis B: Environmental 92 (2009):168-184.
- [17] Jaap, A.B., Marcel, J., Bob, G.L., Tom, V., and Krijn, P.D.J. Influence of the preparation method on the hydrotreating activity of $\text{MoS}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ extrudates: A Raman microspectroscopy study on the genesis of the active phase. Journal of Catalysis 243 (2006):292-302.

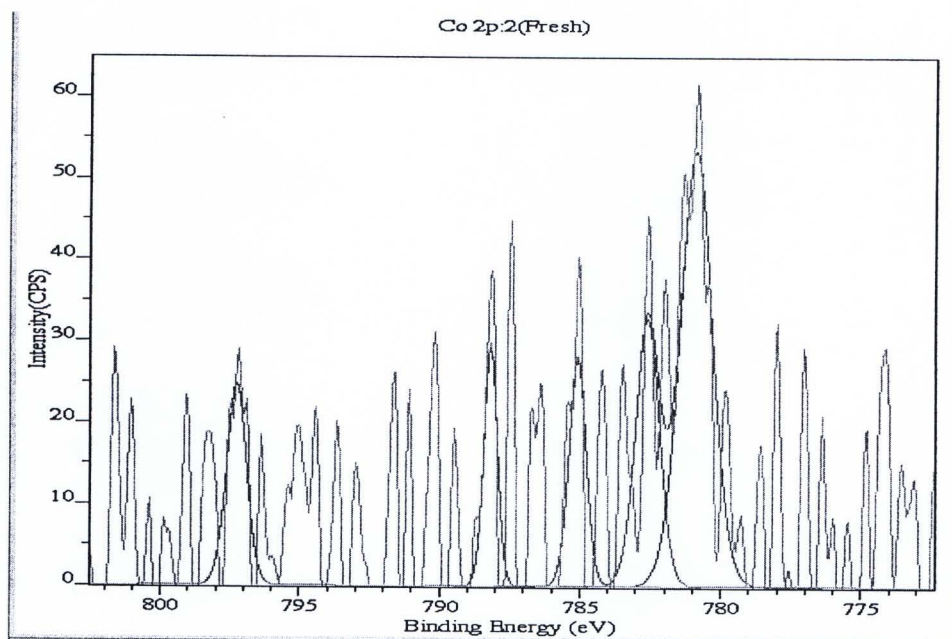
- [18] Takeshi, K. et al. In situ XAFS study of the sulfidation of Co–Mo/B₂O₃/Al₂O₃ hydrodesulfurization catalysts prepared by using citric acid as a chelating agent. Applied Catalysis A: General 373 (2010):214–221
- [19] Christodoulakis, A., Heracleous, E., Lemonidou, A.A.,and Boghosian, S. An operando Raman study of structure and reactivity of alumina-supported molybdenum oxide catalysts for the oxidative dehydrogenation of ethane. Journal of Catalysis 242 (2006):16–25
- [20] Dugulan, A.I., Craj, M.W.J.,and Kearley, G.J. High-pressure in situ Mossbauer emission spectroscopy study of the sulfidation of calcined Co–Mo/Al₂O₃ hydrodesulfurization catalysts. Journal of Catalysis 222 (2004):281–284
- [21] Kim, H.I., Kyung-Ho, P.,and Devabrata, M. Sulfuric acid baking and leaching of spent Co–Mo/Al₂O₃ catalyst. Journal of Hazardous Materials 166 (2009):1540–1544
- [22] Bas, V., Peter, S., Dick, A.v.L., Sonja, E.,and Jacob, A.M. Deactivation of Mo/Al₂O₃ and NiMo/Al₂O₃ catalysts during hydrodesulfurization of thiophene. Applied Catalysis A: General 251 (2003):85–92
- [23] Minghui, H., Yoichi, M., Masaru, O., Shigeo, M.,and Tatsuya, O. Morphology and chemical state of Co–Mo catalysts for growth of single-walled carbon nanotubes vertically aligned on quartz substrates. Journal of Catalysis 225 (2004):230 –239
- [24] Anatoli , A.D., Valentina, I.M.,and Marina, L. Metal oxides in hydrogen sulfide oxidation by oxygen and sulfur dioxide I. The comparison study of the catalytic activity. Mechanism of the interactions between H₂S and SO₂ on some oxides. Applied Catalysis A: General 244 (2003):93–100
- [25] Chun-Liang, C., Ching-Huei, W.,and Hung-Shan, W. Supported transition-metal oxide catalysts for reduction of sulfur dioxide with hydrogen to elemental sulfur. Chemosphere 56 (2004):425–431
- [26] Kuo-Tseng, L.,and Yao-Chun, H. Hydrogenation of sulfur dioxide to hydrogen sulfide over Fe/Al₂O₃ catalysts. Applied Catalysis B : Environmental 40 (2003):13–20

- [27] Yinyong, S. and Roel, P. Mechanistic studies and kinetics of the hydrodesulfurization of dibenzothiophene on Co-MoS₂/Al₂O₃. Journal of Catalysis 267 (2009):193–201
- [28] Kogan, V.M., Gaziev, R.G., Lee, S.W., and Rozhdestvenskaya, N.N. Radioisotopic study of (Co)Mo/Al₂O₃ sulfide catalysts for HDS Part III Poisoning by N-containing compounds. Applied Catalysis A: General 251 (2003):187–198

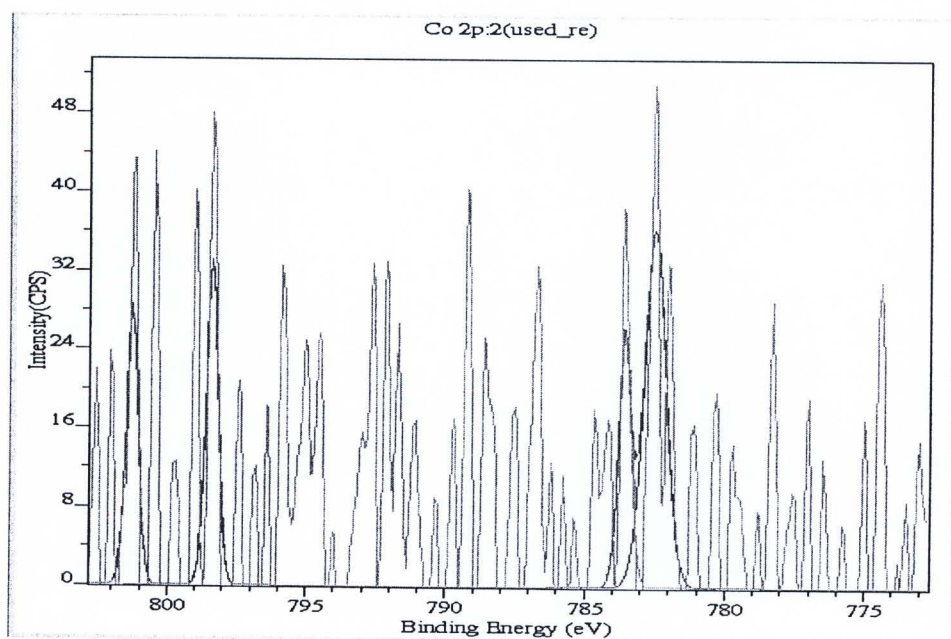
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

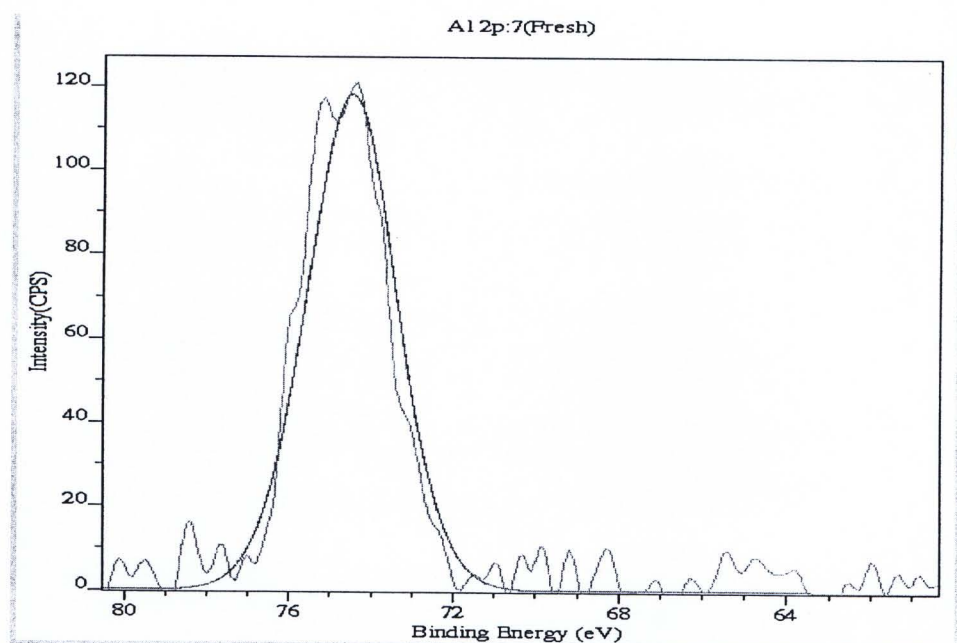
ผลเครื่องเอกซเรย์โฟโตอิเล็กตรอนสเปกโตรสโคปี (XPS) อื่นๆ



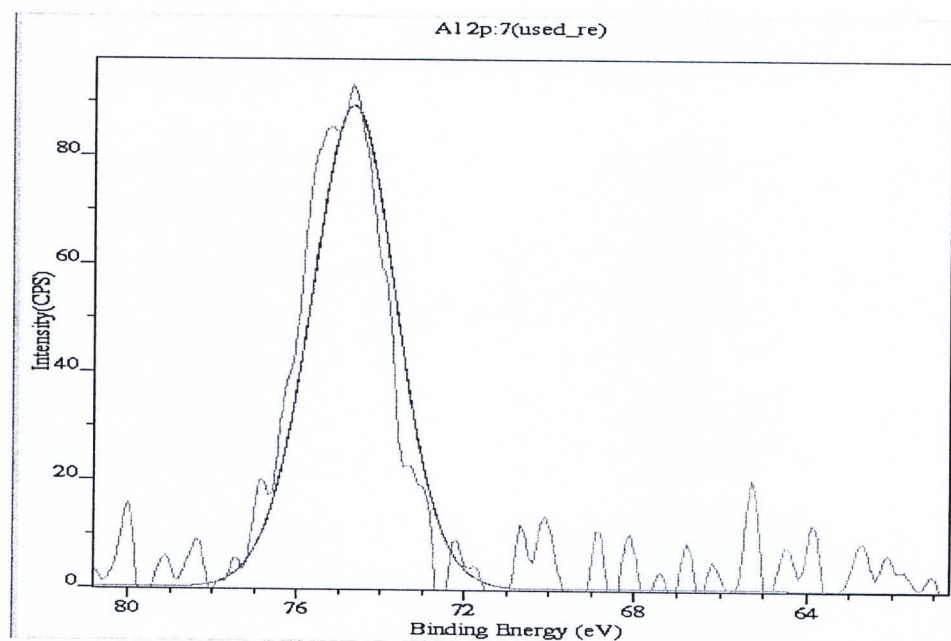
รูปที่ ก.1 ผล XPS ต่อตัวเร่งปฏิกิริยา Co-Mo/Al₂O₃ ที่ยังไม่ได้ใช้งานในช่วงของ Cobalt



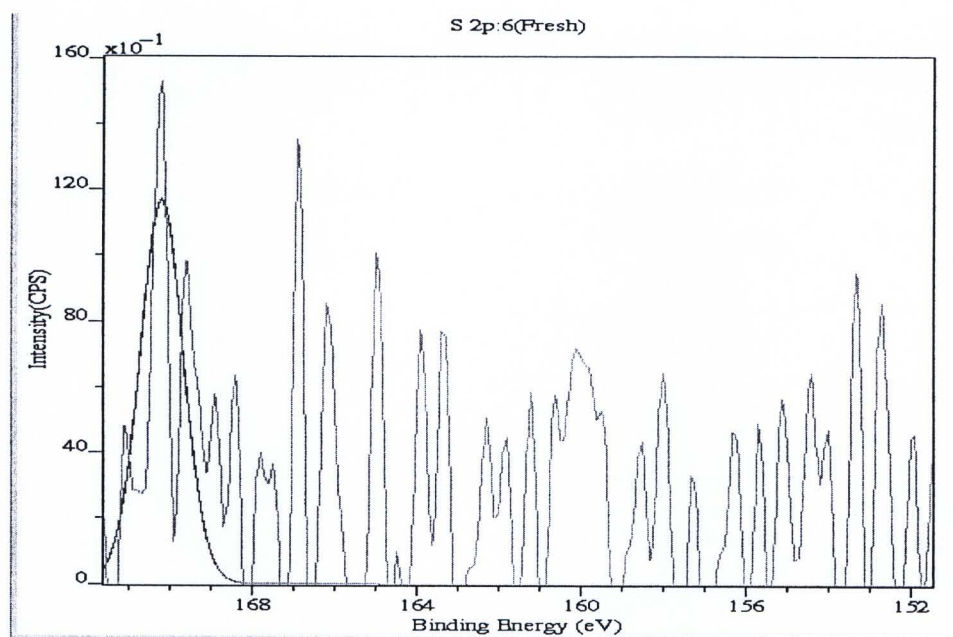
รูปที่ ก.2 ผล XPS ต่อตัวเร่งปฏิกิริยา Co-Mo/Al₂O₃ ที่ใช้งานแล้วในช่วงของ Cobalt



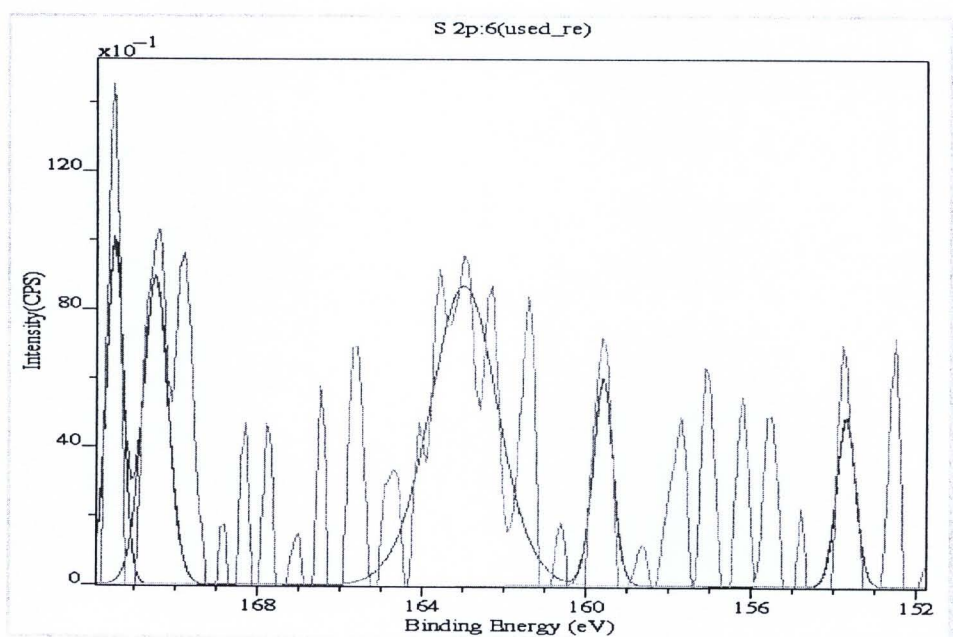
รูปที่ ก.3 ผล XPS ต่อตัวเร่งปฏิกิริยา Co-Mo/ Al_2O_3 ที่ยังไม่ได้ใช้งานในช่วงของ Aluminium



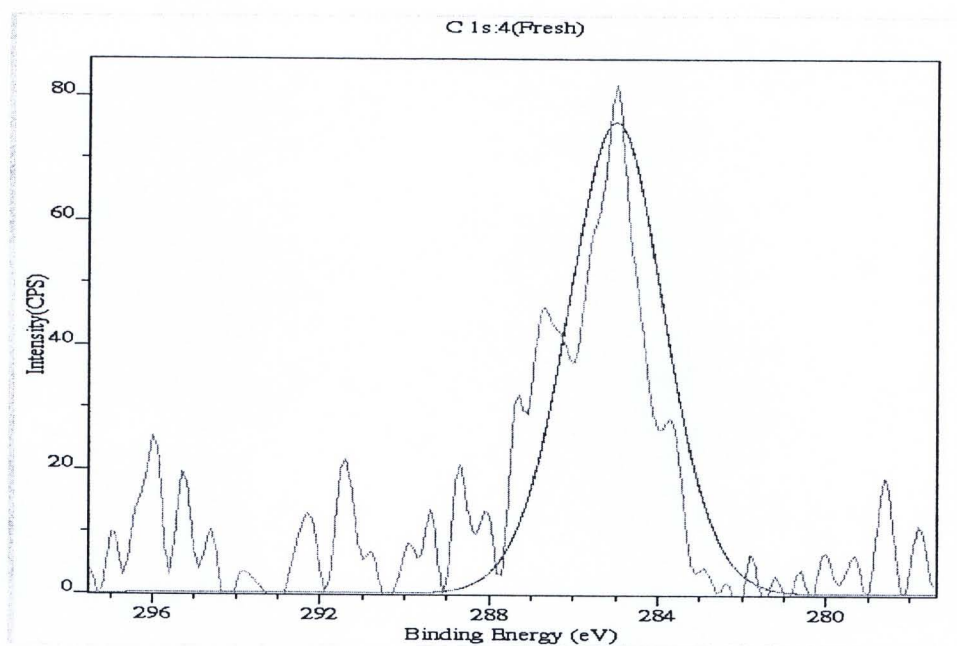
รูปที่ ก.4 ผล XPS ต่อตัวเร่งปฏิกิริยา Co-Mo/ Al_2O_3 ที่ผ่านการใช้งานแล้วในช่วงของ Aluminium



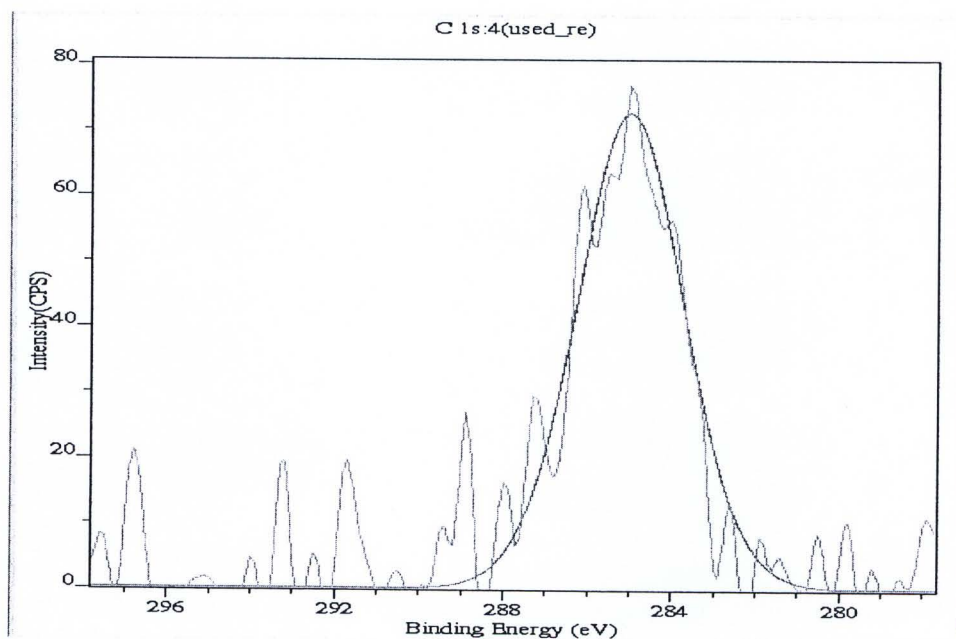
รูปที่ ก.5 ผล XPS ต่อตัวเร่งปฏิกิริยา Co-Mo/Al₂O₃ ที่ยังไม่ได้ใช้งานในช่วงของ Sulfur



รูปที่ ก.6 ผล XPS ต่อตัวเร่งปฏิกิริยา Co-Mo/Al₂O₃ ที่ผ่านการใช้งานแล้วในช่วงของ Sulfur



รูปที่ ก.7 ผล XPS ต่อตัวเร่งปฏิกิริยา Co-Mo/Al₂O₃ ที่ยังไม่ได้ใช้งานในช่วงของ Carbon



รูปที่ ก.8 ผล XPS ต่อตัวเร่งปฏิกิริยา Co-Mo/Al₂O₃ ที่ยังไม่ได้ใช้งานในช่วงของ Carbon

ภาคผนวก ข

การหาคำนวณขนาดของผลึกจากการทดลอง XRD

การหาขนาดของผลึกสามารถคำนวณได้โดยใช้ค่าความกว้างที่จุดกึ่งกลางของค่าสูงสุด
จกกราฟแสดงผลการวิเคราะห์การกระเจิงรังสีเอกซ์ และสมการของ เดอบายน์-เชอเรอร์

จากสมการของเชอเรอร์

$$D = K\lambda / \beta \cos \Theta$$

เมื่อ

D = ขนาดผลึก ($^{\circ}\text{A}$)

K = ค่าคงที่ผลึก = 0.9

λ = ความยาวคลื่นของรังสีเอกซ์ = 1.5418 อังสตรอม สำหรับ $\text{CuK}\alpha$

Θ = ค่ามุม ณ จุดสูงสุดที่อ่านได้

β = ค่าการกระเจิงรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction broadening) (เรเดียน) ซึ่งสามารถหา
ได้จากสูตรของวาวเรน

$$\beta = (B_M^2 - B_S^2)^{1/2}$$

เมื่อ

B_M = ค่าความกว้างของพีคที่ให้ค่าสูงสุดในหน่วยเรเดียน ที่ครึ่งหนึ่งของความสูงมากที่สุด

B_S = ค่าความกว้างของสารมาตรฐาน

ตัวอย่าง : การหาขนาดของผลึก CoMoO_4 ในตัวเร่งปฏิกิริยา $\text{Co-Mo/Al}_2\text{O}_3$ ที่ผ่านการใช้งานแล้ว
จากรูป ข.1

$$B_M = (2\pi \times 1.34)/360$$

$$= 0.023 \text{ เรเดียน}$$

$$B_S = 0.00383 \text{ เรเดียน (แอลฟาอะลูมินาเป็นสารมาตรฐาน)}$$

$$\text{ดังนั้น } \beta = (0.023^2 - 0.00383^2)^{1/2}$$

$$= 0.02306 \text{ เรเดียน}$$

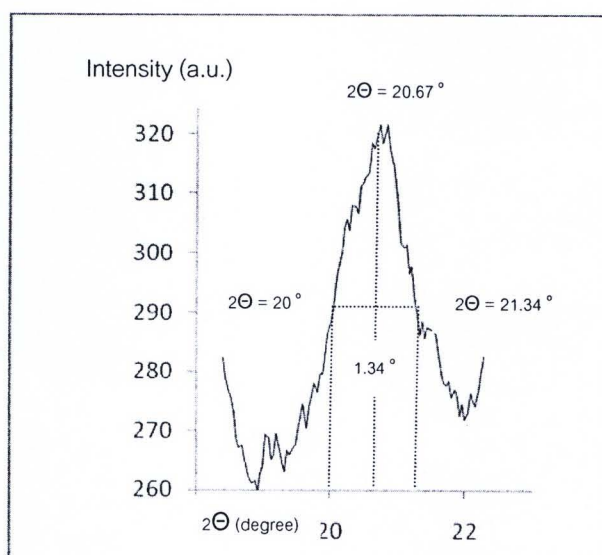
เมื่อ $\beta = 0.02306$ เรเดียน

$$2\theta = 20.67^\circ$$

$$\theta = 10.335^\circ$$

$$\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น ขนาดของผลึก CoMoO}_4 &= (0.9 \times 1.5418) / 0.02306 \times \cos 10.335^\circ = 61.24 \text{ \AA} \\ &= 6.12 \text{ nm} \end{aligned}$$



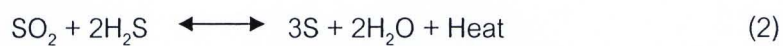
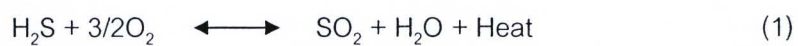
รูปที่ ข.1 กราฟแสดงค่าความกว้างของพีคของ CoMoO₄ ที่ครึ่งหนึ่งของความสูงที่มากที่สุด

ตารางที่ ข.1 ขนาดของผลึกต่างๆในตัวเร่งปฏิกิริยา Co-Mo/Al₂O₃ สมการของเชอเรอร์

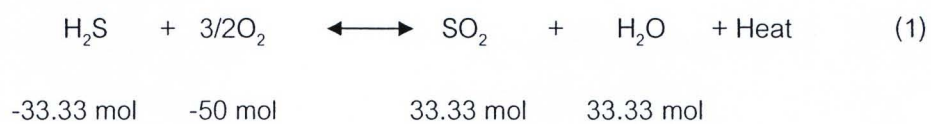
ตำแหน่ง การเกิดพีค	ชนิดของผลึก	ความกว้าง พีค (°)	Bm	BS	ขนาดผลึก (nm)
Used 2θ=20.67°	CoMoO ₄	1.34	0.0234	0.00383	6.12
Used 2θ=37.40°	γ- Al ₂ O ₃	1.4	0.0244	0.00383	6.09
Used 2θ=45.84°	γ- Al ₂ O ₃	1.08	0.0188	0.00383	8.13
Used 2θ=67.28°	γ- Al ₂ O ₃	1.6	0.0279	0.00383	6.01
Fresh 2θ=37.40°	γ- Al ₂ O ₃	2.04	0.0356	0.00383	4.15
Fresh 2θ=45.84°	γ- Al ₂ O ₃	1.8	0.0314	0.00383	4.81
Fresh 2θ=67.28°	γ- Al ₂ O ₃	1.88	0.0328	0.00383	5.10

ภาคผนวก ค

IDEAL CLAUS REACTION

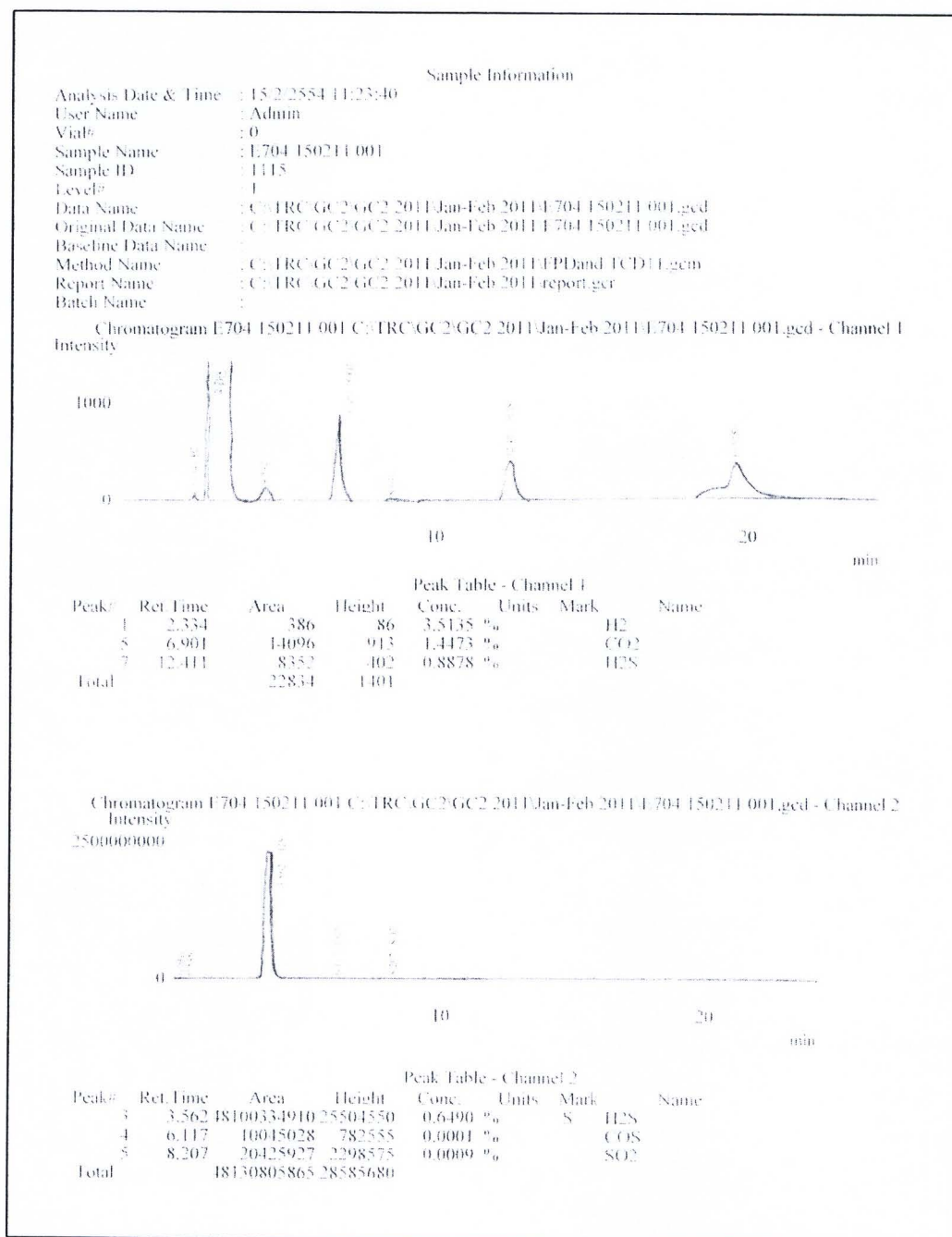
Claus Process EquationIdeal Claus Reaction

Let feed $\text{H}_2\text{S} = 100$ moles

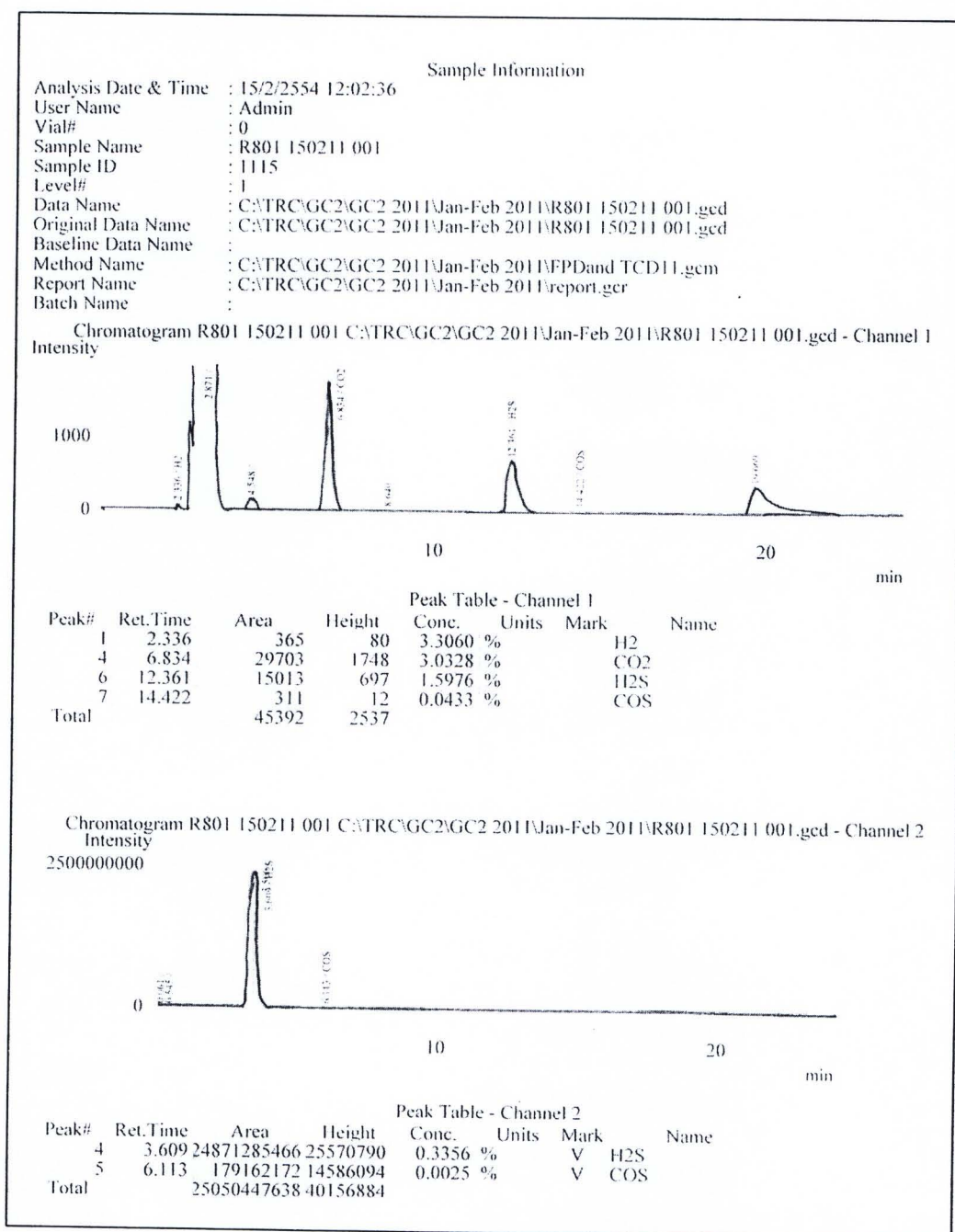


ภาคผนวก ง

CHROMATOGRAM OF ACID GAS IN CLAUS PROCESS



รูปที่ ง.1 ตัวอย่าง Chromatogram ของก๊าซทางเข้าถังปฏิกรณ์



รูปที่ ๖.2 ตัวอย่าง Chromatogram ของก๊าซทางออกถึงปฏิกรณ์

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์



นาย ปรัชญา วารสิทธิ์ เกิดเมื่อวันที่ 24 พฤศจิกายน พ.ศ.2522 ที่จังหวัดอุบลราชธานี จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ โรงเรียนสาริตถะศึกษาสาคร มหาวชิราวุธวิทยาลัยขอนแก่น ในปีพ.ศ.2541และได้รับประกาศนียบัตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปีพ.ศ. 2545

บทความวิจัยเรื่อง “การเสื่อมประสิทธิภาพของตัวเร่งปฏิกิริยาโคบอลต์-โมลิบดีนัม/อะลูมินาในปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชัน” หรือ “Deactivation of Co-Mo/ Al_2O_3 catalyst via hydrogenation” ได้ถูกตีพิมพ์ใน วารสารการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 49 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาวิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ เล่มที่ 6 ปี พ.ศ. 2554 หน้า 369-376

