

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- [1] ดร.ไสว คำนชัยวิจิตร, เอกสารประกอบการสอน วิชา Powder Metallurgy ภาควิชาวิศวกรรมโลหะการคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [2] รศ.บรรเลง ศรีนิล, รศ.สมนึก วัฒนศรียกุล, ตารางคู่มืองานโลหะ (Tabellenbuch Metall), ศูนย์ผลิตตำราเรียน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2549.
- [3] นภิสพร มีมงคล, โหกรรมวัสดุผง (Powder Metallurgy), สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2548; 123 – 124.
- [4] เอกสารสถาบันไทย-เยอรมันเรื่องเทคโนโลยีแม่พิมพ์โลหะ, 2545.
- [5] รศ.วันชัย จันทรวงศ์, ระบบนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2542.
- [6] ลดาวัลย์ ณ น่าน, วทัญญู สุขสูงเนิน, ธวัชชัย ทองรอด, การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมในกระบวนการผลิตโลหะผงทั้งสแตนคาร์ไบด์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2552.

อังกฤษ

- [7] Kieffer, B.F. and Lassner, E. Tungsten Recycling in Today's Environment. Canada : Canadian Agriculture Library, 1994.
- [8] Gerald R. Smith , Materials Flow of Tungsten in the United State. Bureau of mines information circular, 1994
- [9] Erik Lassner and Wolf-Dieter Schubert, Tungsten Properties, Chemistry, Technology, of the Element, Alloy, and Chemical Compounds. Vienna,Austria,1999.
- [10] Jing-Chie Lin; Jainn-Yuan Lin; Sheng-Long Lee, all of Chung-Li, Taiwan, Prov. of China, Process for Recovering Tungsten Carbide form Cemented Tungsten Carbide scraps by selective Electrolysis, US. Patent, 5384016.
- [11] Jing-Chie Lin, Jain-Yuan Lin, Shie-Peir Jou, Selective dissolution of the cobalt binder from Scraps of cemented tungsten carbide in acids containing additives, Hydrometallurgy 43 (1996) 47-61.
- [12] A. E. McHale, "Phase Equilibria Diagrams – Phase Diagrams for Ceramists", Vol. 10, Fig. 8969, The American Ceramic Society, Westerville, Ohio, 1994.
- [13] B.F. Kieffer and E. Lassner. Tungsten recycling in today environment. United State, -1994.
- [14] Clarence D. Vanderpool, Tai K. Kim, Electrolytic Method for Producing Ammonium Paratungstate from Cemented Tungsten Carbide, US Patent, 5,021,133 , 1991
- [15] J.C. Lin, J.Y. And Lee S.L., "Process for Recovering Tungsten Carbide from Cemented Carbide Scraps by Selective Electrolysis", US Patent, 5.384.016, 1995.
- [16] C. Edtmaier, R. Schiesser, C. Meissl, W.D. Schubert, A. Bock, A. Schoen, B.Zeiler. Selective removal of the cobalt binder in WC/Co based hadmetal scraps by acetic acid leaching. Vienna, Austria, 2005.
- [17] M ohammad H. Ghandehari, Salt Lake City, Utah; Mortimer Schussler, Process for recovering metal carbide powder from cemented carbide, US. Patent, 4,234,333, 1980.
- [18] C.M. Fernandes, A.M.R. Senos, Cemented carbide phase diagrams: A review, Int. Journal of Refractory Metals and Hard Materials 29 (2011) 405-418.

- [19] P. Schade, 100 years of doped tungsten wire, *Int. Journal of Refractory Metals and Hard Materials* 28 (2010) 648–660.
- [20] Holleck H. Constitutional aspects in the development of new hard materials; 1983.p. 849-61.
- [21] Guillermet AF. Thermodynamic properties of the Co-W-C system. *MetallTrans* 1989;20A:935-56.
- [22] C. Suryanarayana, Mechanical alloying and milling, *Progress in Materials Science* 46 (2001) 1-184.
- [23] Clarence D. Vanderpool, Tai K. Kim, Electrolytic Method for Producing Ammonium Paratungstate from Cemented Tungsten Carbide, US Patent, 5,021,133 , 1991.
- [24] T.B. Massalski (Ed.), *Binary Alloy Phase Diagrams*, Vol. 1: Alloys, Vol. 2: Phase Diagrams, ASM International, Materials Park, OH 1990, p. 1116.
- [25] Keshavanet.al “Composition cemented carbide” US. Patent 5,593,474.
- [26] T. KOJIMA, T. SHIMIZU, R. SASAI, H. ITOH, Recycling process of WC-Co cermets by hydrothermal Treatment, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8603, Japan 2005.
- [27] Ralf-Peter Herber, Wolf-Dieter Schubert *, Benno Lux, Hardmetals with “rounded” WC grains, *Getreidemarkt* 9, 1060 Vienna, Austria, *International Journal of Refractory Metals & Hard Materials* 24 (2006) 360–364.
- [28] S.F. Moustafa a, ↑, Z. Abdel-Hamid a, Osama G. Baheig a, A. Hussien, Synthesis of WC hard materials using coated powders, *Advanced Powder Technology* xxx (2010) 1–6.
- [29] Zhonglai Yi, Gangqin Shao*, Xinglong Duan, Peng Sun, Xiaoliang Shi, Zhen Xiong and Jingkun Guo, Preparation of WC-Co Powder by Direct Reduction and Carbonization, *China Particuology* Vol. 3, No. 5, 286-288, 2005.
- [30] Huang Ze-Lan b, Liu Gang-b, Yang Gui-Bin, Preparing nano-crystalline rare earth doped WC/Co powder by high energy ball milling, Liu Sha a, *International Journal of Refractory Metals & Hard Materials* 24 (2006) 461–464.

- [31] G. Prabhu, Amitava Chakraborty, Bijoy Sarma, Microwave sinter of tungsten, *Int. Journal of Refractory Metals & Hard Materials* 27 (2009) 545-548.
- [32] Stephen A. Hewitt *, Tahar Laoui, Kevin K. Kibble, Effect of milling temperature on the synthesis and consolidation of nanocomposite WC–10Co powders, *Int. Journal of Refractory Metals & Hard Materials* 27 (2009) 66–73.
- [33] Stephen A. Hewitt *, Kevin A. Kibble, Effects of ball milling time on the synthesis and consolidation of nanostructured WC–Co composites, *Int. Journal of Refractory Metals & Hard Materials* 27 (2009) 937–948.
- [34] Dmytro Demirskyi a,b,*, Andrey Ragulya b,l, Dinesh Agrawal, Initial stage sintering of binderless tungsten carbide powder under microwave radiation, *Ceramics International* 37 (2011) 505–512.
- [35] Kuo-Ming Tsai, Chung-Yu Hsieh, Horng-Hwa Lu, Sintering of binderless tungsten carbide, *Ceramics International* 36 (2010) 689–692.
- [36] Wenbin Liu, Xiaoyan Song, Jiuxing Zhang, Guozhen Zhang, Xuemei Liu, Preparation of ultrafine WC–Co composite powder by in situ reduction and carbonization reactions, *Int. Journal of Refractory Metals & Hard Materials* 27 (2009) 115–120.
- [37] Jianhui Yuan, Yingchun Zhu*, Xuebing Zheng, Heng Ji, Tao Yang, Fabrication and evaluation of atmospheric plasma spraying WC–Co–Cu–MoS₂ composite coatings, *Journal of Alloys and Compounds* 509 (2011) 2576–2581.
- [38] Zhu Baojun *, Qu Xuanhui, Tao Ying, Powder injection molding of WC–8%Co tungsten cemented carbide, *International Journal of Refractory Metals & Hard Materials* 20 (2002) 389-394.
- [39] X.L. Shi □, G.Q. Shao, X.L. Duan, Z. Xiong, H. Yang, Characterizations of WC–10Co nanocomposite powders and subsequently sintered cemented carbide, *Materials Characterization* 57 (2006) 358– 370.

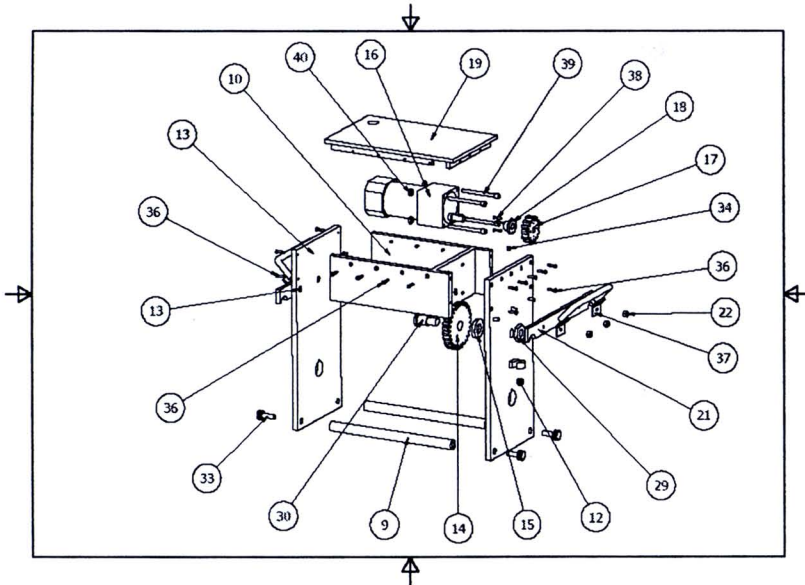
- [40] C.M. Fernandes a, A.M.R. Senos a, M.T. Vieira, Sintering of tungsten carbide particles sputter-deposited with stainless steel, *International Journal of Refractory Metals & Hard Materials* 21 (2003) 147-154.
- [41] Jinfeng Zhao, Troy Holland, Cosan Unuvar 1, Zuhair A. Munir, Sparking plasma sintering of nanometric tungsten carbide, *Int. Journal of Refractory Metals & Hard Materials* 27 (2009) 130–139.
- [42] Gwan-Hyoung Lee, Shinhoo Kang, Sintering of nano-sized WC–Co powders produced by a gas reduction–carburization process, *Journal of Alloys and Compounds* 419 (2006) 281–289.
- [43] B. Ratna Sunil, D. Sivaprahasam, R. Subasri, Microwave sintering of nanocrystalline WC–12Co: Challenges and perspectives, *Int. Journal of Refractory Metals & Hard Materials* 28 (2010) 180–186.
- [44] D.L. Coats, A.D. Krawitz, Effect of particle size on thermal residual stress in WC/Co composite, *Materials and Engineering A359* (2003) 338/34.
- [45] A.K. Nanda Kumar a,*, M. Watabe b, K. Kurokawa, The sintering kinetics of ultrafine tungsten carbide powders, *Ceramics International* 37 (2011) 2643–2654.
- [46] Sankaran Venkateswaran, Wolf-Dieter Schubert & Benno Lux, W-Scrap Recycling by the Melt Bath Technique, *Int. J. of RefractmMy etals & Hard Materials* 14 (1996) 263-270.
- [47] Jae-chun Lee a, Eun-young Kim a, Ji-Hye Kim a, Wonbaek Kim a, Byung-Soo Kim a, Banshi D. Pandey, Recycling of WC–Co hardmetal sludge by a new hydrometallurgical route, *Recycling of WC–Co hardmetal sludge by a new hydrometallurgical route*.
- [48] Zhengui Yao, Jacob J. Stiglich and T. S. Sudarshan Materials Modification, Inc. “Nano-grained Tungsten Carbide-Cobalt (WC/Co).
- [49] Guillermet AF. Thermodynamic properties of the Co-W-C system. *Metall Trans*1989; 20A:935-56.
- [50] Zhuzhou cemented carbide group copp.ltd.
- [51] <http://www.alldyne.com/catalog/TungstenCarbidePowder.asp>
- [52] http://guru.sanook.com/search/knowledge_search.php?qID3084#สารานุกรมไทย เล่มที่ 28.
- [53] <http://www.kitiwatana.com/th/>

- [54] มานพ ตันตระบัณฑิตย์, วัสดุวิศวกรรม (ฉบับปรับปรุง).กรุงเทพฯ, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น), 2545.
- [55] <http://www.siaminstrument.com/>
- [56] www.advancematerial.us
- [57] <http://www.thaiceramicsociety.com/>
- [58] www.fritsch.de
- [59] <http://sbheater.com/finned.asp>
- [60] <http://endecotts.com>
- [61] http://www.durmat.com/Produktlisten/Productlist_english.pdf
- [62] บริษัท All Allegheny Technologies, Inc
- [63] <http://www.carbideinsert.net/2010/06/04/carbide-inserts-2/>
- [64] Inframat advanced material LLC
- [65] <http://mrcarbide.en.alibaba.com/>
- [66] <http://www.viboon.org/>
- [67] <http://www.mrcarbide.en.alibaba.com/>
- [68] Catalogue MITSUBISHI CARBIDE CO, LTD
- [69] Catalogue SANDVIK THAILAND CO., LTD
- [70] http://guru.sanook.com/search/knowledge_search.php?select.
- [71] [<http://www.kmitl.ac.th/~kssutha/>]

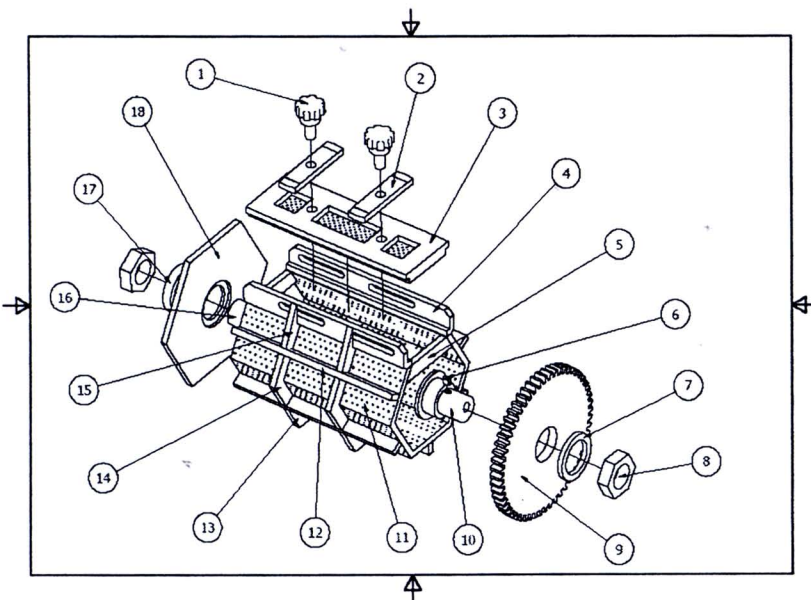


ภาคผนวก ก

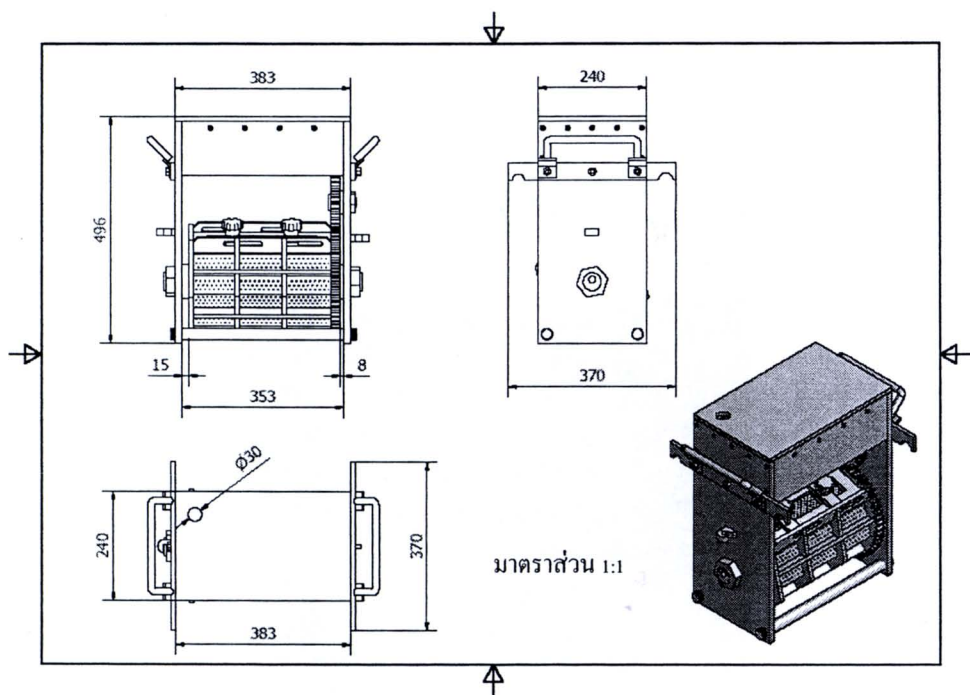
แบบชิ้นส่วนเครื่องแยกสลายเศษชีเมนต์คาร์ไบด์



รูปที่ ก.1 แสดงชิ้นส่วนเครื่องแยกสลายเศษโลหะซีเมนต์คาร์ไบด์



รูปที่ ก.2 แสดงส่วนประกอบถังบรรจุหินงาน (Barrel) พร้อมเฟืองและแผ่นประกอบท้าย Barrel

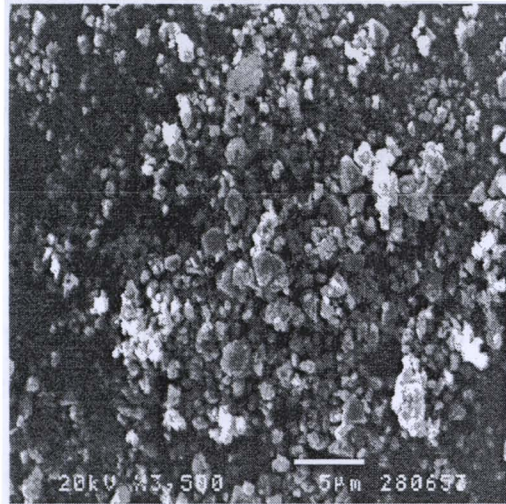


รูปที่ ก.3 ชุดเครื่องแยกสลายเศษโลหะซีเมนต์คาร์ไบด์

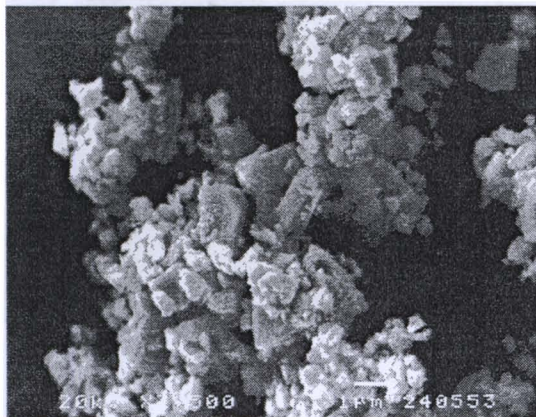
ภาคผนวก ข

ผลการตรวจวิเคราะห์สมบัติโลหะพองทั้งสแตนเลสคาร์ไบด์

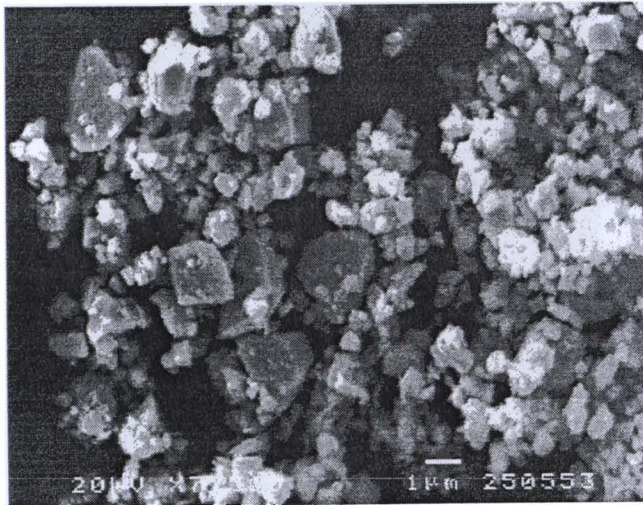
1. ผลการทดสอบโลหะพองทั้งสแตนเลสคาร์ไบด์ด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscope (SEM)



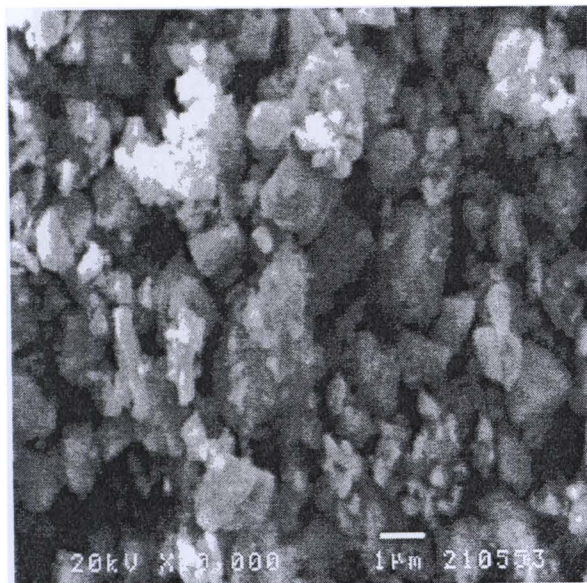
รูปที่ ข.1 โลหะพองหลังการแยกสลาย กำลังขยาย 3,500 เท่า แยกสลายด้วยปัจจัยแรงดันไฟฟ้า 1.0 V อุณหภูมิ 50 °C สารละลาย HCl ความเข้มข้น 5 N



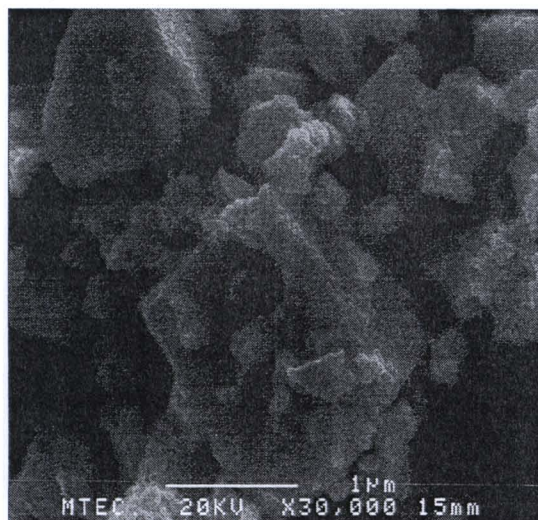
รูปที่ ข.2 โลหะพองหลังการแยกสลาย กำลังขยาย 7,500 เท่า แยกสลายด้วยปัจจัยแรงดันไฟฟ้า 0.2 V อุณหภูมิ 30 °C สารละลาย HCl ความเข้มข้น 3 N



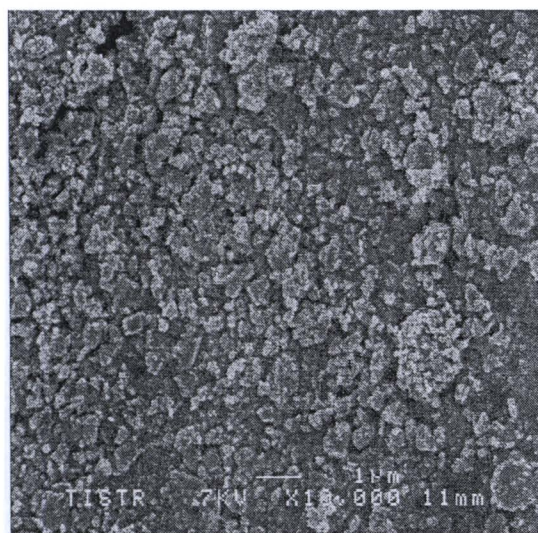
รูปที่ ข.3 โลหะผงหลังการแยกสลาย กำลังขยาย 7,500 เท่า แยกสลายด้วยปัจจัยแรงดันไฟฟ้า 1.0 V อุณหภูมิ 50 °C สารละลาย HCl ความเข้มข้น 3 N



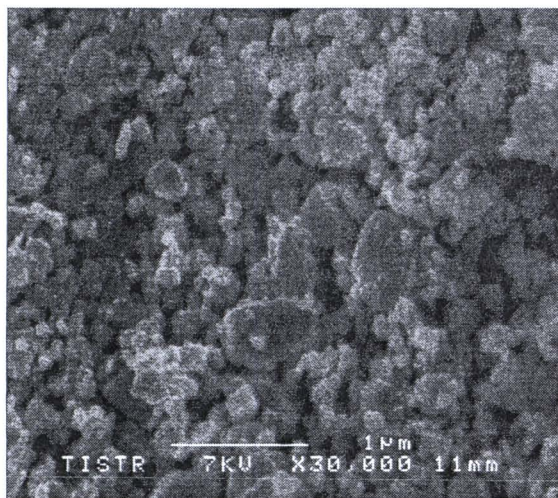
รูปที่ ข.4 โลหะผงหลังการแยกสลาย กำลังขยาย 10,000 เท่า แยกสลายด้วยปัจจัยแรงดันไฟฟ้า 1.2 V อุณหภูมิ 30 °C สารละลาย HCl ความเข้มข้น 1 N



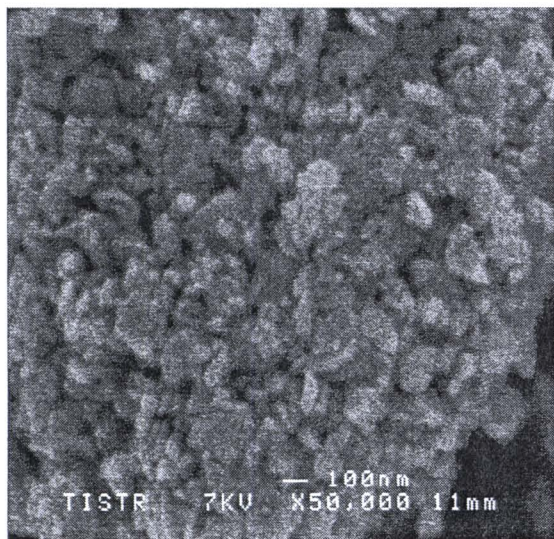
รูปที่ ข.5 โลหะผงหลังการแยกสลาย กำลังขยาย 10,000 เท่า แยกสลายด้วยปัจจัยแรงดันไฟฟ้า 1.0 V อุณหภูมิ 70 °C สารละลาย HCl ความเข้มข้น 7 N



รูปที่ ข.6 โลหะผงหลังการบด 12 ชั่วโมง กำลังขยาย 10,000 เท่า แยกสลายด้วยปัจจัยแรงดันไฟฟ้า 1.0 V อุณหภูมิ 50 °C สารละลาย HCl ความเข้มข้น 1 N

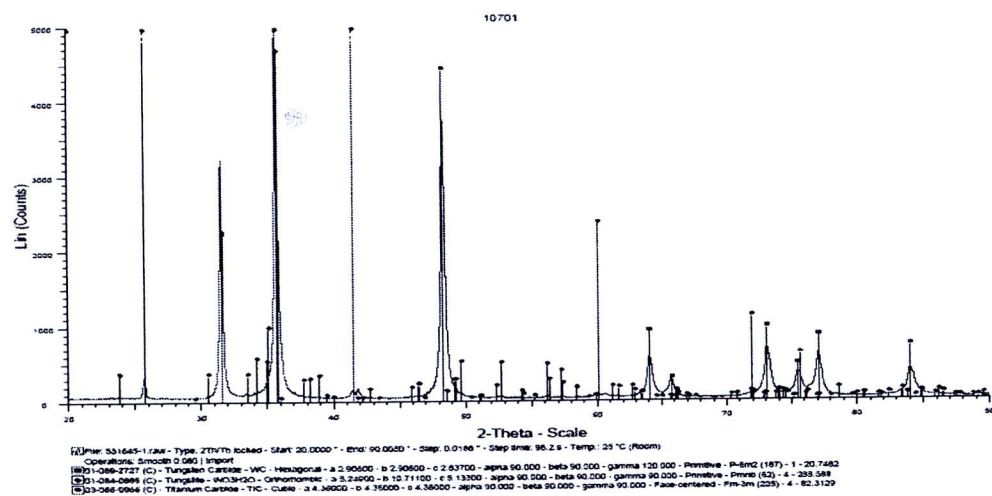


รูปที่ ข.7 โลหะพวงหลังการบด 12 ชั่วโมง กำลังขยาย 30,000 เท่า แยกสลายด้วยปัจจัย
แรงดันไฟฟ้า 1.0 V อุณหภูมิ 50 °C สารละลาย HCl ความเข้มข้น 1 N

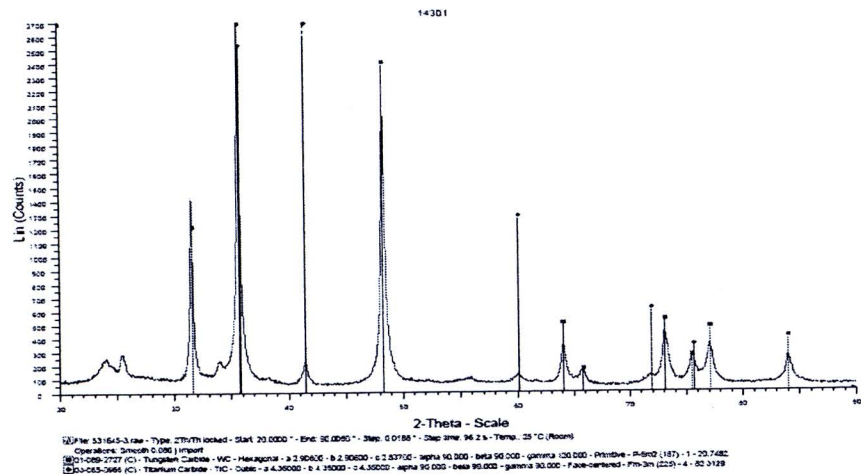


รูปที่ ข.8 โลหะพวงหลังการบด 24 ชั่วโมง กำลังขยาย 30,000 เท่า แยกสลายด้วยปัจจัย
แรงดันไฟฟ้า 1.0 V อุณหภูมิ 50 °C สารละลาย HCl ความเข้มข้น 1 N

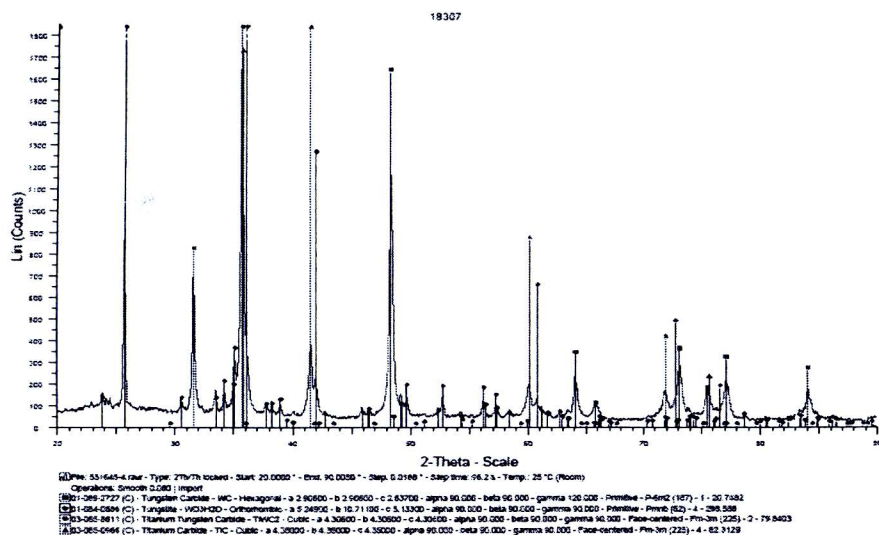
2. ผลการทดสอบโลหะทั้งสแตนคาร์ไบด์ด้วยเทคนิค X-Ray Diffract meter (XRD)



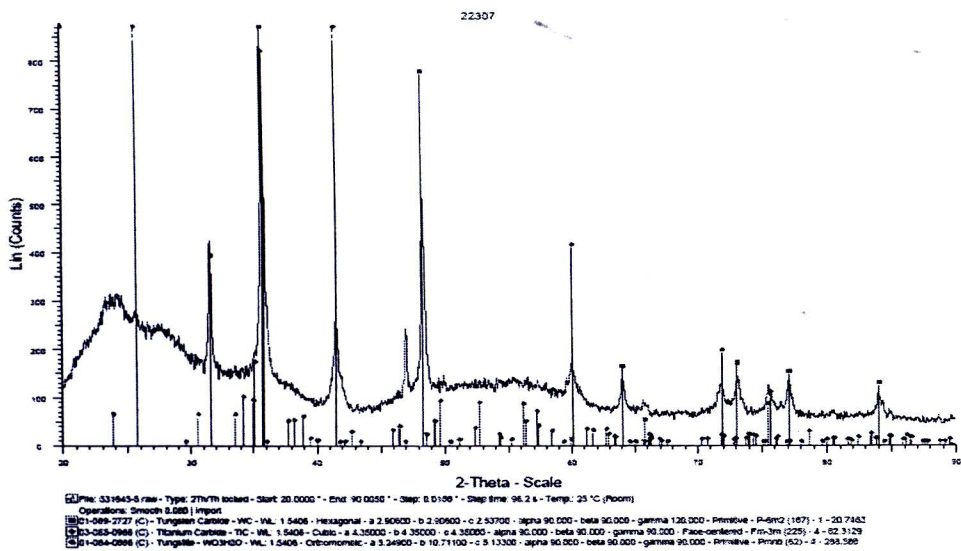
รูปที่ ข.9 ผลการตรวจสอบผงโลหะด้วย X-ray Diffractometer (XRD) ที่แรงดัน 1.0 โวลต์
อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 7 N



รูปที่ ข.10 ผลการตรวจสอบผงโลหะด้วย X-ray Diffractometer (XRD) ที่แรงดัน 1.4 โวลต์
อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 N

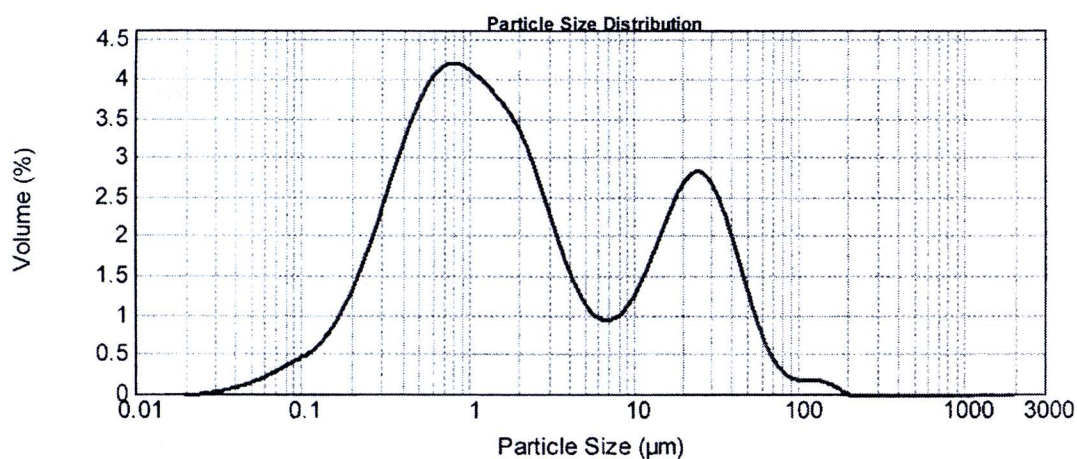


รูปที่ ข.11 ผลการตรวจสอบผงโลหะด้วย X-ray Diffractometer (XRD) ที่แรงดัน 1.8 โวลต์
อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 7 N

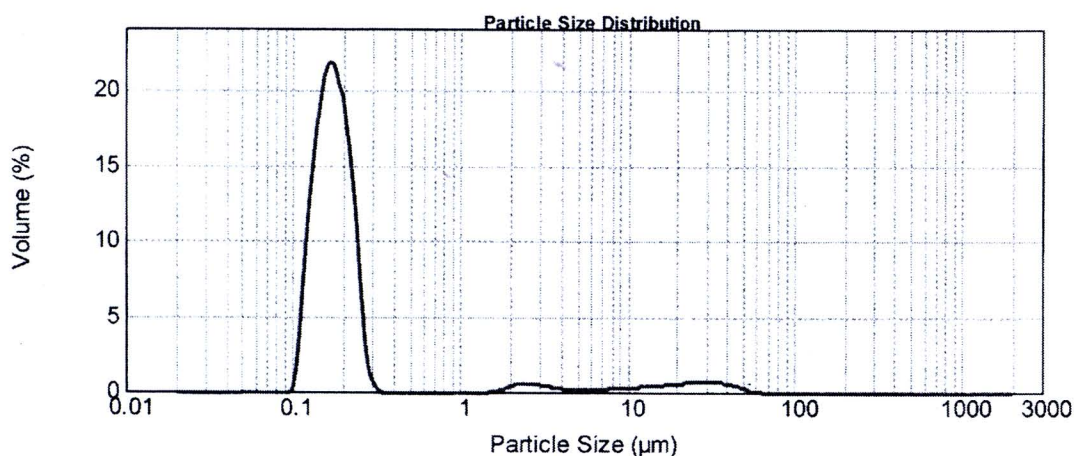


รูปที่ ข.12 ผลการตรวจสอบผงโลหะด้วย X-ray Diffractometer (XRD) ที่แรงดัน 2.2 โวลต์
อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 7 N

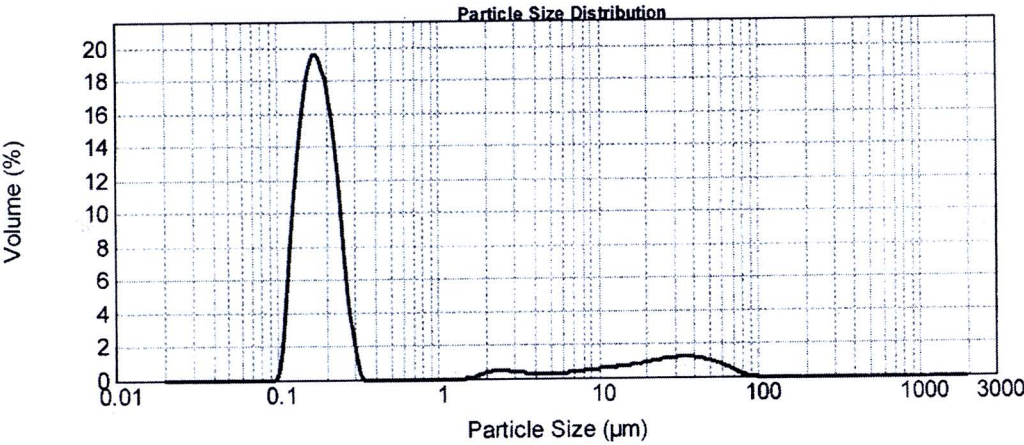
3. ผลการตรวจสอบขนาดและการกระจายตัวของโลหะผงทั้งสแตนคาร์ไบด์



รูปที่ ข.13 ผลการทดสอบขนาดและการกระจายตัวของโลหะผงที่ แรงดัน 1.2 โวลต์ อุณหภูมิ 30 °C กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 N



รูปที่ ข.14 ผลการตรวจสอบขนาดและการกระจายตัวของโลหะผงที่แรงดัน 0.4 โวลต์ อุณหภูมิ 30 °C กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 N (โลหะผงหลังบด)

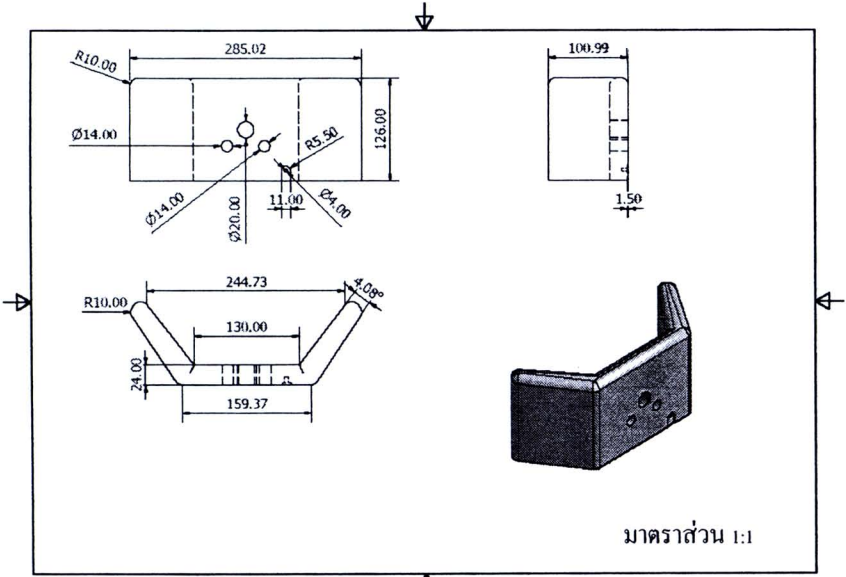


รูปที่ ข.15 แสดงผลการตรวจสอบขนาดและการกระจายตัวของโลหะผงที่ แรงดัน 1.2 โวลต์
อุณหภูมิ 30 °C กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 (โลหะผงหลังบด)

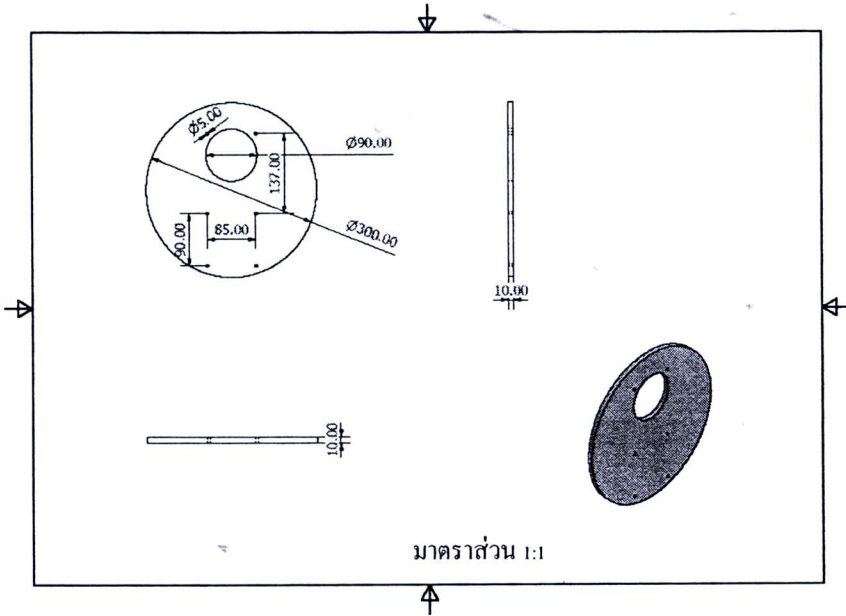


ภาคผนวก ก

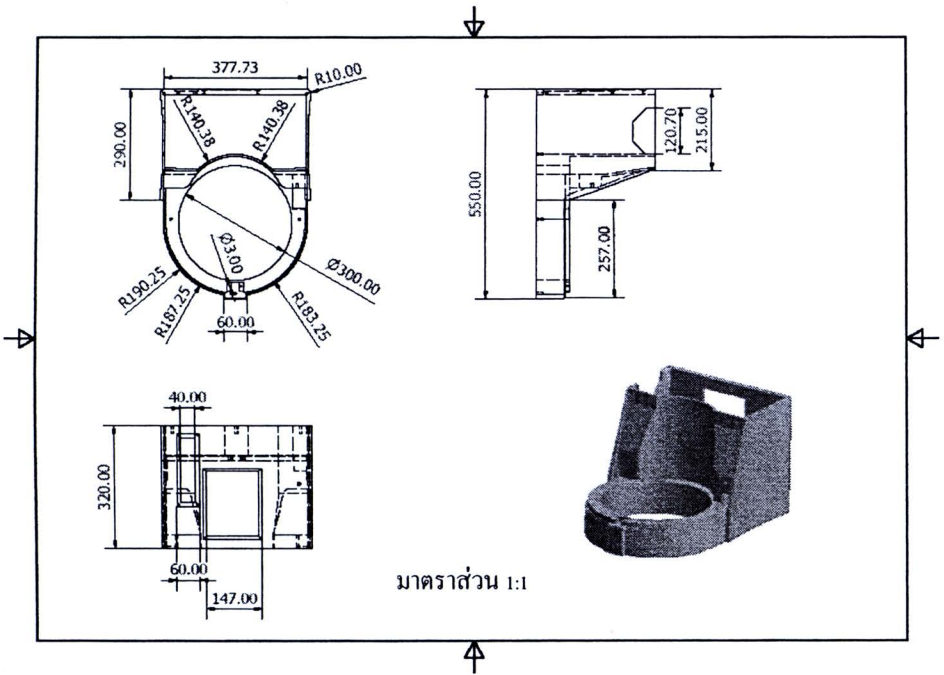
การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องบดโลหะผงทั้งสแตนเลสคาร์ไบด์



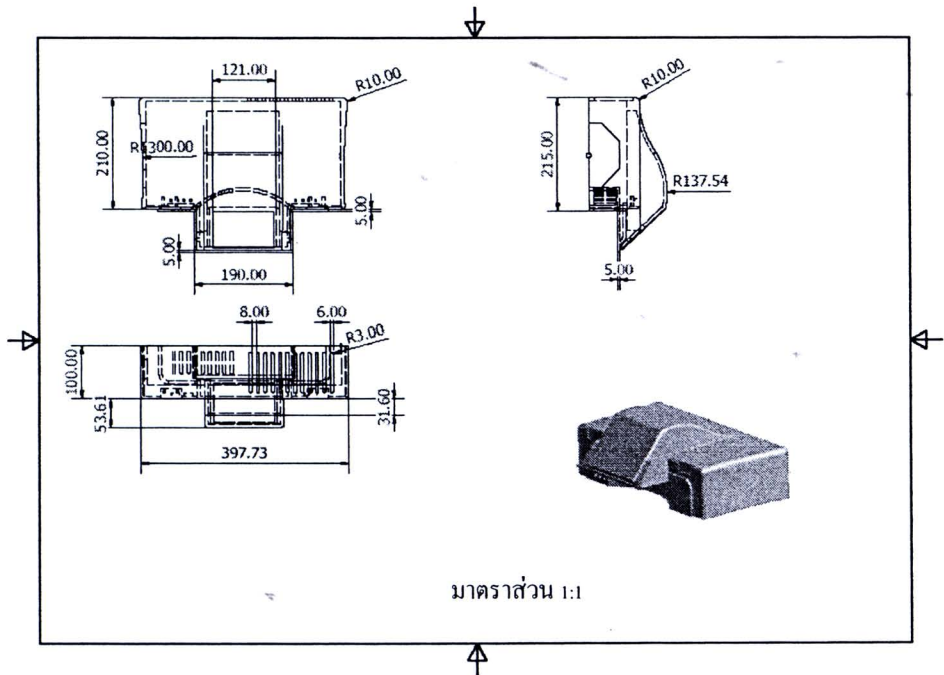
รูปที่ ก.1 คีมถ่วงปรับสมดุลน้ำหนัก (Compensation mass)



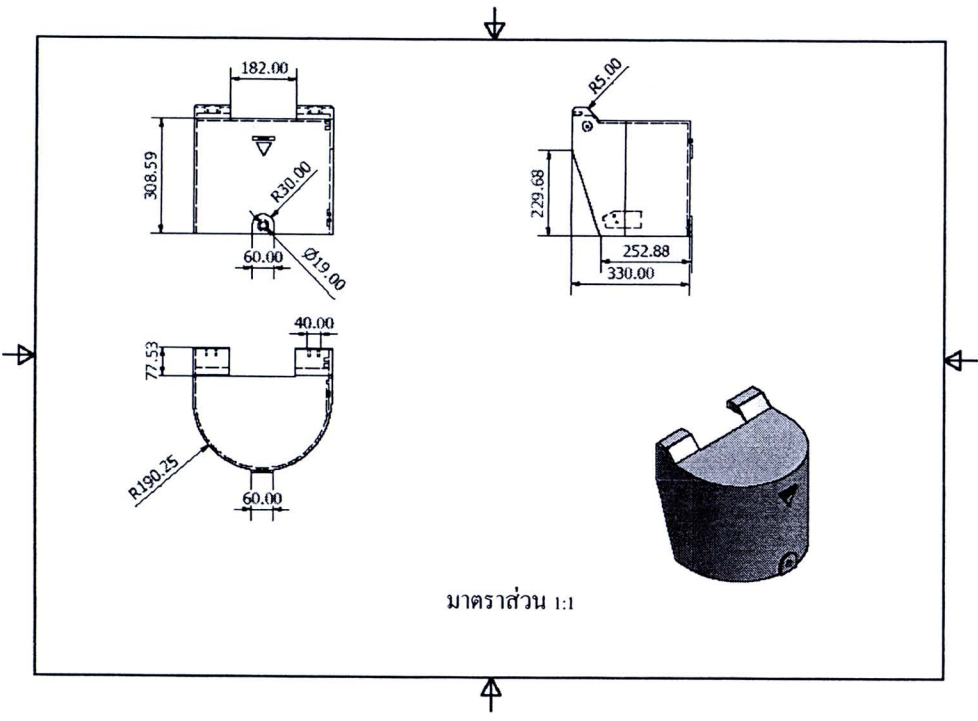
รูปที่ ก.2 จานหมุนหลัก (Cover plate)



รูปที่ ค.3 โครงเครื่องบดโลหะผงทั้งสแตนคาร์ไบด์



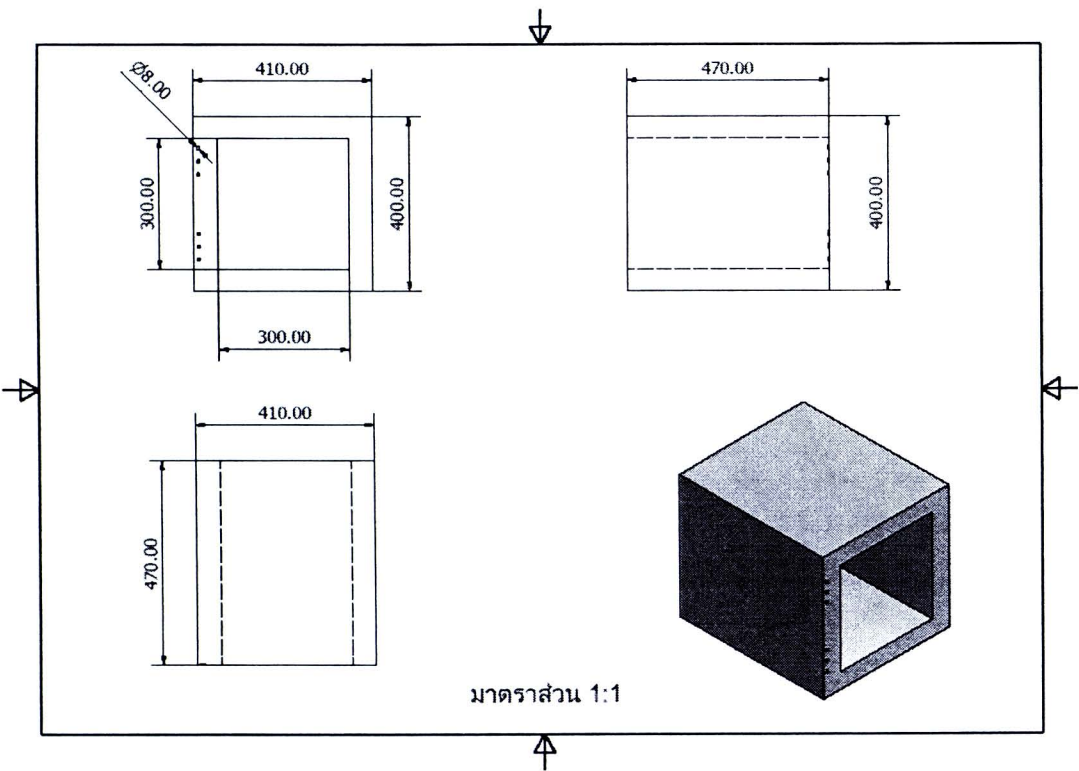
รูปที่ ค.4 รูปชิ้นส่วนฝาครอบด้านบนบนเครื่องบด



รูปที่ ค.5 รูปชิ้นส่วนฝาครอบด้านหน้าเครื่องบด

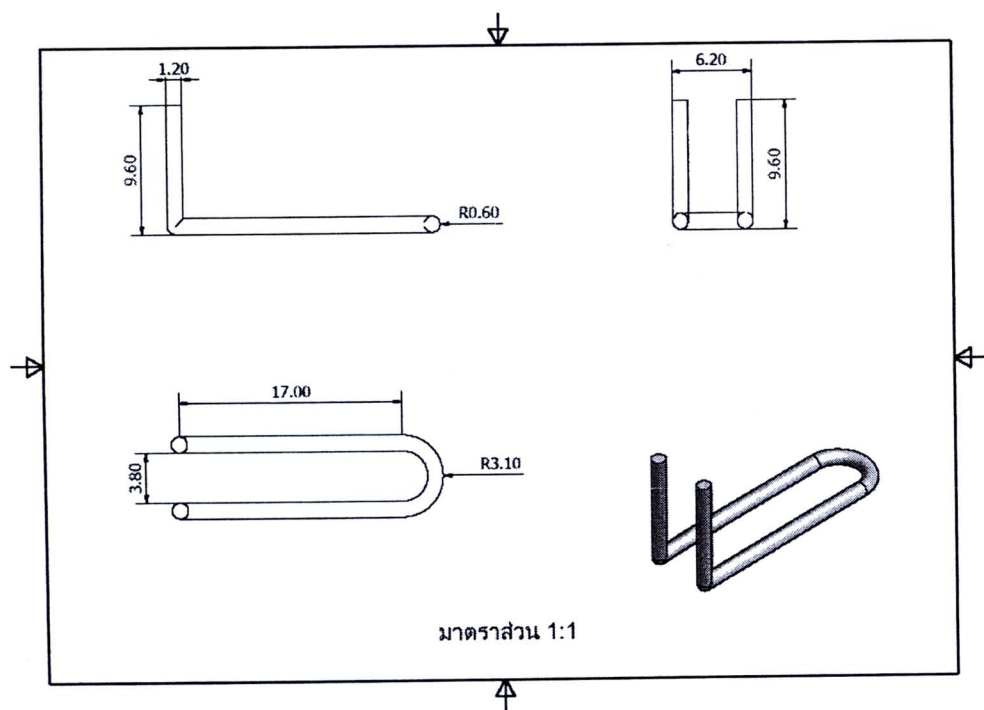
ภาคผนวก ง

การออกแบบส่วนประกอบเตาอบระบบควบคุมการเกิดออกไซด์

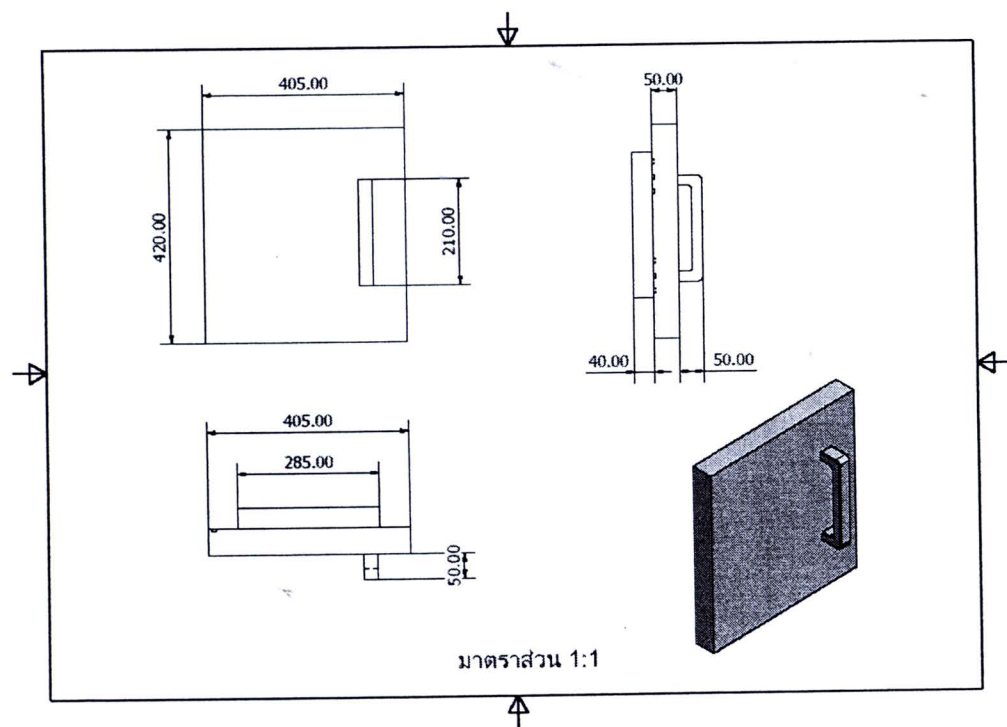


รูปที่ ง.1 โครงเตาอบระบบควบคุมการเกิดออกไซด์

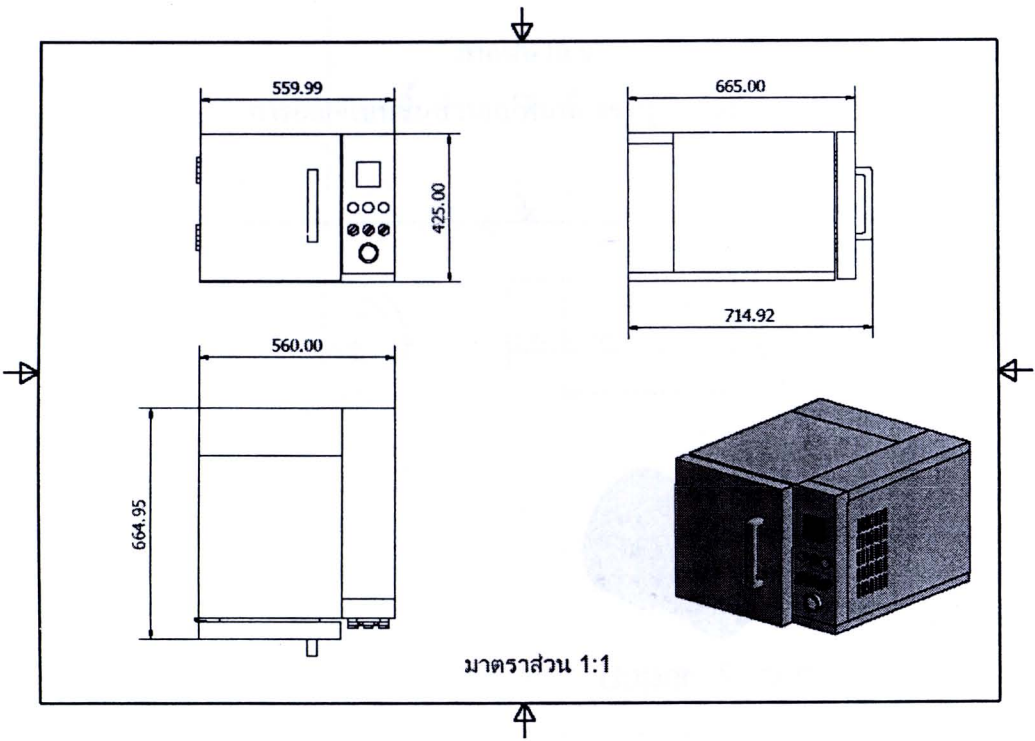




รูปที่ ๒.๒ แสดงฮีตเตอร์สำหรับให้ความร้อนอุณหภูมิไม่เกินกว่า 250 °C



รูปที่ ๒.๓ ประตูเคาบ

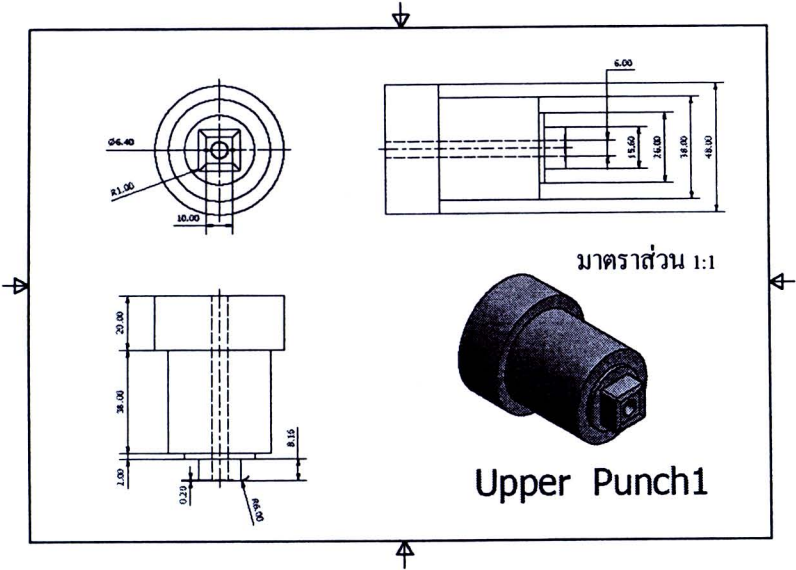


รูปที่ ง.4 โครงเตาอบหลังประกอบแล้ว

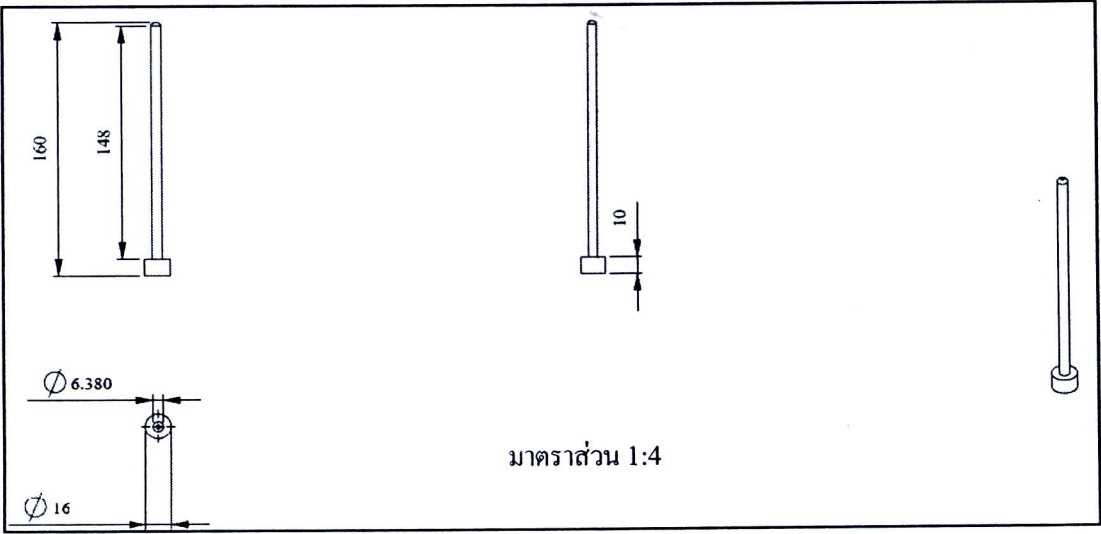


ภาคผนวก จ

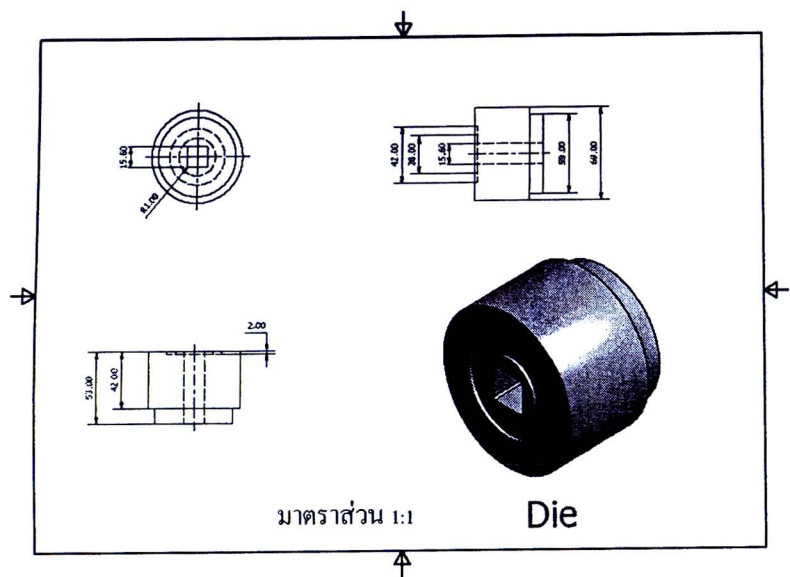
การออกแบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปแผ่นมีดตัด



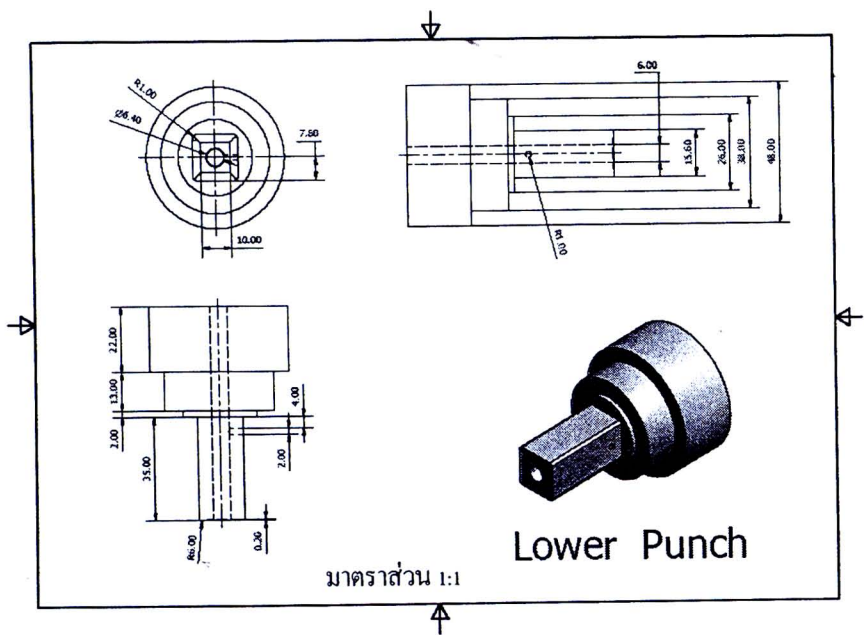
รูปที่ จ.1 การออกแบบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ Upper punch



รูปที่ จ.2 การออกแบบชิ้นส่วน Core pin



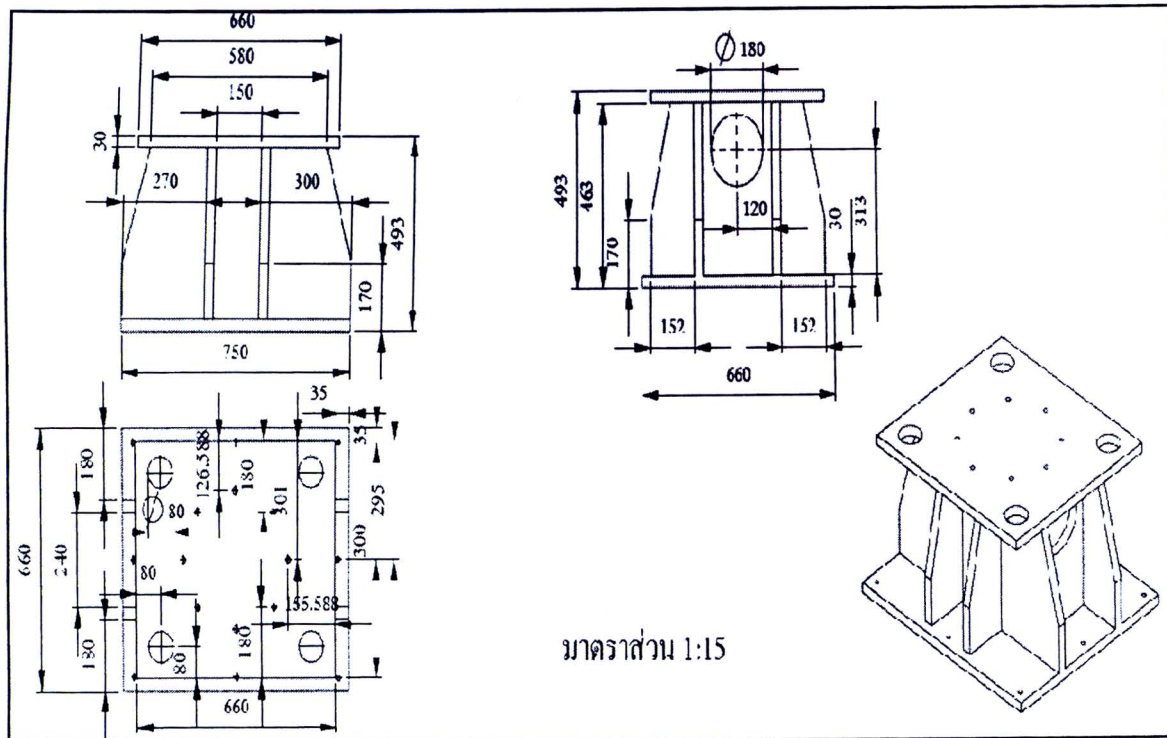
รูปที่ จ.3 การออกแบบชิ้นส่วน Die



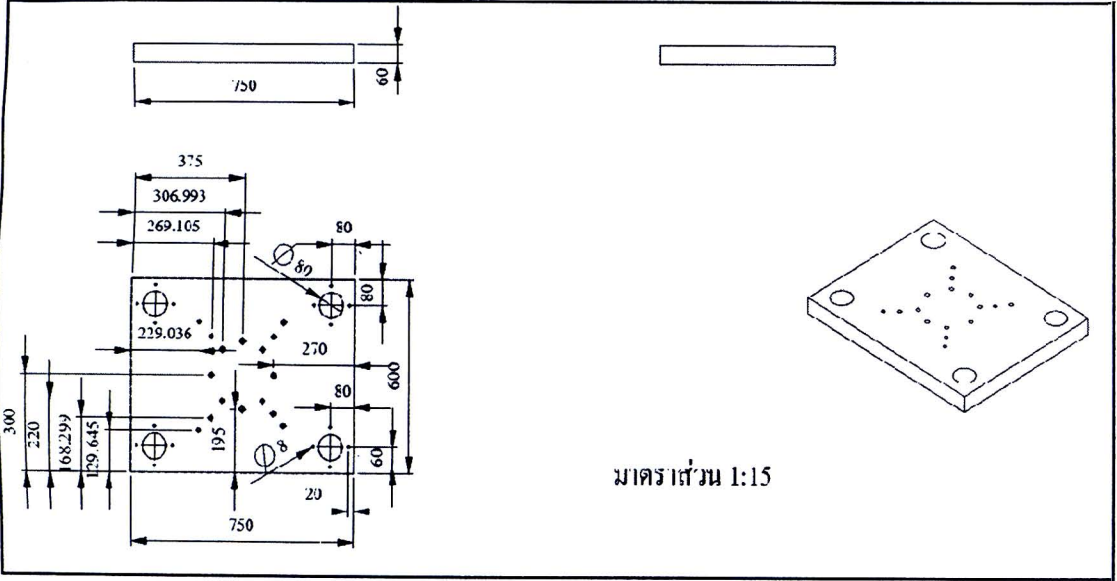
รูปที่ จ.3 การออกแบบชิ้นส่วน Lower punch

ภาคผนวก ฉ

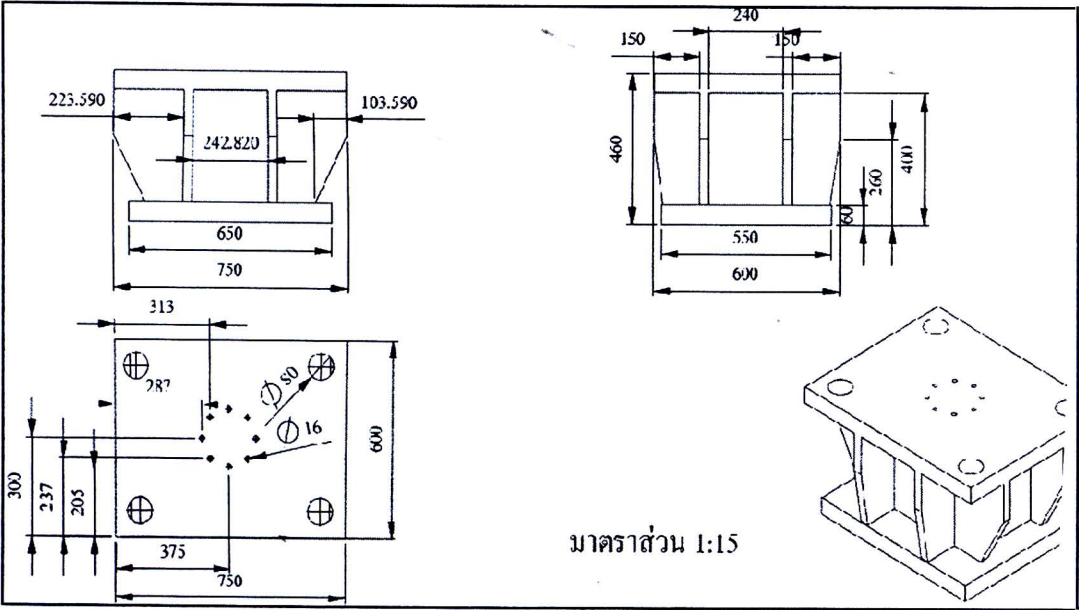
การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องอัดระบบไฮดรอลิกส์



รูปที่ ฉ. 1 การออกแบบชิ้นส่วน Base plate



รูปที่ จ. 2 การออกแบบชิ้นส่วน Slide plate



รูปที่ จ.3 การออกแบบชิ้นส่วน Slide plate



