

## รายการอ้างอิง

1. Denny. A. Jones. Principle and Prevention of Corrosion. Macmillan Publishing Company, a division of Macmillan, New York: 1992.
2. H.S. Isaacs, B. Vyas and M.W. Kending, "The stress corrosion cracking of sensitized stainless steel in thiosulfate solutions". Corrosion-NACE. 38 (1982) : 130-136.
3. Ph. Berge and J. R. Donati. Nuclear Technology. 38 (1982) : 47
4. Sedriks, A. John. Corrosion of Stainless Steels. 2<sup>nd</sup> ed. New York: John Wiley & Sons, 1996.
5. O. Wachter, and G. Brummer, "Experiences with austenitic steels in boiling water reactors." Nuclear Engineering and Design. 168 (1997) : 35-52.
6. T. Watanabe, "An approach to grain boundary design for strong and ductile polycrystals." Res. Mech. 11 (1984) : 47-84.
7. Adam, J. Schwartz. and Wayne, E. King, "The potential engineering of grain boundaries though thermomechanical processing." Journal of Material (February 1998) : 50-55.
8. Piyaporn Sinsrok, Effects of Recrystallization and Grain Growth on the Formation of Annealing Twin in the 304 Stainless Steel. Master's Degree of Science in Nuclear Technology Department of Nuclear Technology Faculty of Engineering Chulalongkron University, 1999.
9. O.V. Mishin, V.Y. Gertsman, I.V. Alexandrov and R.Z. Valiev. "Grain boundary character distributions and mechanical properties of 304 stainless steel." Materials Science and Engineering A. 212 (1996) : 281-283.
10. T. Laitinen, "Localized corrosion of stainless steel in chloride, sulfate and thiosulfate containing environments." Corrosion Science 42 (2000) : 421-441.

## รายการอ้างอิง (ต่อ)

11. Kullawat Talerngsuk, Determination of Intergranular Stress Corrosion Cracking Susceptibility of 304 Stainless Steels Using Slow Strain Rate Tensile Testing and Doppler Broadened Positron Annihilation Spectroscopy. Master's Degree of Science in Nuclear Technology Department of Nuclear Technology Faculty of Engineering Chulalongkorn University, 1998.
12. D.B. Wells, J. Stewart, A.W. Herbert, P.M. Scott and D.E. Williams, "The use of Percolation theory to predict the probability of failure of sensitized, austenitic stainless steels by intergranular stress corrosion cracking." Corrosion 45, 8 (1989) : 649-660.
13. C. Strawstrom and M. Hillert, "An improved depleted-zone theory of intergranular corrosion of 18-8 stainless steel." J. Iron Steel Inst. 207 (1969) : 77-85.
14. Thorvaldsson, T. and Salwan, A. Scripta Metallurgica. 18 (1984) : 739.
15. M. G. Fontana, Corrosion Engineering. 3<sup>rd</sup> ed., New York McGraw-Hill, 1986 : 78.
16. R. C. Newman and D. D. Sieradzki, Corrosion Science. (in press)
17. Speidal, M. O. Metallurgical Transactions A. 12A (1981) : 779.
18. N. J. Laycock, "Effects of temperature and thiosulfate on chloride pitting of austenitic stainless steels." Corrosion (June 1999) : 590-595.
19. C. Duret-Thual, D. Costa, W. P. Yang and P. Marcus, Corrosion Science. 39 (1997) : 913.
20. R. C. Newman, H. S. Isaacs, B. Alman, Corrosion 38 (1982) : 261.
21. A. E. Thomas, A. Kolics and A. Wieckowski, J. Electrochem. Soc. 144 (1997) : 586.

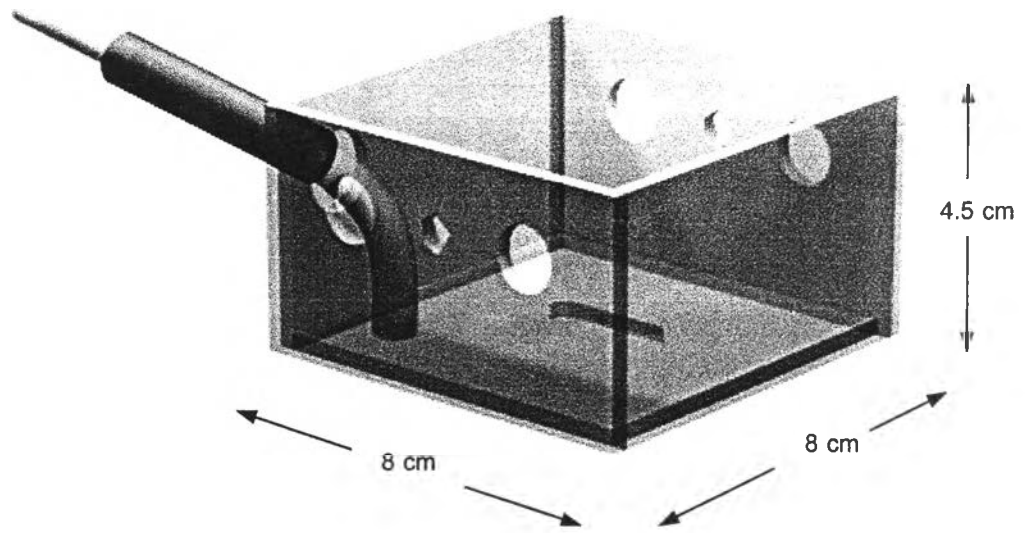
## รายการอ้างอิง (ต่อ)

22. E. A. Trillo, R. Beltran, J. G. Maldonado, R. J. Romero, L. E. Murr, W. W. Fisher and A. H. Advani, "Combined effect of deformation (strain and strain state), grain size and carbon content on carbide precipitation and corrosion sensitization in 304 stainless steel." Materials Characterization. 35 (1995) : 99-112.
23. J. J. Heger and J. L. Halmlton, Corrosion. 11 (1995) : 22.
24. ผศ.ดร.วิศิษฐ ทวีปรั้งชีพ, "การใช้เทคนิคด้านวิศวกรรมขอบเกรนปรับปรุงคุณสมบัติบริเวณขอบเกรนของเหล็กกล้าไร้สนิม 304" การสัมมนา "เมธีวิจัย สกว. ครั้งที่ 4" (2540).
25. V. Randle. "Mechanism of twinning-induced grain boundary engineering in low stacking-fault energy materials." Acta Mater. 47, Nos 15 (1999) : 4187-4196.
26. G. Palumbo, International Patent Application. No. PCT\CA93\00556.
27. V. Randle, P. Davies and H. Davies, work in progress.
28. G. S. Was, V. Thaveeprungsriporn and D. C. Crawford, JOM (February,1994) : 44.
29. W. E. King and A. J. Schwartz, Scripta Mater. 38 (1998) : 449.
30. V. Randle, P. Davies and B. Hulm, Phil. Mag. 79A (1999) : 305.
31. V. Thaveeprungsriporn, P. Sinsork and D. Thong-Aram. "Effect of iterative strain annealing on grain boundary network of 304 stainless steel." 1999.
32. V. Randle and O. Engler, Introduction to Texture Analysis Macrotexture, Microtexture and Orientation Mapping. Netherlands : Gordon and Breach Science Publishes, 2000.
33. M. Caul, J. Fiedler and V. Randle, "Grain boundary plane crystallography and energy in austenitic steel." Scripta Metallurgica et Materialia Vol. (1996) : 831-836.

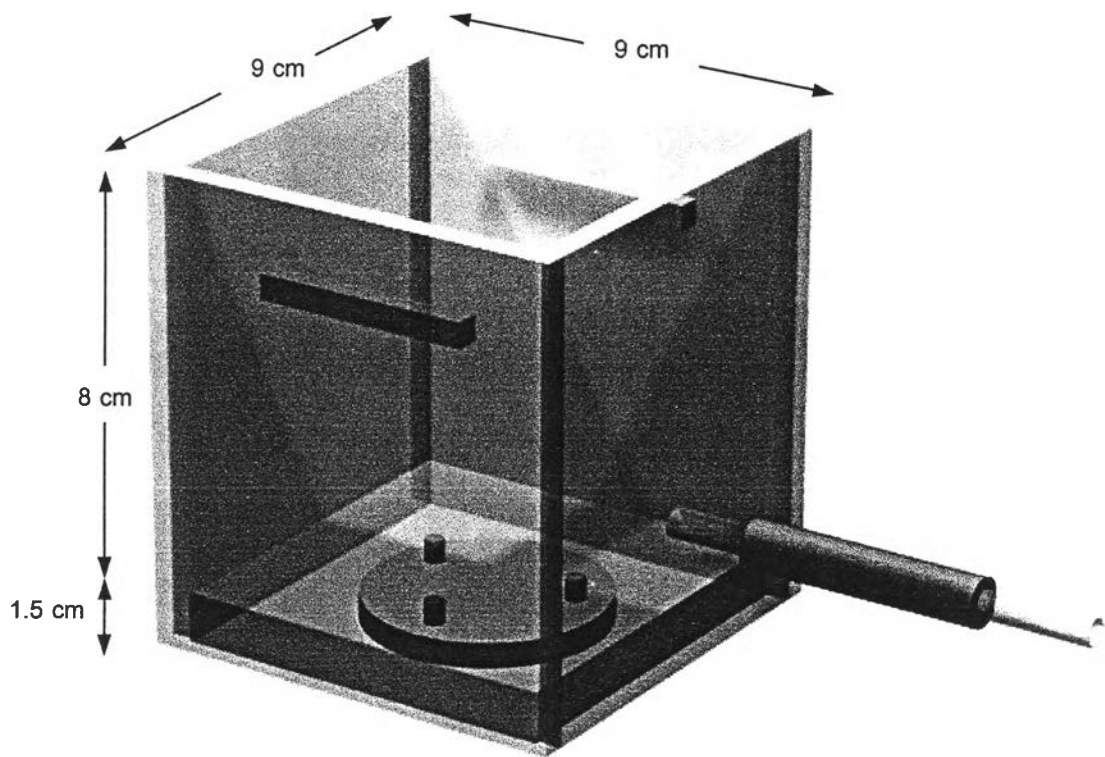
### รายการอ้างอิง (ต่อ)

34. J. A. Beavers and G. H. Koch. "Limitations of the slow strain rate test for stress corrosion cracking testing." Corrosion (March 1992) : 256-264.
35. L. K. Wells, Student Edition User's Guide. , Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, (1995).
36. P. Prumpruek, Sensitization of Thermomechanical Processed 304 Stainless Steel. Master's Degree of Engineering in Nuclear Technology Department of Nuclear Technology Faculty of Engineering Chulalongkron University, 2001.

ภาคผนวก ก.  
เซลล์สำหรับใส่สารเคมี



รูปที่ ก.1 แผนภาพแสดงเซลล์ส่วนบนของเซลล์สำหรับใส่สารเคมี



รูปที่ ก.2 แผนภาพแสดงเซลล์ส่วนล่างของเซลล์สำหรับใส่สารเคมี

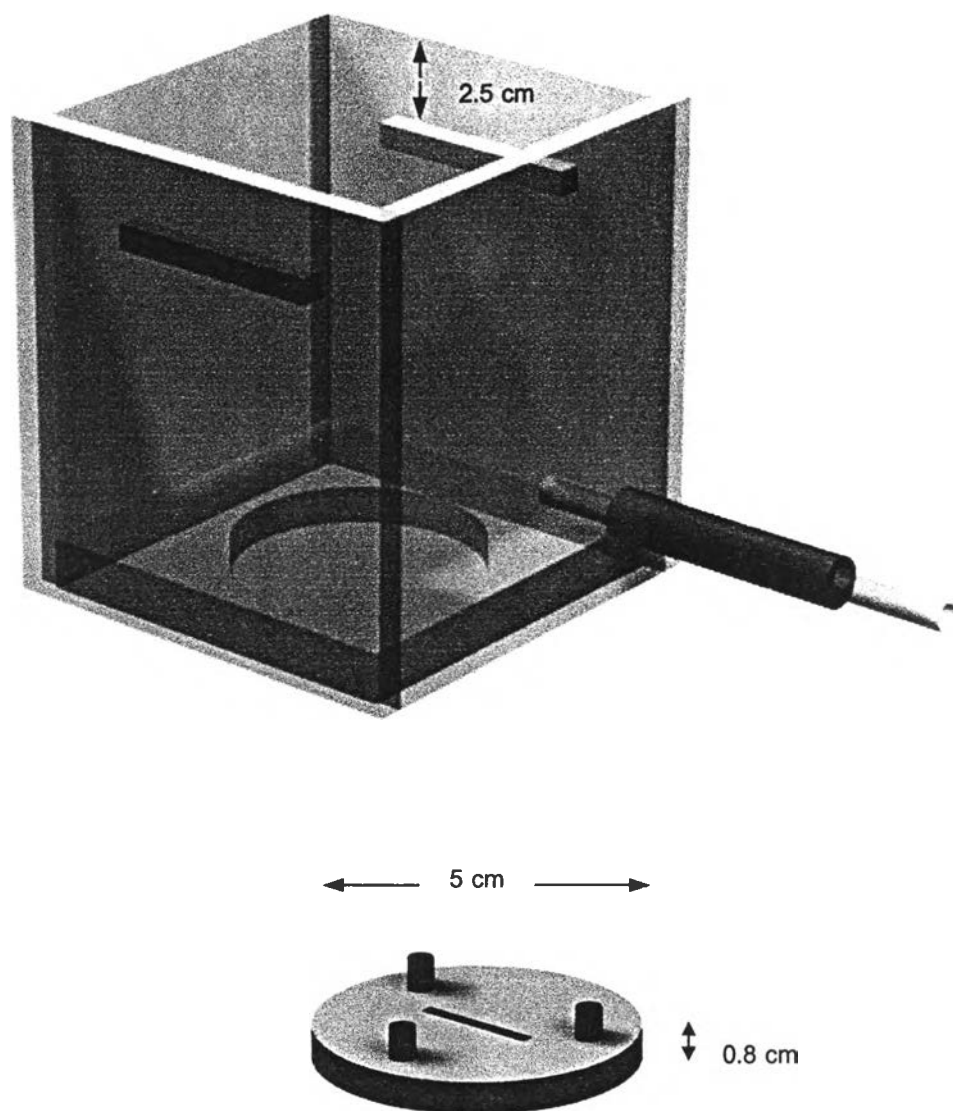
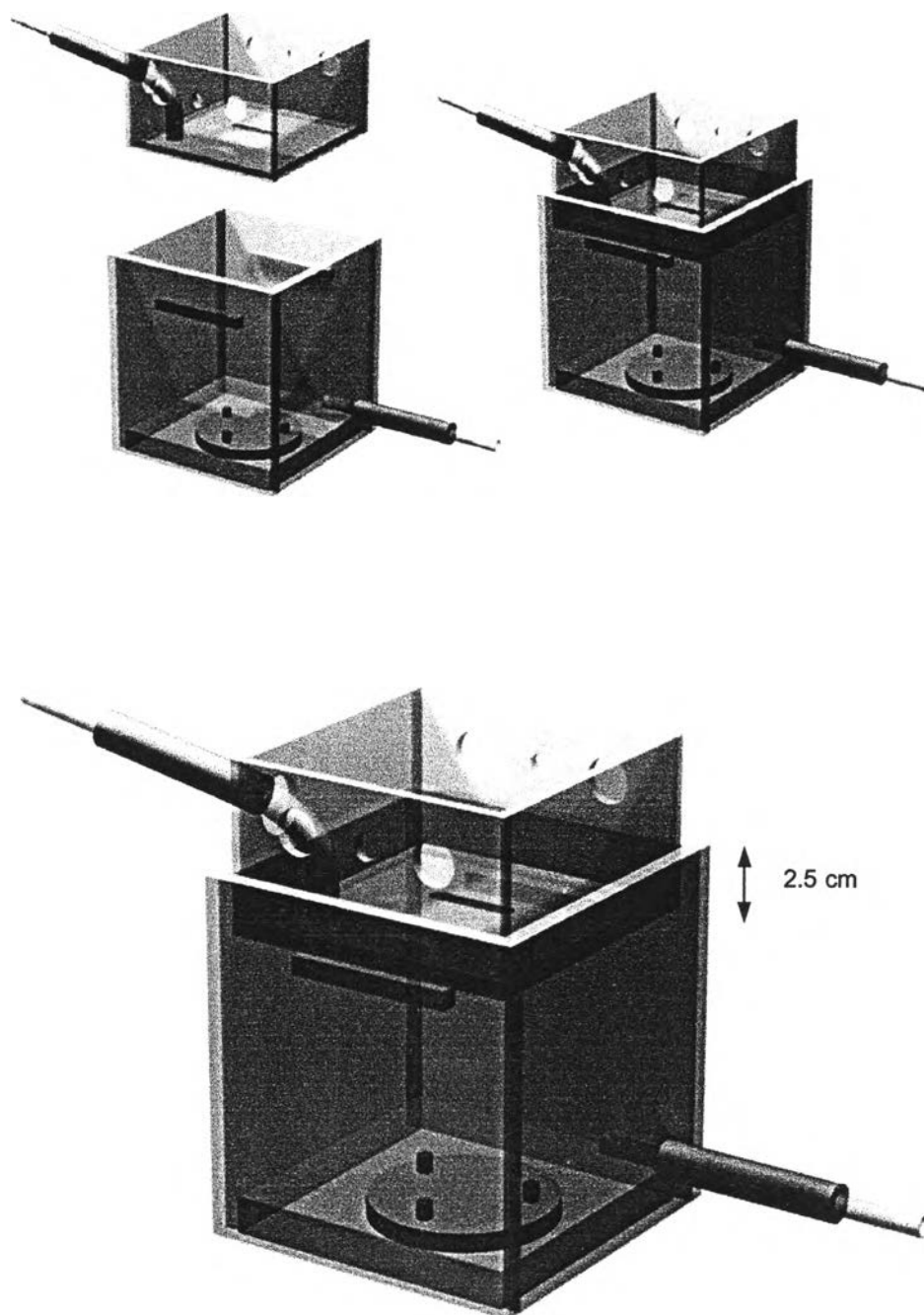
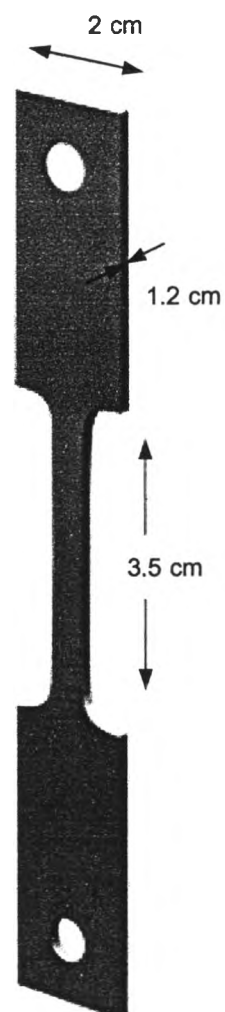


Figure ก.3 แผนภาพแสดงส่วนที่ใช้ป้องกันการรั่วซึมของสารละลายที่ประกอบอยู่กับ  
เซลล์ส่วนล่างของเซลล์สำหรับใส่สารเคมี

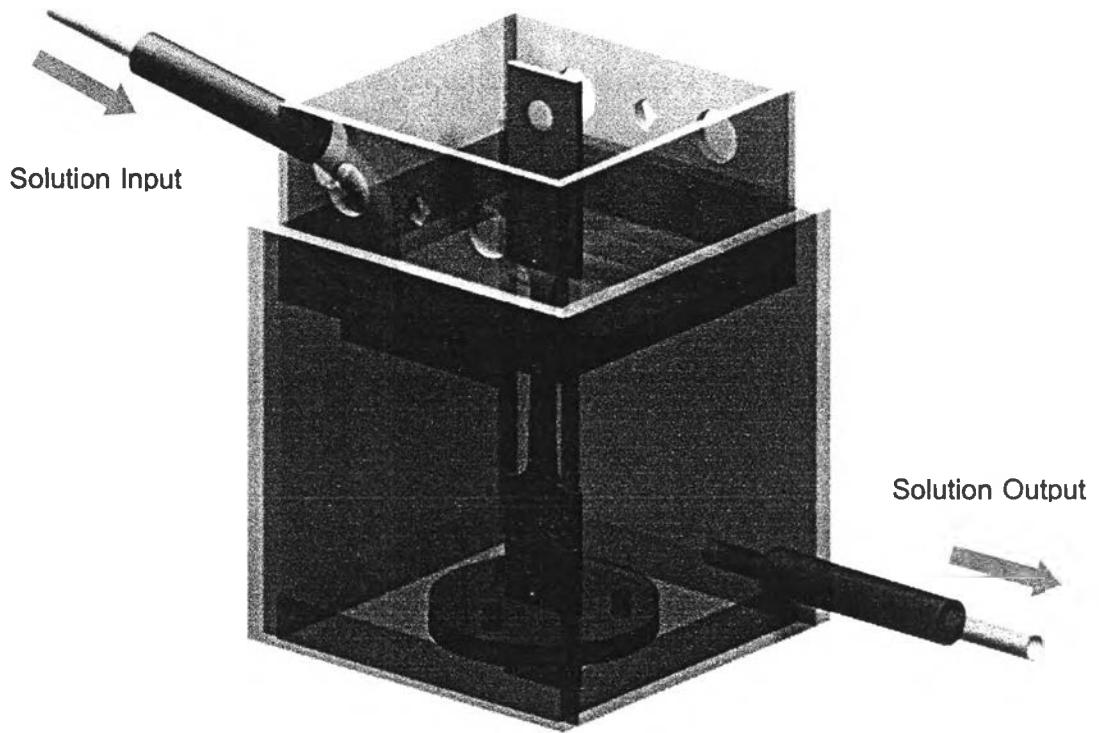


รูปที่ ก.4 แผนภาพแสดงเซลล์สำหรับใส่สารเคมีที่เกิดจากการประกอบเซลล์ส่วนบน  
และเซลล์ส่วนล่างเข้าด้วยกัน





รูปที่ ก.5 ลักษณะ และขนาดของชิ้นงานทดสอบแรงดึงที่ใช้ในงานวิจัยนี้ในรูปแบบ 3 มิติ



รูปที่ ก.6 แผนภาพแสดงลักษณะของชิ้นงานทดสอบแรงดึงที่ประกอบเข้ากับ เซลล์สำหรับใส่สารเคมี

## ภาคผนวก ข. วิธีในการใช้โปรแกรม LabVIEW

### ข.1 บทนำ

LabVIEW หรืออีกชื่อหนึ่งคือ Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench เป็นซอฟต์แวร์โปรแกรมที่มีศักยภาพ และมีความยืดหยุ่นที่ดีเมื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ผลที่ได้จากเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ อีกทั้งยังสามารถดำเนินการบน Microsoft Windows ในคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลได้ LabVIEW เป็นโปรแกรมภาษาภาพ (Graphical program language: G) ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาให้แตกต่างกับโปรแกรมภาษาทั่วไป วัตถุประสงค์เพื่อให้มีความสะดวกในการนำไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ เครื่องมือ หรือในการวิเคราะห์มากขึ้น ในการสร้างสรรโปรแกรมภาษา G นั้นต้องสร้างลักษณะที่คล้ายการเขียน flowchart ขึ้นมาซึ่งจะถูกเรียกว่า block diagram รายละเอียด และวิธีการใช้จะถูกกล่าวถึงในบทนี้

### ข.2 โปรแกรม LabVIEW


โปรแกรม LabVIEW จะถูกเรียกว่า Virtual Instrument (VIs) เนื่องจากสามารถจำลองลักษณะงาน และแสดงผลได้เหมือนเครื่องมือที่ใช้จริง ซึ่ง VIs จะประกอบไปด้วย interface และ source code ที่สามารถส่งผ่านข้อมูลระหว่างกันและกันได้ โดย VIs จะถูกแบ่งออกได้ใน 3 ลักษณะคือ

- Front panel ทำหน้าที่เป็นตัว interface ของ VIs เนื่องจากสามารถจำลอง panel ของเครื่องมือได้ โดยใน front panel จะประกอบไปด้วย knobs, push button, graphs, และตัวควบคุมอื่นๆ ที่เราต้องการ รวมไปถึง indicators ที่โปรแกรมแสดงออกมา ซึ่งการบรรจุค่าข้อมูลใหม่ หรือทำการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลเก่าทำได้โดยการใช้ mouse และ keyboard โดยผลการทดสอบ หรือผลการวิเคราะห์จะแสดงผ่านทาง front panel บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ตัวอย่างของ front panel ที่ถูกเขียนขึ้นมาเพื่อประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ และเก็บผลการทดสอบจากเครื่อง SSRT ได้แสดงไว้ในรูปที่ ข.1


- Icons และ connector เป็นอุปกรณ์ที่มีความจำเป็นในการสร้าง block diagram โดยที่ icon แต่ละตัวจะมีฟังก์ชันในการทำงานต่างกันไปเช่นเดียวกับ connector ที่ทำหน้าที่ในการส่งผ่านความสามารถจาก icon ตัวหนึ่งไปยัง icon อีกตัวหนึ่ง ตัวอย่างแสดงลักษณะของ icon และ connector ได้แสดงไว้ดังรูปที่ ข.2

- Block diagram คือ source code ของ VIs ที่ถูกสร้างขึ้นมาจากการเขียนโปรแกรมในลักษณะภาษากาฟฟิก, G ซึ่งจะประกอบไปด้วย icons, represent lower-level VIs, built-in functions และ program control structures เพื่อที่จะทำให้โปรแกรมสามารถดำเนินการได้นั้น ข้อมูลใน block diagram จะต้องสื่อสารถึงกัน ทำได้โดยการเชื่อมต่อ icon ต่างๆ เข้าด้วยกัน ตัวอย่างของ block diagram ที่ถูกเขียนขึ้นมาเพื่อประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ และเก็บข้อมูลการทดสอบจากเครื่อง SSRT ได้แสดงไว้ในรูปที่ ข.3

### Edit Mode and Run Mode


VI สามารถที่จะสร้างใหม่ หรือแก้ไขได้เมื่ออยู่ใน edit mode แต่ในขณะที่ VI กำลังดำเนินการอยู่นั้นจะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ เราเรียก VI ที่อยู่ในลักษณะเช่นนี้ว่า อยู่ใน run mode ซึ่งการเปลี่ยนจาก run mode เป็น edit mode นั้นทำได้โดยการคลิกที่ mode button  หรือคลิกไปที่เมนูหลักที่ชื่อ Operate แล้วเลือกคำสั่ง change to edit mode ในการใช้งาน mode ทั้งสองประเภทนี้จำเป็นต้องรู้จัก tool ต่างๆดังต่อไปนี้

### Edit Mode Palette

 Operating tool ใช้ในการเปลี่ยนแปลงค่าข้อมูลของตัว controls บนหน้าจอ front panel (หรือตัว indicators ในกรณีที่ VI อยู่ใน edit mode) อีกทั้งยังใช้เป็นตัวควบคุม knobs, switches และส่วนประกอบอื่นๆใน front panel

 Positioning tool ใช้สำหรับเลือก เคลื่อนย้าย และเปลี่ยนแปลงขนาด

 Labeling tool ใช้สร้าง หรือเปลี่ยนแปลง text labels

 Wiring tool ใช้ในการเชื่อมต่อ icons และ connectors ใน block diagram เข้าด้วยกัน เพื่อที่จะทำให้ตัว controls และ indicators ใน front panel สามารถทำงานได้

 Warning เป็นอุปกรณ์เตือนสำหรับความผิดปกติที่เกิดขึ้นในระหว่างการดำเนินการโปรแกรม

### Run Mode Palette



Run button มีลักษณะคล้ายลูกศร ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปเมื่อเริ่มต้นดำเนินการโปรแกรม และถ้ามีความผิดปกติเกิดขึ้นใน block diagram ลูกศรจะมีลักษณะแตกดังรูปข้างต้น



Stop button จะปรากฏขึ้นหลังจากที่เริ่มต้นดำเนินการโปรแกรม ซึ่งถ้าเราต้องการจะหยุดโปรแกรมในทันที ทำได้โดยการคลิกที่ปุ่มนี้



Mode button ใช้ในการเปลี่ยน mode ระหว่าง run mode และ edit mode



Continuous run button ใช้ในการดำเนินการโปรแกรมอย่างต่อเนื่อง แม้จะหมดกำหนดของเวลา หรือจำนวนข้อมูลที่ได้ตั้งไว้



Execution highlighting button ใช้สำหรับแสดงการเดินทางของข้อมูลใน diagram



Print mode button สำหรับการส่งผ่านข้อมูลจาก front panel ไปสู่เครื่องพิมพ์ สามารถกระทำได้หลังจากที่การดำเนินการของโปรแกรมเสร็จสิ้นแล้วเท่านั้น



### ข.3 วิธีการดำเนินการโปรแกรม LabVIEW

การดำเนินการโปรแกรม LabVIEW ที่ต่อกับเครื่องตั้งด้วยอัตราความเครียดซ้ำ (SSRT) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เริ่มต้นดำเนินการโปรแกรม LabVIEW โดยการคลิก 2 ครั้งบน icon ของ LabVIEW หลังจากนั้นรอประมาณ 1-2 นาที หน้าจอของ untitled panel window จะปรากฏขึ้น
2. เลือกคำสั่ง Open จากเมนู File หรือทำการคลิก 2 ครั้งที่ SSRT.vi. หลังจากนั้นรอประมาณ 1-2 นาทีจะปรากฏ SSRT front panel window ดังแสดงในรูปที่ ข.1 ซึ่งประกอบ


ไปด้วยตัวควบคุม knobs, numeric, slide และ string รวมไปถึง Boolean switches, charts, graphs และ time indicator.

3. กำหนดค่าข้อมูลต่างๆอันได้แก่ ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลแต่ละครั้งในหน่วยของนาที่ (Update period), หมายเลข device และ channels ที่เป็นตัวระบุลักษณะของข้อมูลให้แก่หน่วยความจำบนบอร์ดของ data acquisition ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้ค่าตัวเลข 1 และ 1:0 ตามลำดับ, จำนวนข้อมูลที่ต้องการ (# of points), จำนวนข้อมูลต่อ 1 channel (# of data/ch.) และ directory สำหรับการเก็บข้อมูลจากเครื่อง SSRT (File name: Load & LVDT และ File name: Time) จากนั้นถ้าต้องการข้อมูลเวลาในหน่วยวินาที ให้คลิกที่ปุ่ม Want second? และคลิกปุ่ม Save to disk? ไปที่ ON เพื่อทำการเก็บข้อมูลการทดสอบไว้ใน directory ที่เรากำหนดไว้

4. เริ่มต้นดำเนินการ VI โดยการคลิกที่ run button  จะทำให้ palette ที่รวมไปด้วย icon ทั้งหมดที่เรียงแถวอยู่บนบาร์ด้านบนของ panel เปลี่ยนแปลงจาก edit mode ไปสู่ run mode และจะสังเกตเห็น stop button  ปรากฏขึ้นมา

5. จากรูปที่ ข.1 ซึ่งแสดง SSRT.vi ที่ประกอบไปด้วยค่าโหลด และค่าการเปลี่ยนแปลงความยาวของชิ้นงานตัวอย่าง (LVDT) ซึ่งถูกทดสอบด้วยเครื่อง SSRT โดยค่าที่ได้นั้นจะแสดงอยู่ในรูปของความต่างศักย์บน indicators, charts และกราฟที่มีความต่างศักย์ในช่วงของ -5 V ถึง 5 V อีกทั้งค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation ของ load และ LVDT) ก็จะถูกนำมาคำนวณด้วยเช่นกัน

#### *Tweaking Values*

6. ถ้าต้องการเปลี่ยนแปลงค่าข้อมูลบางค่าในระหว่างที่โปรแกรมถูกดำเนินการอยู่นั้น ทำได้โดยใช้ operating tool  ซึ่งจะมีให้อยู่แล้วใน run mode การเปลี่ยนนั้นทำได้โดยการลากแถบสีบนค่าข้อมูลเก่า จากนั้นให้พิมพ์ค่าข้อมูลใหม่ลงไปแล้วกดปุ่ม enter ที่อยู่ใกล้กับปุ่ม run บนแถบเครื่องมือ นอกจากนั้นการเปลี่ยนแปลงค่าช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลทำได้โดยใช้ operating tool คลิกไปที่ slider bar แล้วลากไปยังตำแหน่งที่ต้องการ หรือใช้วิธีการเปลี่ยนค่าตัวเลขดังที่แสดงไว้ข้างต้นก็สามารถทำได้เช่นกัน

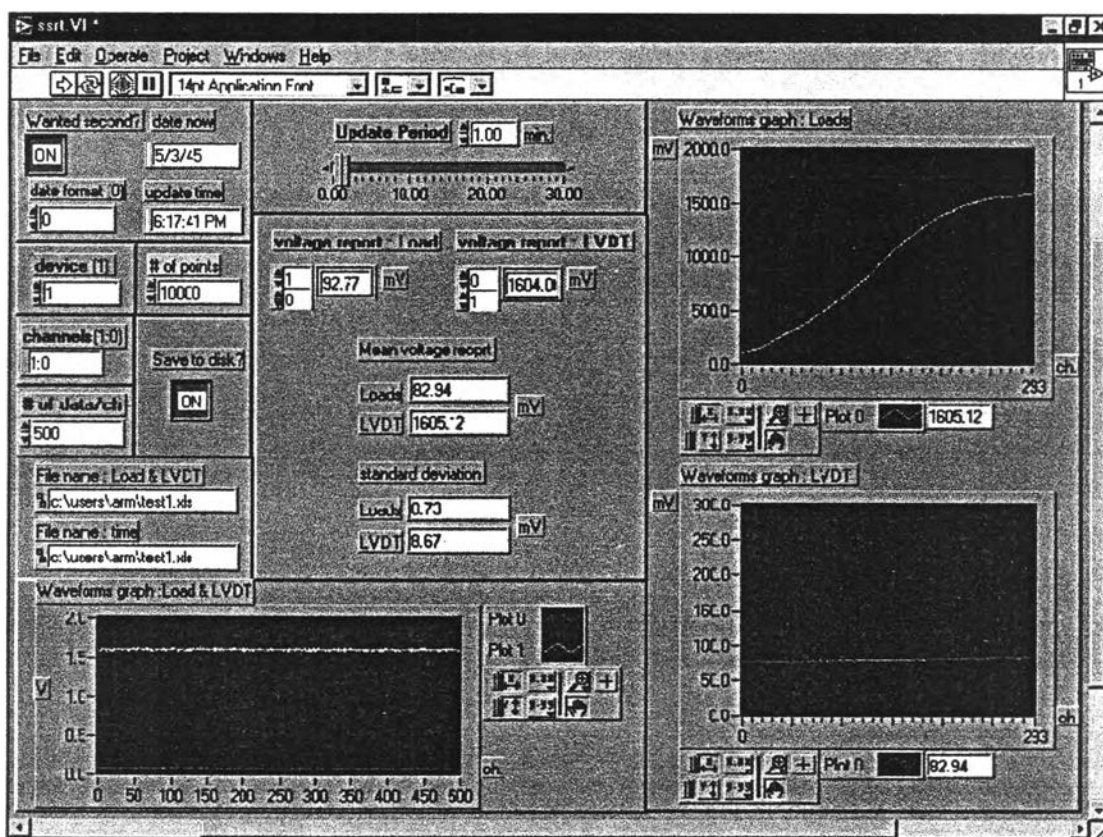
7. เมื่อต้องการที่จะหยุดการทำงานของโปรแกรมให้กดที่ปุ่ม stop button ซึ่งจะปรากฏให้เห็นโดยอัตโนมัติเมื่อโปรแกรมเริ่มต้นทำงาน

### ลักษณะของ Block Diagram

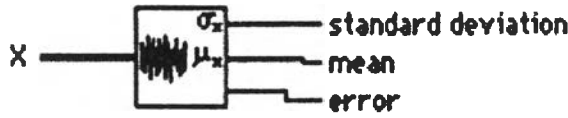
8. เปิด block diagram ในชื่อของ SSRT.vi ดังแสดงในรูปที่ ข.3 โดยการเลือกคำสั่ง Show Diagram จากเมนู Windows

9. การทำงานบน front panel นั้นจะถูกควบคุมด้วยไดอะแกรมใน block diagram ซึ่งเขียนขึ้นโดยใช้ภาษากราฟฟิก G ที่เปรียบเสมือนเป็น source code ของโปรแกรม โดยใน block diagram นี้จะประกอบไปด้วยการเชื่อมต่อกันของ for loops, case structures, ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ และสถิติ ดังแสดงในรูปที่ ข.3

10. ออกจากโปรแกรม LabVIEW โดยเลือกคำสั่ง Close จากเมนูหลักในชื่อ File ของ SSRT.vi.



รูปที่ ข.1 ลักษณะของ front panel ที่ใช้ในการวิเคราะห์ และเก็บผลการทดสอบจากเครื่อง SSRT

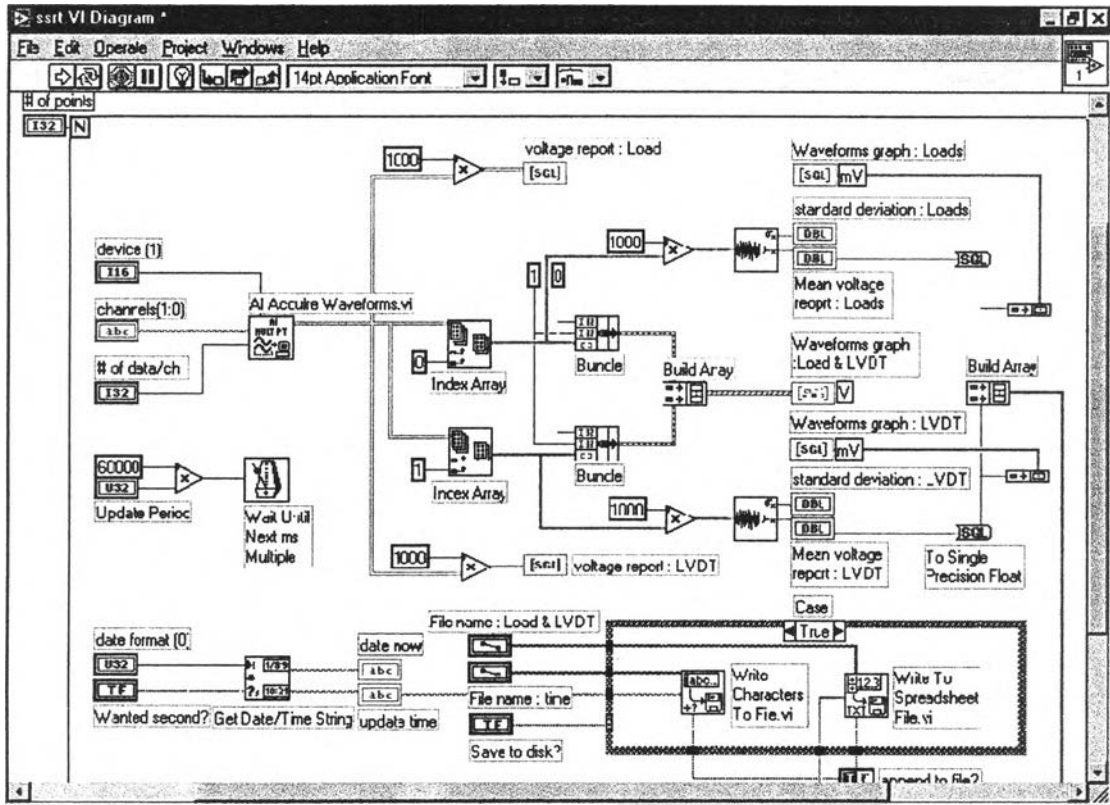


icon



connector

รูปที่ ข.2 ตัวอย่างแสดงลักษณะของ icon และ connector



รูปที่ ข.3 ลักษณะของ block diagram ที่ใช้ในการวิเคราะห์ และเก็บผลการทดสอบ จากเครื่อง SSRT



## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์



นายกิตติศักดิ์ โกลสวรรณณะ เกิดวันที่ 28 มกราคม พ.ศ. 2520 ที่อำเภอ  
บางกอกน้อย จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขา  
วิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2540 และเข้าศึกษาต่อ  
ในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขานิวเคลียร์เทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
เมื่อปี พ.ศ. 2541