บทความเรื่อง

การนำเอาคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบและการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ
CAD/CAM TO INCREASE EFFICIENCY IN DESIGNING AND PRODUCING

โดย

ดร. วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
ศูนย์คอมพิวเตอร์คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การนำเอาคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบและการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ
CAD/CAM TO INCREASE EFFICIENCY IN DESIGNING AND PRODUCING

คำนำ

CAD (Computer Aided Design) และ CAM (Computer Aided Manufacturing) นำว่าเป็นศาสตร์แขนงใหม่ที่นำเอาคอมพิวเตอร์เข้ามาเกี่ยวข้องกับขั้นตอนการออกแบบและการผลิตชิ้นงาน ความหมายของคำว่า CAD พอสรุปคร่าว ๆ ได้ดังนี้ คือการนำเอาคอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบเขียนแบบและวิเคราะแบบของงานหรือชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ต้องการสร้าง ขบวนการออกแบบส่วนใหญ่ต้องอาศัยรูปหรือกราฟฟิกส์ซึ่งสร้างได้โดยอาศัยคอมพิวเตอร์เป็นหลัก ส่วนความหมายของ CAM นั้นก็คือการนำเอาคอมพิวเตอร์มาช่วยในการผลิตชิ้นส่วนหรือชิ้นงานที่ออกแบบมาแล้วนั่นเอง ข้อมูลที่ใช้เกี่ยวการการผลิตนี้อาจจะได้มาจากของมูลของระบบ CAD ก็ได้ การนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้ในงานด้านนี้ก็มีทั้งข้อดีและข้อเสีย ข้อดีก็คือทำให้งานต่าง ๆ ถูกต้องและรวดเร็วยิ่งขึ้นซึ่งจะได้กล่าวต่อไป และที่สำคัญคือการดัดแปลงแก้ไขแบบก็เป็นไปได้อย่างรวดเร็วและสะดวกด้วย ส่วนข้อเสียนั้นก็มีอยู่เช่นราคาค่อนข้างจะแพงโดยเฉพาะถ้านำไปใช้ในงานที่เกี่ยวกับการวาดแบบเท่านั้นอาจจะพบว่าใช้ช่างวาดแบบอาจจะถูกกว่าแต่ก็ขึ้นอยู่กับเหตุประกอบอย่างอื่นอีก ยิ่งไปกว่านั้นผู้ที่จะเริ่มใช้ระบบ CAD/CAM นั้นก็จะต้องเสียเวลาเรียนรูปอีกบ้างพอสมควร เพื่อที่จะนำมาใช้งานได้ถูกต้อง และค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้ไปในการติดตั้งระบบและการฝึกอบรมอาจจะสูงอยู่ในขณะนี้ แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นคงต้องดูเหตุผลต่าง ๆ ก่อนที่จะลงความเห็นว่าระบบ CAD/CAM นั้นคุ้มค่าหรือไม่

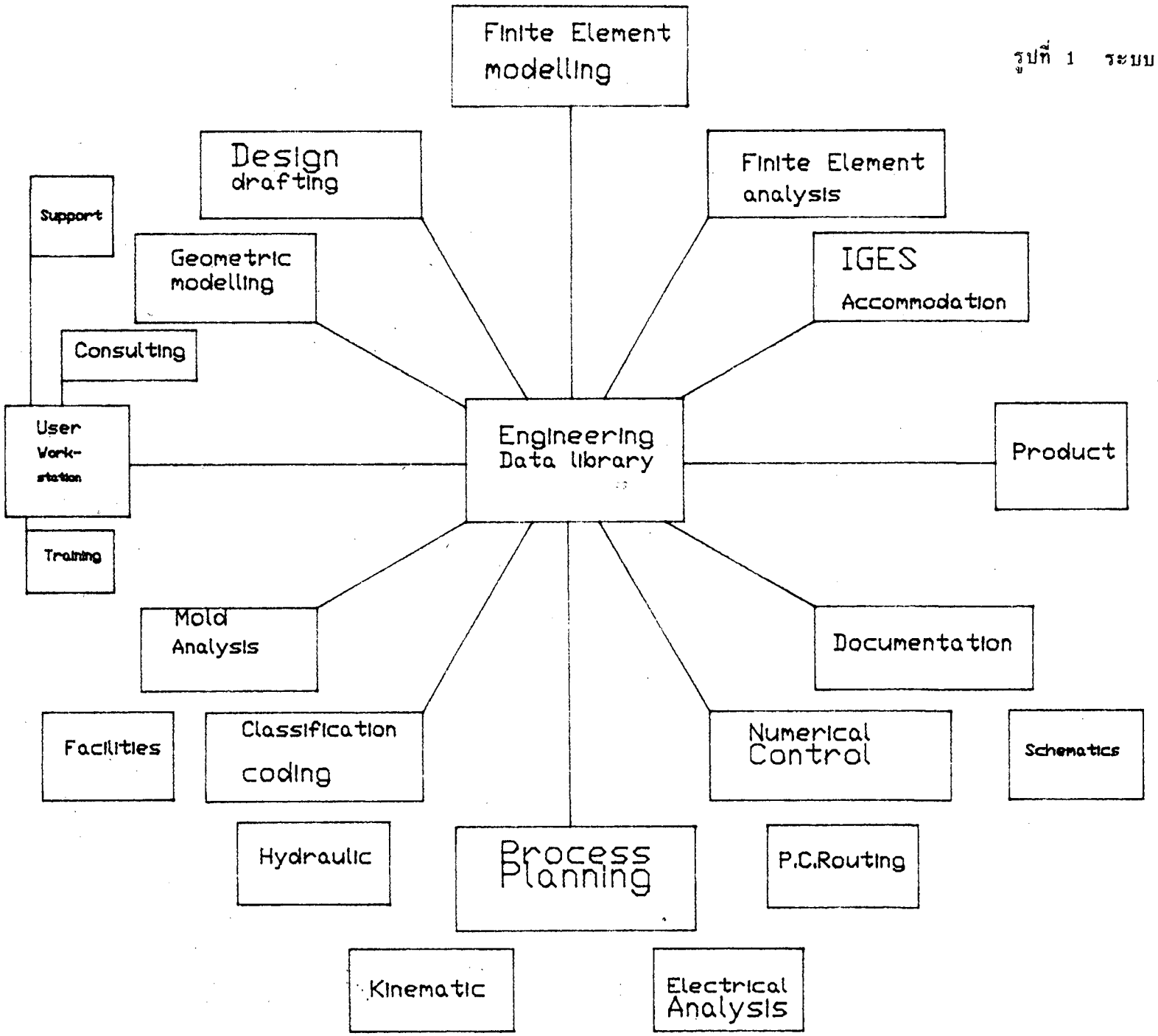
ในประเทศไทยเราก็เริ่มมีการตื่นตัวทางด้านนี้กันแล้วจะเห็นว่าได้มีหน่วยงานหรือองค์กรต่าง ๆ ทั้งภาครัฐบาลและภาคเอกชน ได้ติดตั้งระบบ CAD/CAM ใช้แล้ว ถึงแม้จะยังไม่ใช่ระบบ CAD/CAM ที่สมบูรณ์แบบแต่ก็มีการเตรียมการพัฒนาต่อไปเรื่อย ๆ ซึ่งก็คาดว่าในอนาคตอาจจะมีระบบ CAD/CAM ใช้อย่างสมบูรณ์ก็เป็นไปได้ ระบบ CAD/CAM จะสมบูรณ์ได้นั้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และเครื่องมือที่เกี่ยวข้องซึ่งรวมถึงโปรแกรมที่ใช้เท่านั้น (CAD/ CAM Hardware and Software) แต่ยังจะต้องขึ้นอยู่กับบุคลากรที่เป็นผู้ใช้ เช่นถ้าระบบ CAD/CAM ที่มีอยู่นั้นมีความสามารถในการใช้งานสูงมาก แต่ถ้าหาบุคลากรที่มีความเข้าใจในระบบอย่างจริงจังไม่ได้ ระบบนั้นก็ถือว่าไม่สมบูรณ์ ในทางกลับกันถ้ามีบุคลากรที่มีความรอบรู้เชี่ยวชาญในเรื่องเกี่ยวกับระบบ CAD/CAM มากแต่หาระบบที่ทำงานได้สมบูรณ์อย่างที่ตั้งใจไว้ไม่ได้ ระบบ CAD/CAM นั้นก็คงจะสมบูรณ์ไม่ได้เช่นกัน

ปัจจุบันนี้ระบบ CAD นั้นก็มีอยู่ในคอมพิวเตอร์เกือบทุกขนาด ที่คุ้นเคยกันหรือที่เคยได้ยินกันในบ้านเราก็คงไม่พ้นโปรแกรมที่ชื่อว่า AUTOCAD ซึ่งความจริงแล้วก็ไม่ใช่ระบบ CAD

จริง ๆ แต่เป็นระบบที่ใช้ช่วยในการวาดแบบ (drafting system) มากกว่า โปรแกรมอื่นที่มีความสามารถไม่ยิ่งย่อนกว่ากันเลยสำหรับบนเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดบุคคลนั้นก็ได้แก่ โปรแกรม CADKEY ซึ่งเหมาะสมกับงานทางด้านวิศวกรรมโดยเฉพาะทางด้านวิศวกรรมเครื่องกลเนื่องจากมีความสามารถในบางส่วนที่ช่วยในการสร้างรูปสามมิติ โปรแกรม VERSACAD นอกจากช่วยในการเขียนแบบทั่วไปแล้ว ซึ่งมีความสามารถที่เอื้ออำนวยกับงานทางด้านสถาปนิก โปรแกรม DRAFIX ซึ่งใช้มากในงานเขียนแบบทั่วไป และยังมีโปรแกรมอื่น ๆ อีกมาก แต่โปรแกรมเหล่านี้นั้นยังขาดส่วนที่ช่วยในการวิเคราะห์และออกแบบงานซึ่งได้ทำการวาดแบบไว้นั้น ดังนั้นจึงยังถือว่าเป็นโปรแกรมทางด้าน CAD ไม่ได้ แต่ก็มีโปรแกรมอื่นที่มีความสามารถในการวิเคราะห์และออกแบบซึ่งใช้ควบคู่กับโปรแกรมเขียนแบบ บางโปรแกรมเหล่านี้ โปรแกรมที่ใช้ทางด้านวิเคราะห์แบบสำหรับคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (finite element program) ก็ได้แก่ COSMOS/M, ALGOR, SAP และอื่น ๆ อีก ส่วนระบบ CAM ที่ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดบุคคลนั้นมีไม่มากเนื่องจากต้องมีส่วนประกอบอื่นอีกเช่นเครื่อง Computer Numerical Control ที่ใช้ด้วย เพราะแต่ละชนิดก็ไม่เหมือนกัน จึงค่อนข้างที่จะเจาะจงลงไปสำหรับแต่ละเครื่อง ส่วนระบบ CAD ที่ทำงานอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดกลางและขนาดใหญ่นั้นก็มีอยู่ด้วยกันมากมายเช่นกัน แต่ราคาก็สูงมากโปรแกรมเหล่านี้เป็นต้นว่า MEDUSA, CADAM, ENERGRAPH, GDS และอื่น ๆ อีก ซึ่งแต่ละตัวก็มีความสามารถแตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของงานที่ใช้ เป็นต้นว่าที่ศูนย์คอมพิวเตอร์คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีระบบ MEDUSA และ GDS ติดตั้งอยู่ซึ่งก็ใช้งานแตกต่างกันไป เช่นงานเขียนแบบออกแบบและงานที่เกี่ยวข้องกับการสร้างรูปในระบบสามมิติก็จะใช้โปรแกรม MEDUSA เป็นหลัก ส่วนงานที่เกี่ยวข้องกับการทำแผนที่หรือระบบฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (Land Information System) นั้นก็จะใช้โปรแกรม GDS เป็นหลัก นอกจากที่ศูนย์คอมพิวเตอร์ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์นี้แล้ว ก็ยังมีที่สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (Asian Institue of Technology) ซึ่งติดตั้งระบบ CADAM อยู่ นอกจากนี้ก็มีที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตซึ่งติดตั้งโปรแกรม MEDUSA โดยจะนำมาใช้ในงานทางด้านเขียนแบบเป็นหลัก แต่อย่างไหรก็ตามความสามารถทางด้านวิเคราะห์แบบก็เป็นส่วนที่จะต้องเพิ่มเติม และส่วนใหญ่ก็โปรแกรมอื่นที่ใช้ควบคูกันไป ไม่ได้มาพร้อมกัน แต่การสร้างแบบโดยอาศัยโปรแกรม CAD ระบบกลางและใหญ่เหล่านี้ข้อมูลเกี่ยวกับที่เก็บไว้นั้นค่อนข้างจะเป็นมาตรฐานและสามารถนำไปใช้คู่กับโปรแกรมวิเคราะห์และออกแบบอื่น ๆ ได้

ระบบ CAD/CAM

รูปที่ 1 เป็นรูปที่แสดงส่วนประกอบหลักของระบบ CAD/CAM ที่ค่อนข้างจะสมบูรณ์แบบ ในรูปนี้จะเห็นว่าครึ่งด้านบนจะเป็นส่วนประกอบของระบบ CAD ส่วนครึ่งด้านล้างนั้นเป็นส่วนประกอบของระบบ CAM จะเห็นว่าทั้งสองระบบนี้สามารถติดต่อเชื่อมโยงซึ่งกัน



รูปที่ 1 ระบบ CAD/CAM

และกันได้ โดยอาศัยฐานข้อมูลหลักทางวิศวกรรมอันเดียวกัน

ส่วนประกอบหลักของระบบ CAD สามารถจำแนกออกได้ดังนี้คือ

- Geometric Modelling
- Design Drafting
- Finite Element Modelling
- Finite Element Analysis
- IGES Accommodation

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่าในส่วนของ CAD นั้นเกี่ยวข้องกับการนำเอาคอมพิวเตอร์กราฟฟิกส์มาช่วยในการสร้างแบบ ดั้งนั้นขั้นตอนของการออกแบบในขั้นแรกจะเป็นการออกแบบโดยเป็น Conceptual Design ในส่วนนี้นับว่าสำคัญมากคือจะได้รูปแบบคร่าว ๆ ของชิ้นงานซึ่งอาจจะประกอบด้วยชิ้นงานย่อย ๆ หลาย ๆ ชนิดร่วมกันขึ้นและก็มีฟังชั่นค์การทำงานแตกต่างกันไป เมื่อได้รูปแบบคร่าว ๆ มาแล้ว ขั้นต่อไปก็คือเขียนแบบของชิ้นส่วนย่อย ๆ ซึ่งในขั้นนี้ก็จำเป็นต้องกำหนดว่าแบบที่วาดนั้นต้องใช้รูปในระบบสองมิติหรือสามมิติ ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับขั้นตอนและประเภทของงานที่จะกำลังออกแบบ ในบางครั้งการทำรูปในระบบสองมิติก็อาจจะเพียงพอสำหรับการเสนอแบบ แต่งานบางอย่างจำเป็นที่จะต้องสร้างรูปในระบบสามมิติเพื่อให้เกิดจินตนาการในงานนั้นพอสมควร ถึงแม้การทำรูปสามมิตินั้นจะใช้เวลามากขึ้นก็จริงแต่ก็ให้ความหมายที่แน่นนอนกว่า การสร้างรูปในระบบสามมิติมีด้วยกันหลายวิธีซึ่งจะกล่าวต่อไป

ส่วนประกอบหลักของระบบ CAM สามารถจำแนกออกได้ดังนี้คือ

- Process Planning
- Classification Coding
- Mold Analysis
- Numerical Control
- Documentation

หลังจากที่ออกแบบชิ้นงานเสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็มาถึงขั้นตอนการผลิต การนำเอาระบบการผลิตแบบอัตโนมิติมาใช้นั้น ในปัจจุบันนี้ยังเป็นการลงทุนที่สูงมากอยู่สำหรับในหลายประเทศ แต่เหตุผลหลักที่นำระบบนี้มาใช้ก็เพราะความเที่ยงตรงและแม่นยำในการผลิตชิ้นงาน ชิ้นงานที่ผลิตขึ้นมีคุณภาพสม่ำเสมอ ลดการสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากการผลิตชิ้นงานที่ไม่ได้มาตรฐาน ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตได้ ลูกค้าก็มีความเชื่อถือในชิ้นงานที่ซื้อไปเป็นต้น แต่การนำเอาระบบ CAM มาใช้นั้นอย่างไรก็ตามก็หนีไม่พ้นในเรื่องเกี่ยวกับการวางแผนขั้นตอนการผลิต ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของขบวนการผลิต การจัดหมวดหมู่และชนิดของ

งานก็มีความสำคัญไม่น้อยซึ่งทำให้การทำงานเป็นไปได้อย่างเป็นระบบ เมื่อถึงขั้นตอนการผลิตก็อาจจะต้องมีการออกแบบแม่แบบของชิ้นงานที่จะต้องทำการผลิต นอกจากนั้นแล้วชิ้นงานที่เมื่อหล่อเสร็จแล้วอาจจะต้องมีการตกแต่ง ในกรณีที่จำนวนการผลิตมีจำนวนมาก ก็อาจจะใช้เครื่อง CNC (Computer Numerical Control) หรือ NC (Numerical Control) ซึ่งให้ความละเอียดถูกต้องมาก

ในรูปที่ 1 จะเห็นว่าทั้งระบบ CAD และ CAM นั้นใช้ข้อมูลทางด้านวิศวกรรมร่วมกันอยู่ ซึ่งทำให้การทำงานเป็นไปได้อย่างมีระบบและรวดเร็ว การติดต่อในระบบต่าง ๆ เหล่านี้อาศัย Workstation เป็นหลัก ทำให้สามารถติดต่อและควบคุมความเป็นไปในส่วนต่าง ๆ ระบบการออกแบบและการผลิตได้ ข้อมูลทางด้านวิศวกรรมก็สามารถที่จะปรับปรุงเพื่อให้เกิดความเหมาะสมได้ไม่ยากนัก โดยอาศัยการปรับปรุงที่ฐานข้อมูลหลักเท่านั้น

ปัญหาที่เกิดขึ้นกับการขยายตัวของระบบคอมพิวเตอร์กราฟฟิกส์ที่นำมาใช้กับระบบ CAD/CAM

มาลองดูปัญหาและอุปสรรคในการขยายการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์กับงานทางด้าน Engineering Graphics ถึงแม้ว่าจะมีการศึกษาถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์กราฟฟิกส์กันอยู่มาก และการนำเอาคอมพิวเตอร์มาช่วยในงานทางด้านกราฟฟิกส์นั้นก็เริ่มมีผู้สนใจและนิยมกันมากขึ้น แต่การพัฒนาก็ยังเป็นไปได้ไม่เร็วเท่าที่ควร เนื่องจากปัญหาที่พอสรุปได้ดังนี้

1. ราคาอุปกรณ์ที่ใช้กับระบบคอมพิวเตอร์กราฟฟิกส์มีราคาค่อนข้างสูงมาก
2. ระบบคอมพิวเตอร์กราฟฟิกส์นั้น ต้องการฐานข้อมูลขนาดใหญ่และมีการโต้ตอบกันระหว่างผู้ใช้กับคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในระหว่าการออกแบบนั้น ซึ่งในบางครั้งจำเป็นจะต้องดัดแปลงแก้ไขกันในขณะนั้น และบางครั้งการส่งผ่านข้อมูลระหว่างระบบคอมพิวเตอร์กราฟฟิกส์กับระบบงานอื่นซึ่งอาจจะเป็นระบบที่ใช้วิเคราะห์แบบและออกแบบ การวิเคราะห์แบบและออกแบบเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการคำนวนอย่างมาก ซึ่งจำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่และความเร็วในการคำนวนสูง เช่นเดียวกับการสร้างรูปในระบบสามมิติที่สมบูรณ์นั้นก็จำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องที่มีความเร็วในการคิดคำนวนสูงและหน่วยความจำที่ใหญ่พอสมควร
3. ระบบคอมพิวเตอร์กราฟฟิกส์นั้น โดยมากจะเป็นระบบที่ค่อนข้างใหญ่ ฉะนั้นจึงเป็นการยากและใช้เวลานานในการพัฒนาโปรแกรมของระบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบที่ใช้เวลาร่วมกันหลาย ๆ คน
4. โปรแกรมที่ใช้กับระบบคอมพิวเตอร์กราฟฟิกส์ ต้องออกแบบเฉพาะกับอุปกรณ์ที่เลือกแล้ว เช่นอุปกรณ์ที่ใช้แสดงภาพและอุปกรณ์ที่ใช้รับข้อมูลเข้าเป็นต้น ฉะนั้นโปรแกรมที่ใช้กับอุปกรณ์หรือคอมพิวเตอร์หนึ่งถ้าจะนำไปใช้กับระบบอื่นจะต้องมีการดัดแปลงก่อน

อุปกรณ์ที่ใช้กับระบบคอมพิวเตอร์กราฟฟิกส์

ในหัวข้อนี้จะกล่าวสรุปสั้น ๆ เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์กราฟฟิกส์ ซึ่งรายละเอียดอาจจะหาอ่านได้จากหนังสืออ้างอิง[1] อุปกรณ์ที่ใช้กับระบบนี้สามารถจำแนกออกเป็นส่วนใหญ่ ๆ ได้ดังนี้คือ

- คอมพิวเตอร์ (Computer)
- ส่วนที่ใช้ควบคุมการแสดงภาพ (Display Processing Unit)
- อุปกรณ์ที่ใช้แสดงภาพ (Display Device)
- อุปกรณ์ที่ใช้รับข้อมูลเข้า (User Input Device)

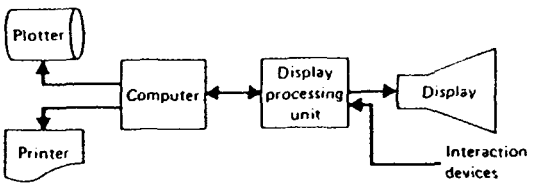
ในรูปที่ 2 แสดงคร่าว ๆ ถึงส่วนประกอบของระบบ Interactive Computer Graphics ในรูปนี้นอกจากจะเห็นอุปกรณ์ดังที่กล่าวข้างต้นแล้ว ยังมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า plotter และ printer ซึ่งสามารถบันทึกผลที่เป็นกราฟฟิกส์ลงบนกระดาษอีกที่หนึ่งได้

โปรแกรมทางกราฟฟิกส์จะทำงานอยู่ที่ส่วนคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะทำหน้าที่คำนวนและส่งผลที่ต้องการจะแสดงไปยังส่วนควบคุมการแสดงภาพ หรือ Display Processing Unit (DPU) ซึ่งส่วนควบคุมนี้มีลักษณะการทำงานคล้ายกับ CPU (Central Processing Unit) ของส่วนแสดงภาพ ตัว DPU นี้จะรับคำสั่งที่ส่งโดยตรงมาจากคอมพิวเตอร์ และบางครั้งอาจจะต้องมีการโต้ตอบกันด้วย เมื่อส่วนควบคุมการแสดงภาพนี้ได้รับคำสั่งที่ส่งมาจากคอมพิวเตอร์แล้ว ก็จะไปควบคุมส่วนแสดงภาพ (Display Device) อีกต่อหนึ่ง สำหรับระบบกราฟฟิกส์ที่มีการโต้ตอบนั้นจะมีอุปกรณ์ที่ใช้ลับข้อมูลที่ผู้ใช้ป้อนเข้าไป ซึ่งจะต่อเข้ากับส่วนควบคุมการแสดงภาพ รูปที่ 3,4 และ 5 แสดงถึงหลักการคร่าว ๆ ของส่วนควบคุมการแสดงภาพกับส่วนแสดงภาพ

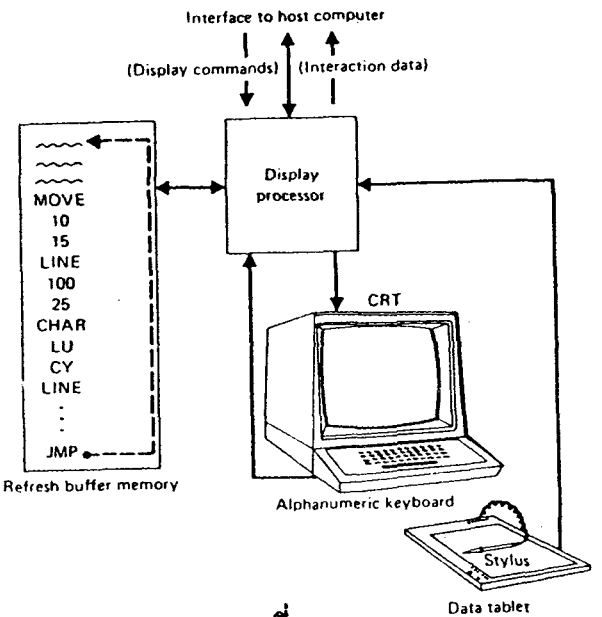
อุปกรณ์แสดงภาพนับว่าเป็นส่วนสำคัญอันหนึ่ง และสมควรที่จะได้รับความสนใจอยู่มาก ดังตัวอย่างในรูปที่ 6 เนื่องจากบางครั้งจำเป็นจะต้องเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะกับงานที่ทำอยู่ อุปกรณ์การแสดงภาพนั้นได้มีการพัฒนากันมาเรื่อย ๆ ซึ่งทำให้เกิดอุปกรณ์ที่มีทั้งราคาถูกและแพง โดยอาจจะแบ่งตามลักษณะการแสดงภาพได้ดังนี้คือ

- Vector; Stroke หรือ Calligraphic displays
- Raster Scan

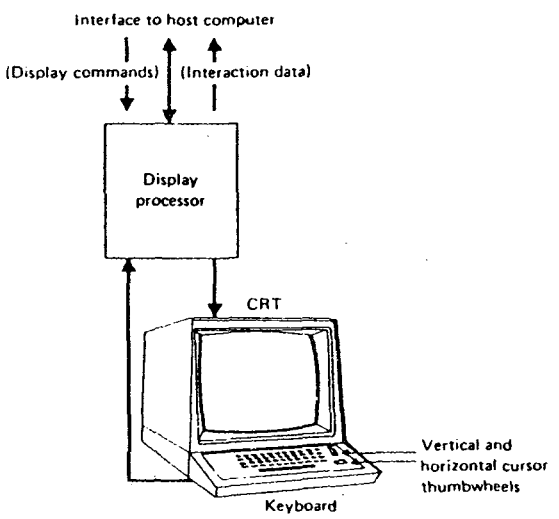
Vector, stroke หรือ Callingraphic Display นั้นบางคนอาจจะจัดอยู่ในพวก Random Scan ระบบนี้เป็นระบบที่พัฒนามาก่อน ประกอบด้วย Display Processor, Display Buffer Memory และ CRT ส่วนที่เป็น Buffer Memory นี้จะเก็บข้อมูลที่ได้มาจากคอมพิวเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยคำสั่งที่นำไปวาดจุดเส้นและตัวอักษร จากนั้นตัวควบคุมการแสดงภาพ (Display Processor) ก็จะแปลคำสั่งนั้นจากค่าดิจิตัล (digital) ให้เป็นค่าความต่างศักดิ์แบบต่อเนื่อง (Analoge Voltage) ซึ่งจะไปควบ



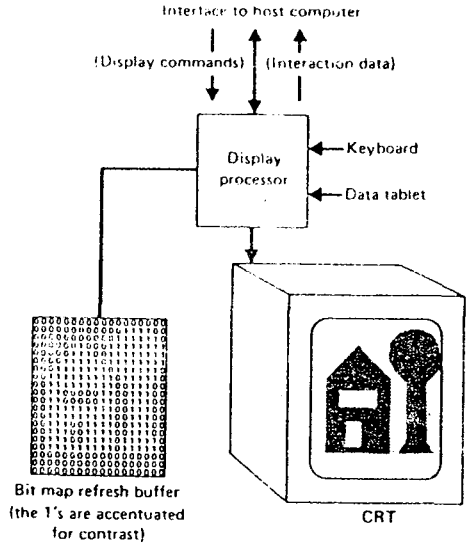
รูปที่ 2



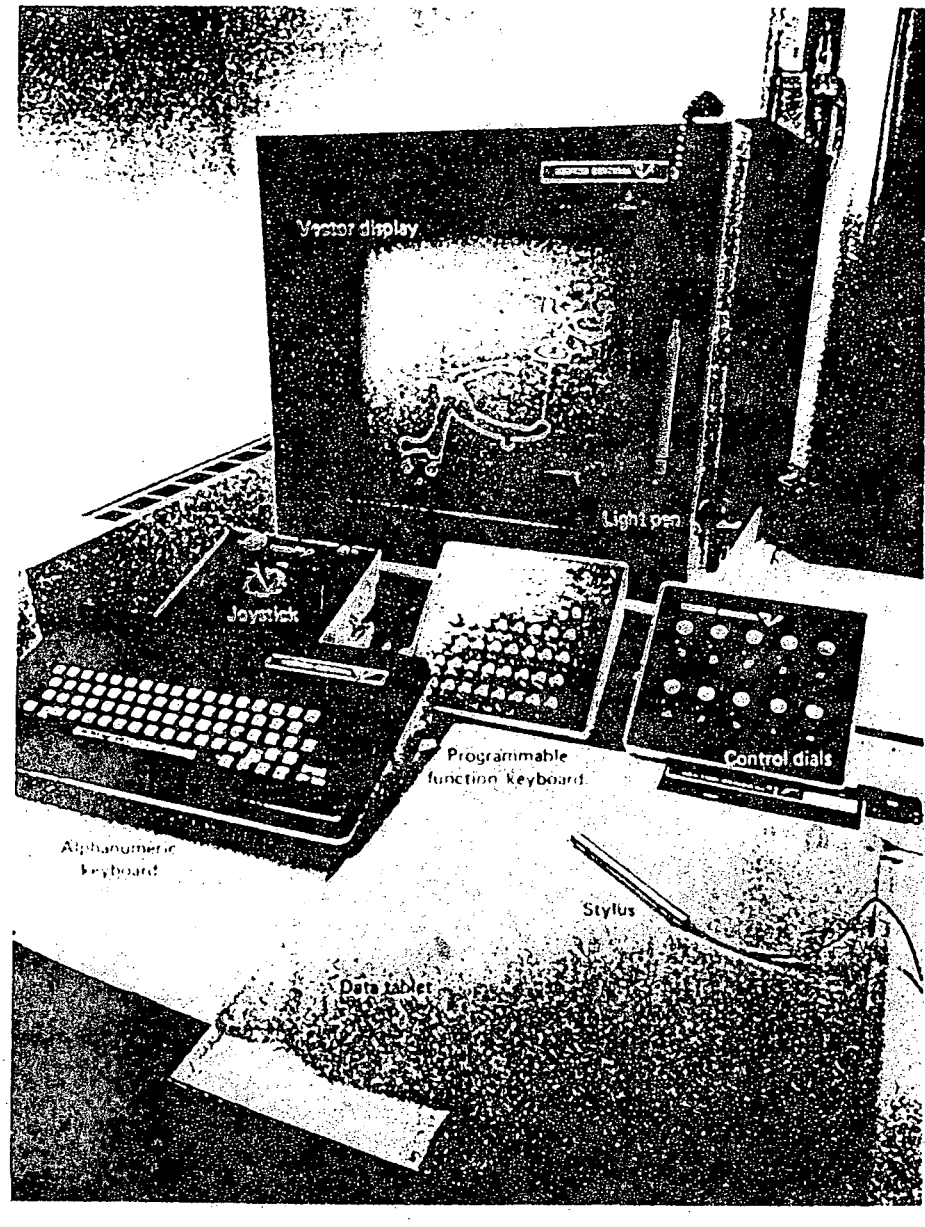
รูปที่ 3



รูปที่ 4


Interface to host computer
(Display commands)
(Interaction data)
Display processor
Keyboard
Data tablet
Bit map refresh buffer (the 1's are accentuated for contrast)
CRT

รูปที่ 5


Vector display
Light pen
Joystick
Programmable function keyboard
Control dials
Alphanumeric keyboard
Stylus
Data tablet

รูปที่ 6

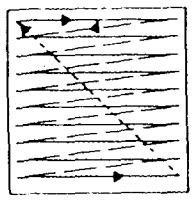
คุมอิเลคตรอนในหลอดภาพอีกทีหนึ่ง ดังที่แสดงในรูปที่ 3 ในระบบนี้เนื่องจากแสงที่ปรากฏขึ้นบนจอจะเลื่อนไปในเวลาอันสั้น ฉะนั้นจะต้องมีการยิงอิเลคตรอนไปที่จอที่ความถี่ที่เหมาะสม ซึ่งเรียกว่า Refresh Buffer ทั้ง Buffer Memory และตัวที่ควบคุมการ refresh ที่ความเร็วสูงนั้นยังมีราคาค่อนข้างแพงมาก ต่อมาจึงได้มีการค้นคิดจอภาพที่เป็นแบบ Direct - View Storage Tube (DVST) ซึ่งข้อมูลของภาพที่แสดงจะถูกเก็บไว้โดยตรงที่แผนจอภาพในรูปของประจุที่กระจายไปทั่วแผงจอภาพ แล้วลำอิเลคตรอนก็จะควบคุมการเปล่งของแสงที่จอภาพอีกทีหนึ่ง ซึ่งในระบบนี้ไม่จำเป็นต้องมี Buffer Memory และตัวที่ควบคุมการ refresh ซึ่งทำให้ราคาถูกลงไปมาก รูปที่ 4 แสดงหลักการทั่ว ๆ ไปของระบบนี้

Raster Scan ระบบแสดงภาพแบบ raster scan นั้น เส้น ตัวหนังสือและพื้นที่ของรูปภาพจะถูกเก็บไว้ใน Refresh Buffer ในรูปของหน่วยที่เล็กที่สุดของภาพที่เรียกว่า pixel หรือ picture element หลักการทำงานแสดงในรูปที่ 5 ซึ่งประกอบด้วยเส้นสแกน (Scanline หรือ Raster line) โดยเส้นนี้จะประกอบด้วย pixels ซึ่งถ้าพูดอีกอย่างหนึ่งก็คือ จอภาพจะถูกแบ่งออกเป็นตารางของ pixels ในแต่ละช่องของตารางหรือ pixel จะถูกควบคุมให้มีความเข้มต่างระดับกันและเมื่อรวมกันก็จะประกอบกันเป็นรูปภาพได้ ภาพที่เกิดขึ้นจะเกิดจากการสแกนเส้นไปที่ละเส้นจนครบทั้งหมดดังรูปที่ 7

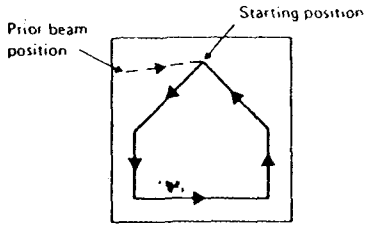
สิ่งที่น่าสังเกตุอย่างหนึ่งก็คือ ในระบบ Vector นั้น เส้นที่ประกอบกันเป็นภาพนั้นจะถูกเก็บในหน่วยความจำโดยเก็บเฉพาะจุดเริ่มต้นกับจุดปลายเท่านั้นซึ่งต่างจากของ raster display ซึ่งภาพจะประกอบด้วย pixels และแต่ละ pixel จะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำทั้งหมด ดังนั้นจะเห็นว่าภาพที่ต้องการเปลี่ยนตำแหน่ง (Transformation) แล้ว ภาพที่ประกอบด้วย connection points จำนวนไม่มากในระบบ vector จะทำได้เร็วกว่ามากการแสดงภาพในแบบ raster display ซึ่งใน raster display ต้องทำการทรานสฟอร์มทุก ๆ pixel ส่วนใน vector เฉพาะจุด connection points เท่านั้น (รูปที่ 8 และ 9)

ระบบกราฟฟิกส์ (Graphic System) รูปที่ 10 แสดงภาพตัวอย่างของระบบ Interactive Graphics พอคร่าว ๆ ในรูปนี้รายละเอียดของส่วนฮาร์ดแวร์ของคอมพิวเตอร์ไม่ได้แสดงไว้ แต่แสดงเฉพาะส่วนฮาร์ดแวร์ ซอฟท์แวร์ และส่วนโครงสร้างของข้อมูล

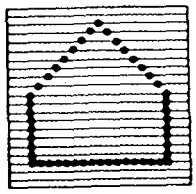
ฮาร์ดแวร์หลักนั้นมีอยู่สองส่วน คือส่วนคอมพิวเตอร์ กับส่วนควบคุมการแสดงภาพ ส่วนหน่วยข้อมูล (data modules) ที่แสดงในรูปทั้งสองส่วนนั้นจะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำร่วมกัน ซึ่งไม่ได้แสดงไว้ในรูป ส่วนที่เป็นโครงสร้างข้อมูลของงานหรือแบบ ประกอบด้วยรายละเอียดเกี่ยวกับรูปภาพที่ต้องการแสดง ส่วนโปรแกรมของส่วนควบคุมการแสดงภาพเกิดจากกราฟฟิกส์โปรแกรมเอง และฮาร์ดแวร์ของส่วนควบคุมการแสดงภาพจะอ่านข้อมูลในโปรแกรมนี้เข้าไปเพื่อแสดงภาพต่อไป



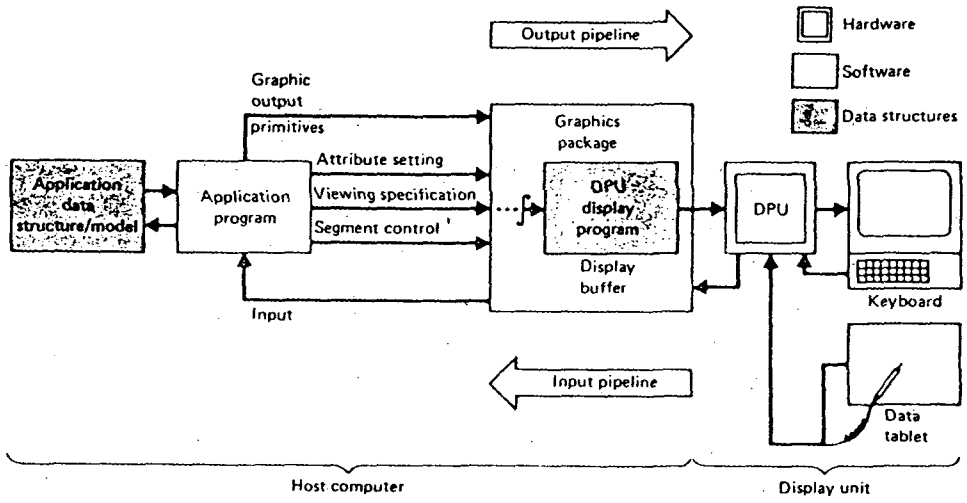
รูปที่ 7



รูปที่ 8



รูปที่ 9



รูปที่ 10

SOLID MODELING

การทำ Solid Modeling นั้นมีการศึกษากันมาไม่น้อยกว่าสองร้อยปีแล้ว ในสมัยศตวรรษที่ 17 ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงข้อได้เปรียบของ Solid Modeling ที่มีเหนือกว่าการจำลองรูปโดยใช้ Wireframe และ Surface Modeling ที่ใช้กับงาน CAD

การจำลองรูปในคอมพิวเตอร์โดยวิธี Solid Modeling นั้นให้ความแม่นยำและรายละเอียดของรูปทรงเรขาคณิตที่ดีกว่าวิธี Wireframe และ Surface Modeling ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้นในส่วนที่เกี่ยวกับระบบ CAD/CAM นั้น จะเห็นว่าในระบบนั้นจะมีข้อมูลทางวิศวกรรม (Engineering Data Library) ซึ่งให้ร่วมกันทั้ง CAD และ CAM ถ้ารูปจำลองในคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นโดยใช้ Solid Modeling แล้วจะสามารถเก็บไว้ในส่วนข้อมูลร่วมนี้ได้ซึ่งจะใช้ได้ทั้งในส่วนที่เกี่ยวกับการออกแบบและส่วนที่เกี่ยวกับการสร้าง ในสมัยก่อนถึงแม้จะยอมรับกันว่าการจำลองรูปโดยใช้ Solid Modeling จะให้รายละเอียดและข้อมูลที่ดีก็ตามแต่ความสะดวกที่มีไว้ให้กับผู้ใช้ก็มีน้อย เนื่องจากว่าในสมัยก่อนนั้นการพัฒนาทางด้านนี้คำนึงถึงการพัฒนาระบบมากกว่าการพัฒนาในส่วนที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้ซึ่งต้องการการโต้ตอบในขณะใช้งาน (Interactive User Interface) ซึ่งส่วนที่ขาดไปนี้ทำให้ยากต่อการเรียนรู้ใช้งานและวิธีการใช้ก็ขึ้นอยู่กับภาษารูปลักษณ์ที่เข้าใจยาก นอกจากนั้นความสมบูรณ์ของระบบก็ยังไม่ดีพอ ความสัมพันธ์ของชิ้นงานหลายชิ้นที่จะนำมาประกอบเข้าด้วยกันก็เป็นไปได้ยากเนื่องจากความละเอียดในขั้นตอนที่ออกแบบนั้นยังไม่มีความเที่ยงตรงเพียงพอ นอกจากนั้นการพัฒนาในส่วนที่นำแบบจำลองที่สร้างไปใช้งานในด้านอื่นก็ยังไม่ดีพอ และที่สำคัญคือการทำ Solid Modeling นั้นมีขั้นตอนการคำนวนมากและต้องการหน่วยความจำที่มากพอสมควรเพราะฉะนั้นจึงจำกัดอยู่แต่ในเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดกลางและใหญ่เท่านั้น

ในปัจจุบันนี้การพัฒนาทางด้าน Solid Modeling นั้นก้าวไปอย่างรวดเร็วพอสมควรมีการออกแบบในส่วนที่เกี่ยวกับผู้ใช้ ซึ่งทำให้การเรียนรู้ในการใช้ระบบเป็นไปได้โดยใช้เวลาไม่มากนัก ความสามารถในการให้รายละเอียดในเชิงเรขาคณิตและเชิงคณิตศาสตร์ทำให้เป็นพื้นฐานของการนำไปใช้ในการวิเคราะห์ และการวางแผนการผลิตได้ จึงทำให้มีโปรแกรมอื่น ๆ ที่พัฒนาขึ้นและสามารถนำมาใช้ร่วมกันโดยอาศัยข้อมูลรายละเอียดที่ได้จาก Solid Modeling นั้น ถ้าร่วมความสามารถทางวิเคราะห์แบบและออกแบบตลอดจนถึงระบบการผลิตแบบอัตโนมัติเข้าด้วยกันแล้ว ก็จะได้วงจรสมบูรณ์ในระบบ CAD/CAM ได้ โปรแกรมที่ทำเกี่ยวกับ Solid Modeling ที่ขายกันอยู่ในท้องตลาดนั้นก็มีอยู่มากมาย เช่น PRIME MEDUSA (Prime Computer), CATIA (IBM), ROMULUS (Evans & Sutherlan), EUCLID (Matra Datavision) เป็นต้น ถึงแม้จะมีโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับ Solid Modeling อยู่มากมายก็ตาม แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าจะเป็นการเพิ่มจำนวนผู้ใช้ให้มากขึ้นตาม แต่อย่างไรก็ตามก็เชื่อแน่ว่าการพัฒนาในส่วนที่เป็นการสร้างสรรค์

ให้ก่อให้เกิดระบบ CAD ที่สมบูรณ์แบบในเชิงสามมิติได้

เพื่อให้เกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้นในเรื่องเกี่ยวกับ Solid Modeling จึงจะยกตัวอย่างโปรแกรมหนึ่งที่ติดตั้งอยู่ที่ศูนย์คอมพิวเตอร์คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โปรแกรมนี้มีชื่อว่า MEDUSA โดยที่โปรแกรมนี้ทำงานอยู่บนเครื่อง Super-minicomputer ของ PRIME รุ่น 9750 โดยมีหน่วยความจำหลัก 4 MB (6 MB) และมีความจุของ Harddisk 600 MB โปรแกรม PRIME MEDUSA นั้นเป็นระบบที่ทำ Solid Modeling ได้สมบูรณ์มากพอสมควร และเป็นที่รู้จักกันอยู่มากโดยเฉพาะในประเทศอังกฤษ โดยโครงสร้างของ MEDUSA นั้นเป็นลักษณะของ Modules หลาย ๆ modules มารวมเข้าด้วยกันเป็น Interactive Computer Graphics Package โดยส่วนประกอบหลัก ๆ นั้นประกอบด้วย

- MEDUSA Design Drafting ซึ่งใช้กับการออกแบบและวาดแบบในระบบ 2 มิติ
- MEDUSA Design Modeling เป็นการออกแบบและวาดในระบบ 3 มิติ
- Variational Geometry เป็นส่วนที่ใช้เปลี่ยนแปลงขนาดของรูปที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลโดยไม่ต้องมาวาดใหม่เพื่อนำไปใช้กับการออกแบบอื่น ๆ
- Shaded Viewer ในการออกแบบและวาดแบบในระบบ 3 มิตินั้น MEDUSA สามารถทำเงาสีเพื่อให้เห็นรายละเอียดเพิ่มขึ้นได้
- MEDUSA Drawing Analysis and Interface เป็นส่วนช่วยให้การนำเอาข้อมูลที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลเพื่อนำมาใช้ประโยชน์อย่างอื่น และส่วนนี้ยังสามารถดัดแปลงข้อมูลที่เก็บไว้นั้นให้อยู่ในรูปของ Initial Graphics Exchange Specification (IGES) เพื่อประโยชน์ในการนำไปใช้กับระบบอื่นที่เข้าใจ IGES ได้
- MEDUSA Interface เป็นส่วนที่ช่วยให้ MEDUSA สามารถเชื่อมต่อส่งผ่านข้อมูลกับงานอื่น เช่น ติดต่อกับโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ทาง Finite Element โดยโปรแกรมนี้จะใช้ข้อมูลที่ได้จาก MEDUSA งานออกแบบที่ทำด้วย MEDUSA นั้นอาจจะนำไปต่อเข้าโดยตรงกับอุปกรณ์ที่ใช้ผลิตโดยผ่านอุปกรณ์บางชนิดที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ใช้กับ MEDUSA กับอุปกรณ์ที่ทำการผลิตชิ้นส่วนซึ่งเป็นส่วนของระบบ CAM

การสร้างโมเดลของรูปในระบบสามมิตินั้นอาจจะแบ่งได้เป็นสองวิธีคือแบบ primetive approach และแบบ boundary approach ในแบบ primetive approach นั้นการสร้างแบบจะประกอบด้วยพื้นผิวในระบบสามมิติ พื้นผิวนี้สามารถสร้างได้โดยอาศัยสมการทางคณิตศาสตร์ซึ่งในบางกรณีค่อนข้างจะสลับซับซ้อนมาก แบบ primetive approach นี้ทำกันมานานแล้วและก็ยังใช้กันอยู่ในงานหลายอย่างที่ต้องการรายละเอียดเกี่ยวกับพื้นผิวของแบบเช่นระบบ CAD/CAM ที่ต่อกับเครื่อง CNC machine

(Computer Numerical Control) เป็นต้น

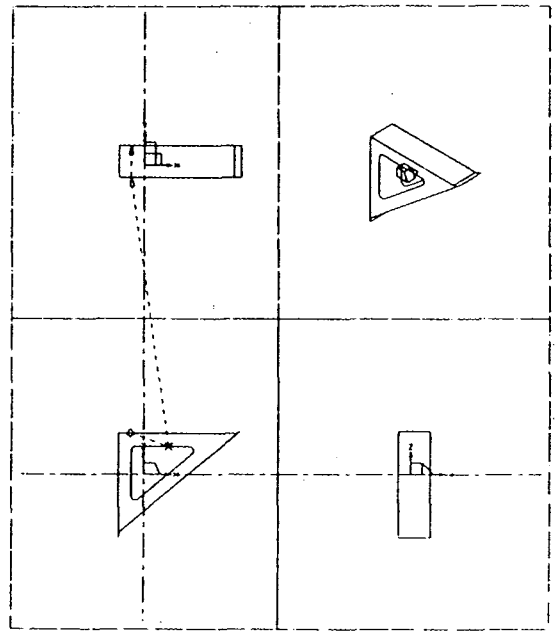
การสร้างภาพสามมิติโดยอาศัยวิธีการในแบบ boundary approach นั้นใช้กันแพร่หลายมาก เพราะช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถสร้างแบบในระบบสามมิติที่สลับซับซ้อนได้ไม่ยากนักดังจะกล่าวต่อไป โดยอาศัยหลักการเช่น Volume Revolution, Profile Revolution, Surface Netting, Edging, Boolean Operation เป็นต้น ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวต่อไป การสร้างภาพโดยให้วิธีการ boundary approach นั้นทำได้ง่ายกว่าแบบ primetive approach มาก และข้อมูลเกี่ยวกับแบบก็มีมากกว่าเนื่องจากการสร้างรูปโดยวิธี boundary approach นั้นจะได้รูปทรงตันซึ่งคุณสมบัติภายในจะถูกกำหนดไว้อย่างครบถ้วน แต่ก็ขึ้นอยู่กับงานที่จะเอาไปใช้ด้วย ในงานบางอย่างนั้นวิธีการแบบ boundary approach นั้นก็นำมาใช้ไม่ได้เช่น แบบทรงตันที่พื้นผิวเป็นส่วนโค้งหลายแบบซึ่งทำได้ยากในวิธีการของ boundary approach การหาสมการสำหรับพื้นผิวแล้วอาศัยวิธีการของ primetive approach นั้นอาจจะง่ายกว่า แต่อย่างไรก็ตามทั้งสองวิธีนี้ก็เป็นที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไป

<u>การกำหนดรูปแบบจำลองโดยในแบบ Boundary Approach</u>

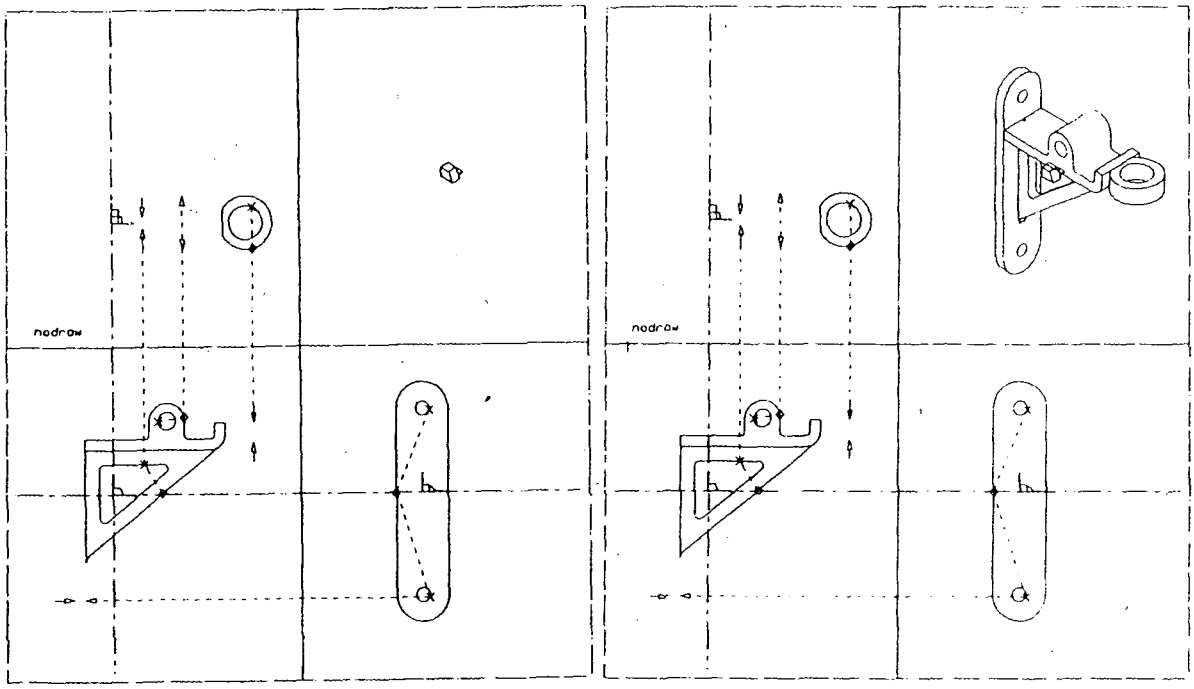
<u>ตัวอย่างการวาดภาพโมเดลสามมิติของระบบ MEDUSA</u>

การทำโมเดลในระบบสามมิติของ MEDUSA นั้นนับว่ามีความสามารถมาก สมมติว่ารูปที่ (13) เป็นรูปที่ต้องการวาดขึ้นมา หลักในการทำโมเดลนั้นก็เพียงแต่ให้ข้อมูลที่ด้านต่าง ๆ เช่นด้านบน ด้านหน้า หรือด้านข้าง เป็นต้น โดยที่ข้อมูลนั้นไม่จำเป็นต้องบอกทุกส่วนของภาพที่ปรากฏทางด้านนั้น เพียงแต่ให้ข้อมูลที่เพียงพอกับการทำโมเดลก็เพียงพอแล้ว รูปที่ (11) เป็นรูปที่แสดงวิธีการวาดโดยจะวาดเฉพาะส่วนที่เป็นสามเหลี่ยม ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของภาพที่ต้องการ ในรูปนี้จะมีกรอบอยู่ 4 กรอบด้วยกัน กล่าวคือกรอบบนด้านซ้ายมือแสดงถึงการมองรูปทางด้านบน (TOP VIEW) กรอบล่างด้านซ้ายมือแสดงถึงการมองรูปด้านหน้า (X-Z VIEW) กรอบล่างด้านขวามือแสดงถึงการมองรูปด้านข้าง (X-Z VIEW) ส่วนกรอบบนขวามือเป็นรูป Isometric ที่เป็นผลลัพธ์หลังจากคอมพิวเตอร์สร้าง Solid Modeller แล้ว การวาดรูปนี้ข้อมูลที่จำเป็นต้องใส่เข้าไปก็คือรูปในกรอบด้านล่างซ้ายมือเท่านั้น กับเส้นโยงระหว่างกรอบด้านล่างซ้ายมือนี้กับกรอบบนซ้ายมือเท่านั้น เส้นนี้เรียกว่า Link Line ซึ่งจะกล่าวละเอียดต่อไป ส่วนเส้นอื่นนั้น MEDUSA จะวาดมาให้เอง ในกรณีนี้เส้นโยงที่กล่าวถึงนั้นจะเป็นการบอกความสัมพันธ์ว่าถ้ามองรูปด้านข้าง (กรอบล่างด้านซ้าย) แล้ว จะเห็นความหนาของรูปนั้นซึ่งบอกโดยเส้นโยงถือระยะห่างของหัวลูกศรเป็นหลัก ส่วนเส้นอื่นในกรอบบนซ้ายนี้ (เช่นเส้นขอบของรูป) MEDUSA จะวาดให้จนครบ ในการวาดนั้นกรอบต่าง ๆ หมายถึงมุมต่าง ๆ ของการมองภาพ ซึ่งในการวาดรูปบางรูปอาจจะต้องการกรอบมากกว่าสี่ก็ได้

สรุปแล้วการสร้างรูปโมเดลทรงตันด้วย MEDUSA นั้นผู้สร้างจำเป็นต้องกำหนดรูป



รูปที่ 11 ตัวอย่างการวาดภาภามมิติ ข้อมูลที่ต้องวาดคือรูปในกรอบล่างด้านซ้ายกับเส้นโยงระหว่างกรอบบนด้านซ้ายกับกรอบล่างด้านซ้าย นอกนั้นคือผลลัพธ์ที่ได้ออกมาจาก MEDUSA ในที่นี้กรอบซ้ายมือคือการมองภาพจากด้านบนกรอบล่างทั้งซ้ายและขวาคือการมองภาพจากด้านหน้าและด้านข้าง ส่วนกรอบบนด้านขวามือคือรูป ISOMETRIC ในหนึ่งรูปนี้จะมีกรอบกี่อันก็ได้



(2)
Sheet with Multiple Profiles

(3)
Model from Multiple Profiles

รูปที่ 12 และ 13 เป็นตัวอย่างการวาดรูปสามมิติ รูปที่ 12 เป็นรูปที่วาดเพื่อให้ข้อมูลกับ MEDUSA และรูปที่ 13 เป็นผลลัพธ์ที่ได้ออกมา จะเห็นว่ารูปโมเดลที่ยาก ๆ นั้นสามารถสร้างได้จากการรวมรูปโมเดลย่อย ๆ เข้าด้วยกัน เส้นโยงระหว่างกรอบนั้นเป็นการบอกข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างด้านที่มอง เช่นความหนาหรือความสูงเป็นต้น

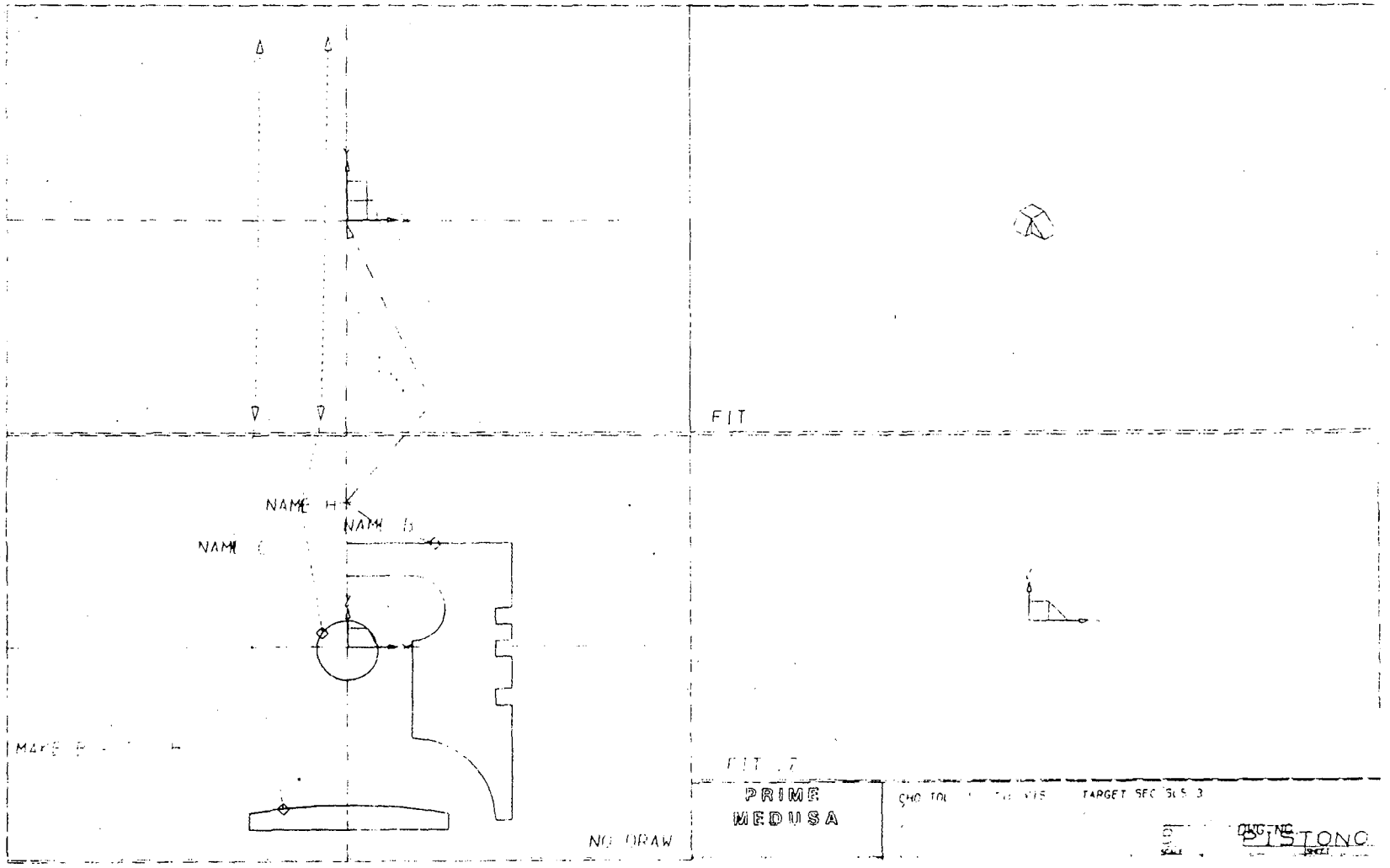


Figure 14 The Boundary Approach to Model Definition
(Profiles "C" and "H" are projected into the XY plane
and Profile "B" is revolved about the Z axis)

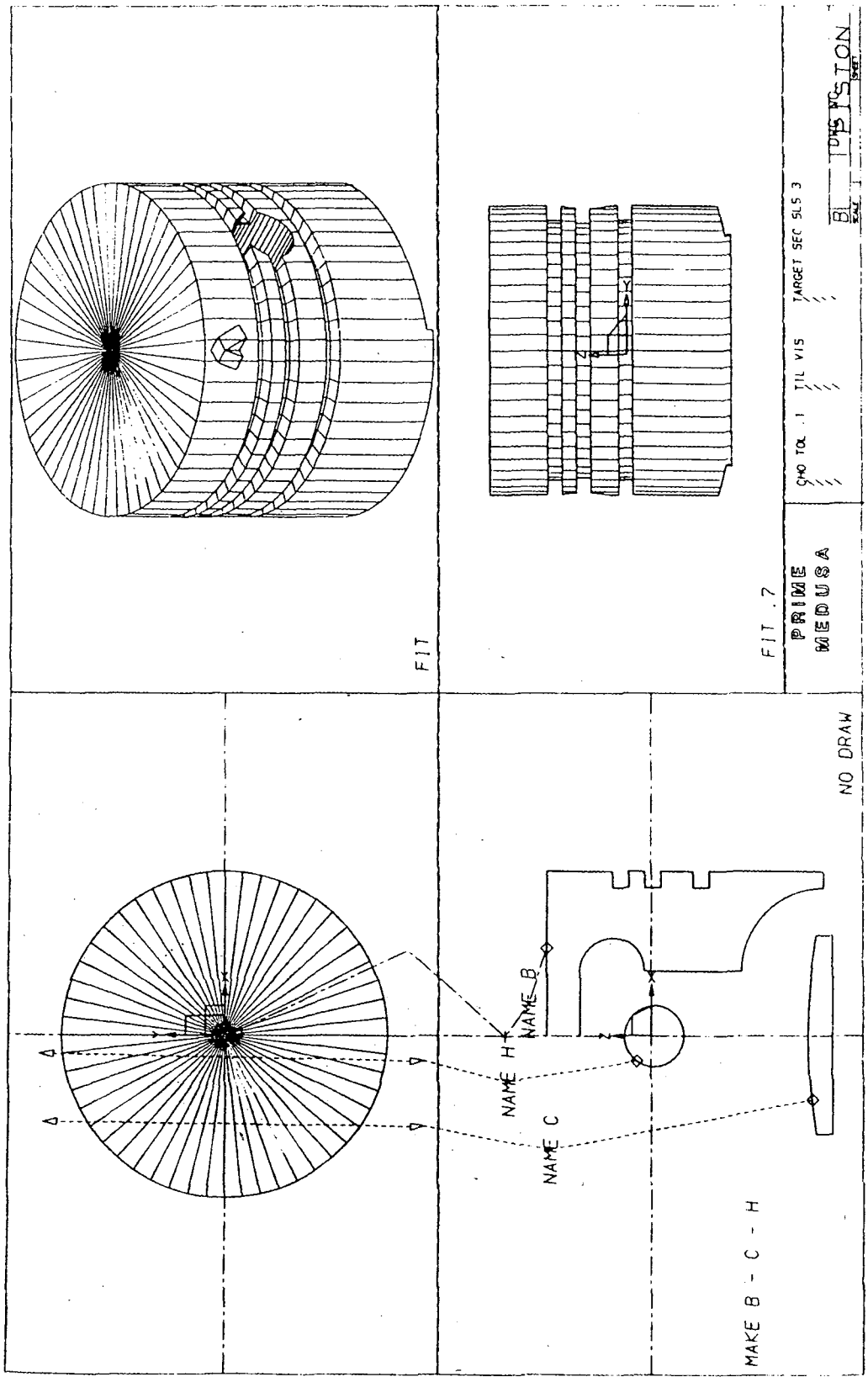


Figure 15 Boolean Operations of shapes defined by the Boundary Approach

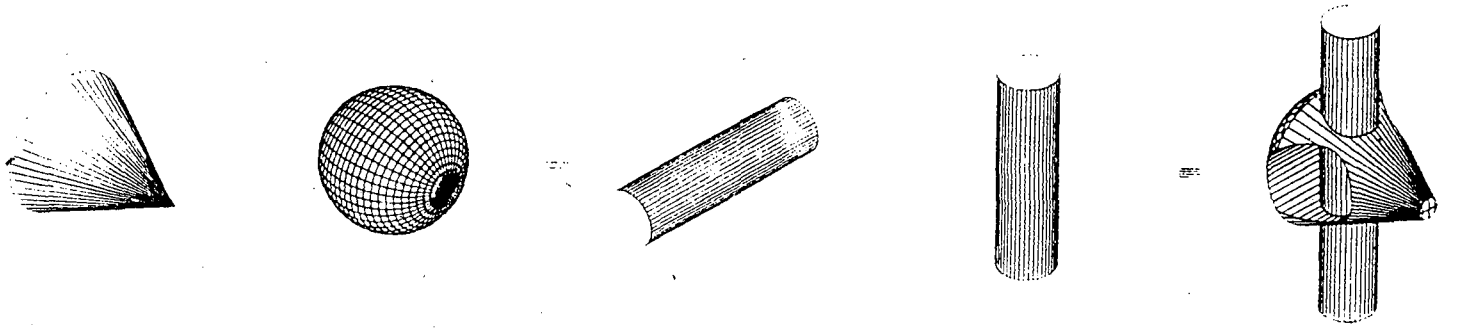
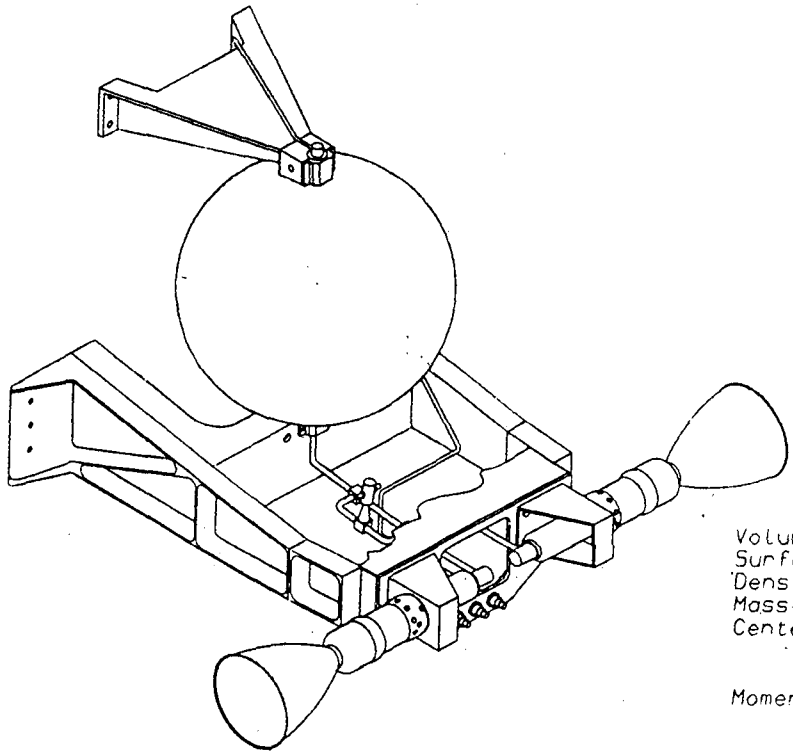
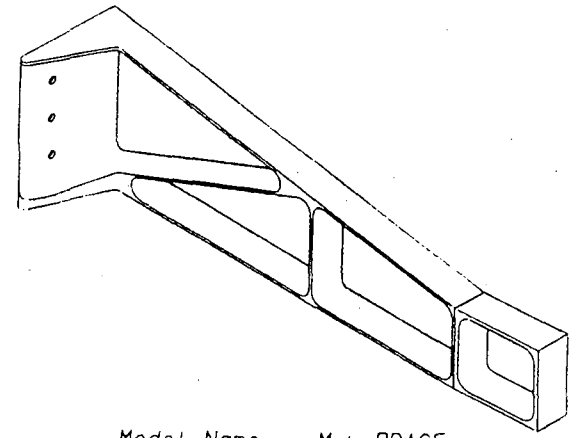


Figure 16 Primitive can be modelled using Boundary Representation and Boolean





Model Name : M.L.BRACE

Volume		:	0.13479E-03 cubic m
Surface Area		:	0.79969E-01 square m
Density		:	7850.00000 kg/cubic m
Mass		:	1.05807 kg
Center of Gravity	x-coord	:	-0.11524E-01 m
	y-coord	:	0.13034E-02 m
	z-coord	:	0.10145E-01 m
Moments of Inertia about	x-axis	:	0.93211E-03 kg.square m
	y-axis	:	0.10382E-01 kg.square m
	z-axis	:	0.97870E-02 kg.square m
Products of Inertia in	x-y plane	:	0.47522E-03 kg.square m
	y-z plane	:	0.26288E-04 kg.square m
	z-x plane	:	-0.44721E-03 kg.square m
Radius of Gyration	x-axis	:	0.29681E-01 m
	y-axis	:	0.99057E-01 m
	z-axis	:	0.96176E-01 m

Figure 17 Assembly and component mass properties can be derived

profile ในระบบ 2 มิติเสียก่อน โดยใช้หลักการสร้างรูปสามมิติที่เป็นมาตรฐานทั่วไป กล่าวคือ profile ของรูปในระบบ 2 มิตินั้นอาจจะเป็นรูป profile ที่มองเห็นได้จาก view ต่าง ๆ เช่น ด้านบน ด้านข้าง ด้านหน้า เป็นต้น เมื่อกำหนด profile ของรูปสามมิติจากด้านหนึ่งแล้วในด้านอื่นก็จะมีความสัมพันธ์กับด้านที่กำหนดไว้แล้วโดยจะบอกถึงความลึก ความหนาและจุดต่อดังแสดงในรูปที่ (14) ซึ่งเส้นที่บอกความสัมพันธ์ของด้านแต่ละด้านนี้เรียกว่า Link Line หรือเส้นโยง ชนิดของ Link Line นี้จะบอกถึงวิธีการจัดการกับรูปทรงเรขาคณิตที่ต้องการดังรูปที่ (14) และ (15) วิธีการจัดการนี้สามารถสรุปได้คือ

- Sweep การทำ sweep นั้น เส้น Link Line นั้นจะบอกความสัมพันธ์ของเส้น profile ที่กำหนดไว้ที่ด้านใดด้านหนึ่ง กับด้านอื่นโดยเส้น Link Line นี้จะเป็นตัวบอกความหนาของเส้น profile นั้นดังรูปที่ (11)
- Volume of Revolution คือการหมุนเส้น profile รอบแกนที่กำหนดโดย Link Line โดยจะให้รูปทรงปริมาตรหลังจากการหมุน
- Slide การทำ Slide นั้นจะประกอบด้วยเส้น profile และเส้นตรงหรือเส้นโค้งซึ่งเส้น profile นี้จะไถลไป โดยเส้นทั้งสองชนิดนี้จะต่อเชื่อมกันโดยใช้ Link Line
- Rule Surfaces เมื่อมีเส้น profile สองเส้นซึ่งอาจจะมีรูปร่างเหมือนกันหรือต่างกันก็ได้ และอยู่กันคนละระดับ รูปทรงตันที่ได้จะเกิดจากเส้น profiles ทั้งสองนี้ โดยเส้น Link Line จะเป็นเส้นที่ใช้ต่อระหว่างสอง profile นี้และเส้น Link Line นี้จะใช้เป็นตัวกำหนดความหนาหรือระยะห่างระหว่างสอง profiles นั้น
- Pipes ช่วยในการสร้างระบบท่อในสามมิติ โดยเส้น Link Line จะเป็นตัวกำหนดขนาดของท่อและความโค้งเมื่อท่อเปลี่ยนทิศทางด้วย
- Surfnet การสร้าง Solid Model ด้วยวิธีนี้นั้นจะประกอบด้วย เส้นที่ถือว่าอยู่ในแนว Longitudinal และ Latitude โดยใช้วิธีการ interpolate ระหว่าง พื้นที่ตัดขวางที่ตำแหน่งต่างของรูป โดยมีเส้น Link Line เป็นเส้นเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ตัดขวางเหล่านั้น

นอกจากนี้รูปที่มีความสลับซับซ้อนซึ่งบางครั้งไม่สามารถที่จะสร้างขึ้นโดยอาศัยวิธีการใดวิธีการหนึ่งเท่านั้น ก็สามารถที่จะสร้างขึ้นโดยใช้วิธีการของ Boolean Operations ได้ ดังแสดงในรูปที่ (16) ซึ่งอาจจะเป็นการ "Addition", "Subtraction" และ "Intersection"

รูปสามมิติที่สร้างขึ้นแล้วนั้นอาจจะนำมาประกอบเข้าด้วยกันได้โดยอาศัย "Model Instancing" วิธีนี้เป็นวิธีที่มีความสามารถสูงและเข้าใจง่าย ตัว "Model Instance"

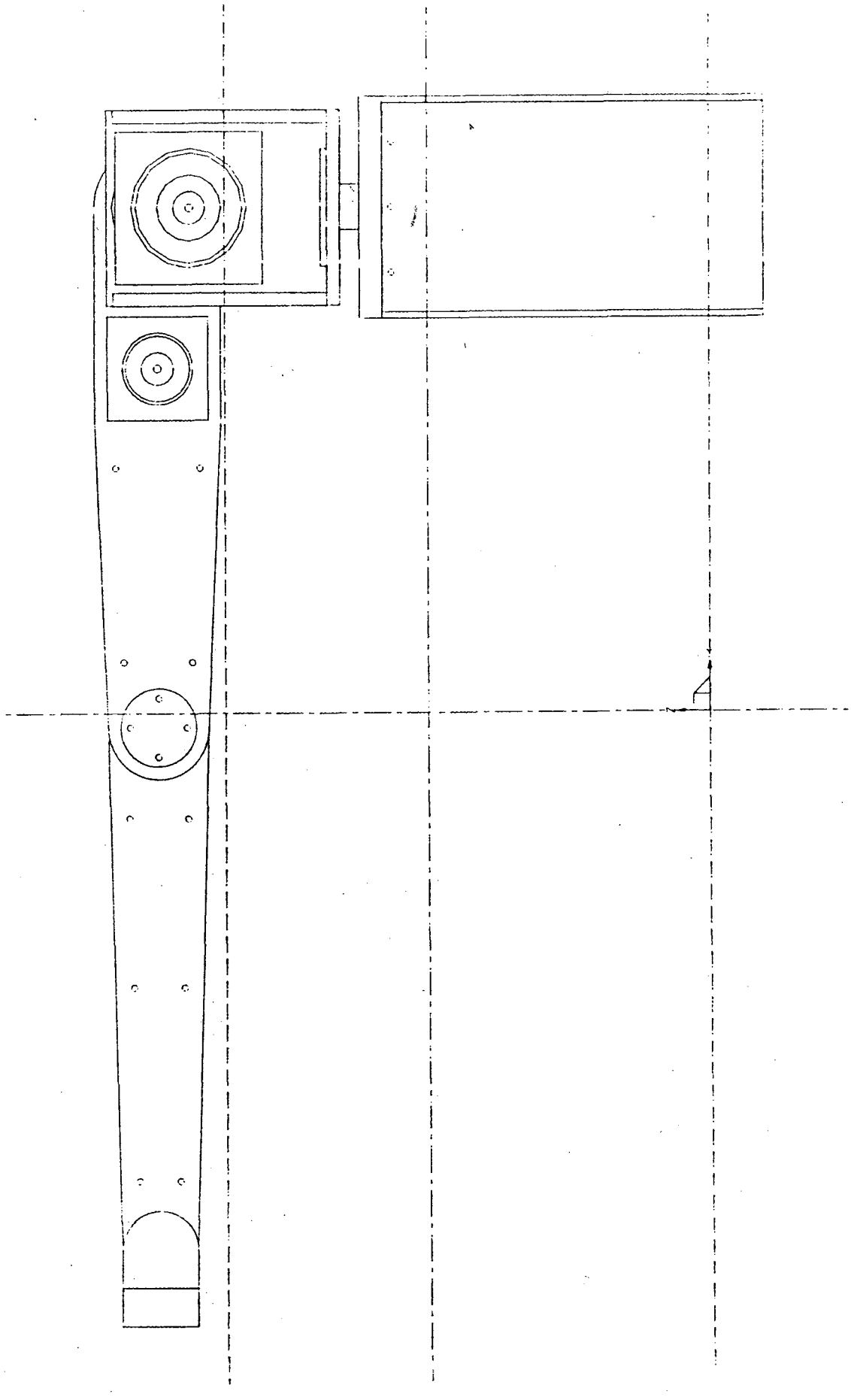
นี้จะเป็นตัวกำหนดการจัดเรียงตัวของชิ้นวัตถุในด้านที่มอง (View Box) โดยมีความสัมพันธ์กับชิ้นวัตถุอื่นที่อยู่ในด้านที่มองนั้นด้วย รูปที่ (18)-(20) เป็นการนำเอาชิ้นวัตถุที่สร้างขึ้นแต่ละชิ้นแล้วนำมาประกอบร่วมกัน ซึ่งทำให้ง่ายต่อการตรวจสอบก่อนที่จะลงมือสร้างจริง นอกจากนี้แล้วสิ่งสำคัญที่ให้ความแตกต่างระหว่างรูปที่เป็นทรงตันกับรูปที่ไม่ใช่ทรงตันก็คือความเป็นไปได้ในการหาคุณสมบัติของมวล (mass properties) ของรูปทรงตัน คุณสมบัติต่าง ๆ เหล่านี้เช่น มวล ปริมาตร พื้นที่ผิวทั้งหมด จุดศูนย์กลางความถ่วง และ moment of inertia ของชิ้นงานที่สร้างขึ้นนั้น ดังแสดงในรูปที่ (17)) ถ้าไม่มีความสามารถในส่วนนี้แล้วก็จะเป็นการยากมากที่จะคำนวนหาคุณสมบัติเหล่านี้โดยอาศัยวิธีการทางรูปทรงเรขาคณิต คุณสมบัติเหล่านี้มีประโยชน์มากในการออกแบบเบื้องต้น

IGES FORMAT

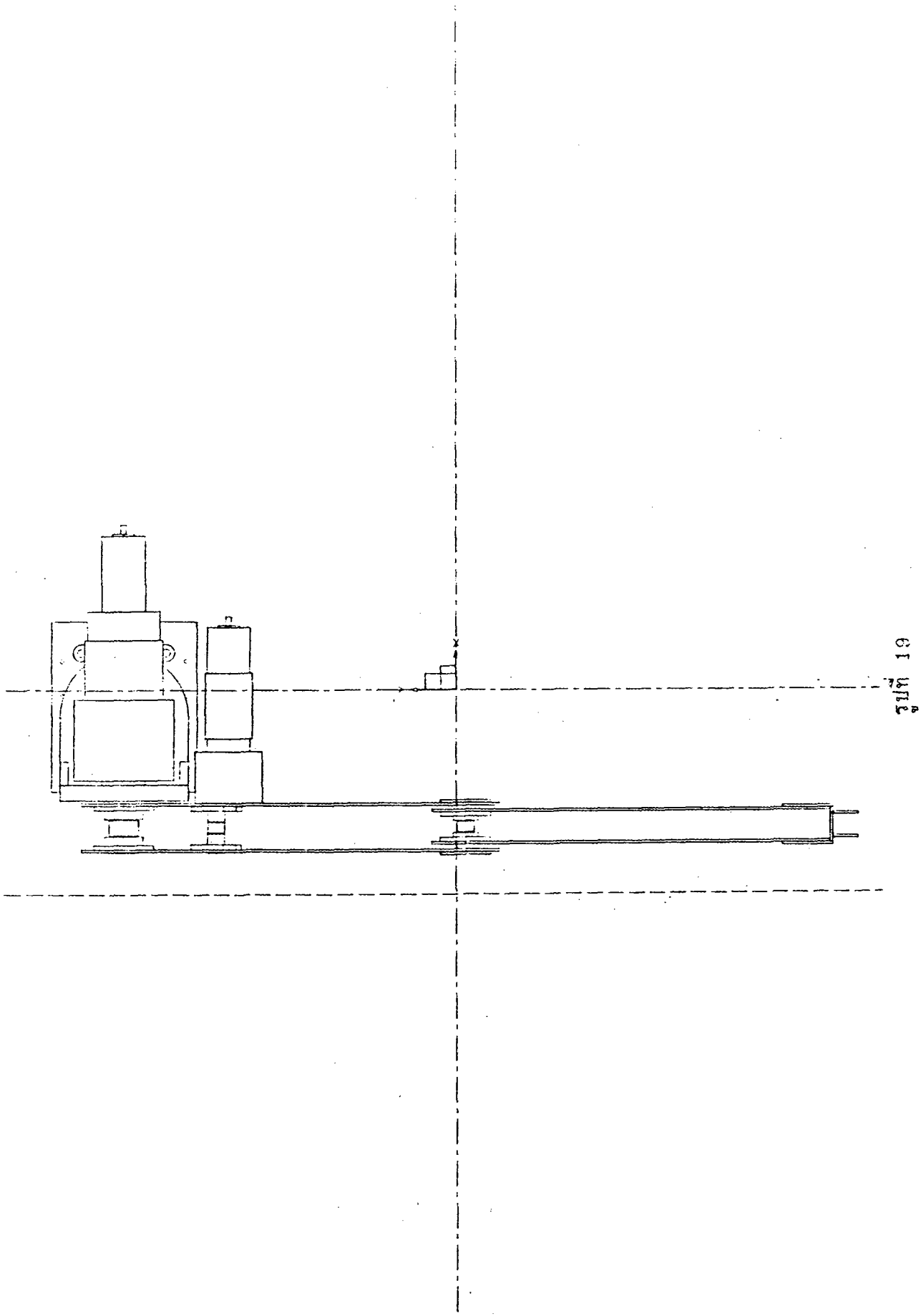
ปัจจุบันนี้ได้มีมาตรฐานเกี่ยวกับแบบฟอร์มในการเก็บข้อมูลที่สร้างจากโปรแกรม CAD ทั้งหลาย มาตรฐานนี้กำหนดโดย ISO ที่เกี่ยวข้องกับระบบกราฟฟิกส์นั้นมีชื่อเรียกสั้น ๆ ว่า IGES Format (Initial Graphics Exchanges Specificaiton) ซึ่งระบบ CAD ในเครื่องระดับปานกลางถึงระดับใหญ่ใช้ IGES เป็นมาตรฐานในการส่งผ่านข้อมูลระหว่างระบบ เช่น MEDUSA , CATIA, CADAM เป็นต้น โปรแกรมเหล่านี้สามารถสร้างไฟล์ที่เก็บรูปที่วาดแล้วให้ข้อมูลที่ถูกเก็บนั้นอยู่ในรูปของ IGES Format ได้ โปรแกรมที่ใช้งานอยู่ในเครื่องขนาดเล็กเช่น AUTOCAD ก็มีความสามารถนี้อยู่ การออกแบบงานใหญ่ ๆ บางครั้งความสามารถของเครื่องระดับเล็กอาจจะไม่พอ ถ้าเกิดกรณีเช่นนี้ขึ้นอาจจะแปลงข้อมูลที่วาดไว้แล้วในเครื่องเล็กให้อยู่ในรูปของ IGES Format ได้ แล้วก็นำขึ้นไปทำต่อในระบบเครื่องที่ใหญ่กว่าได้

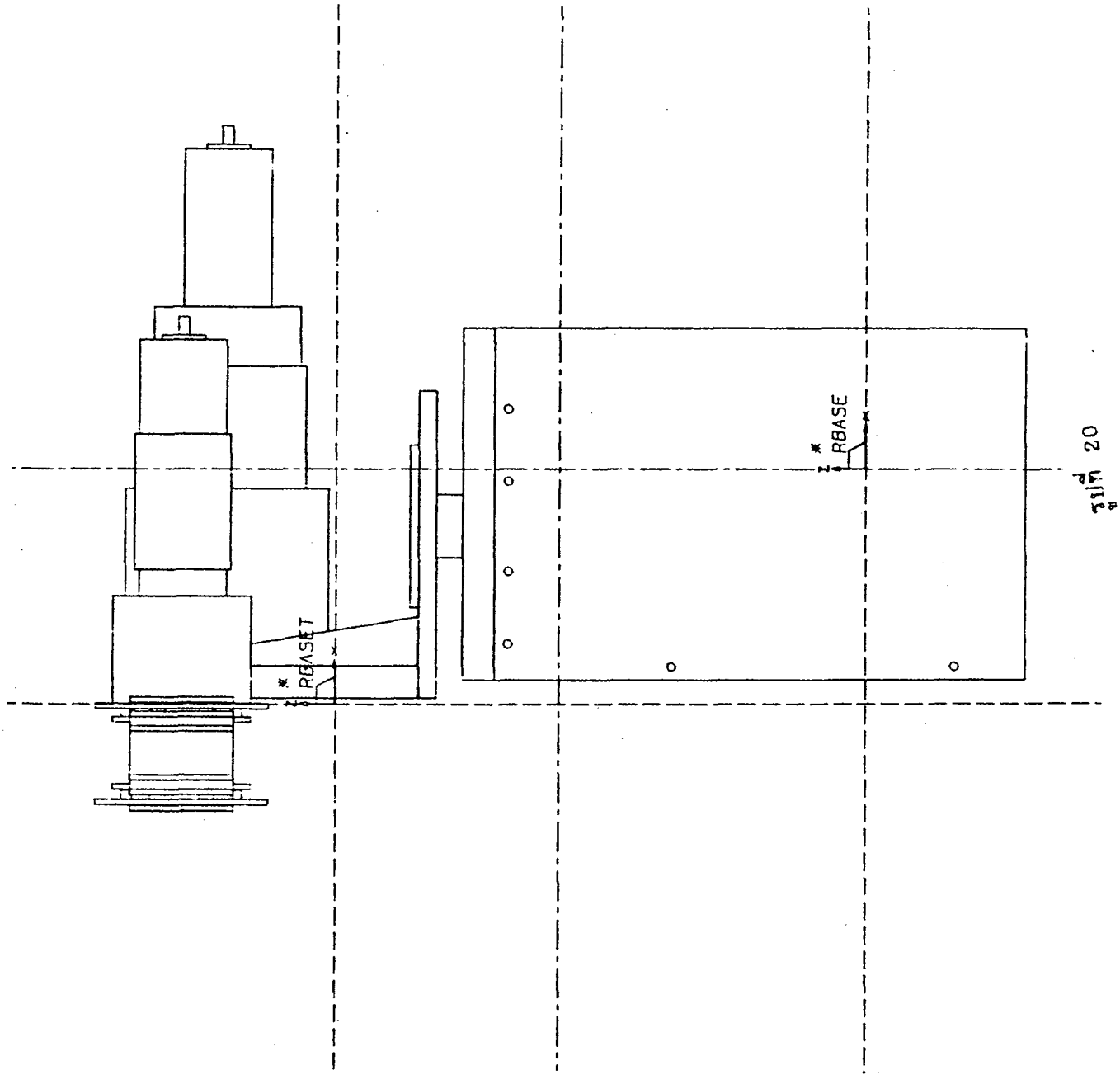
การวิเคราะห์

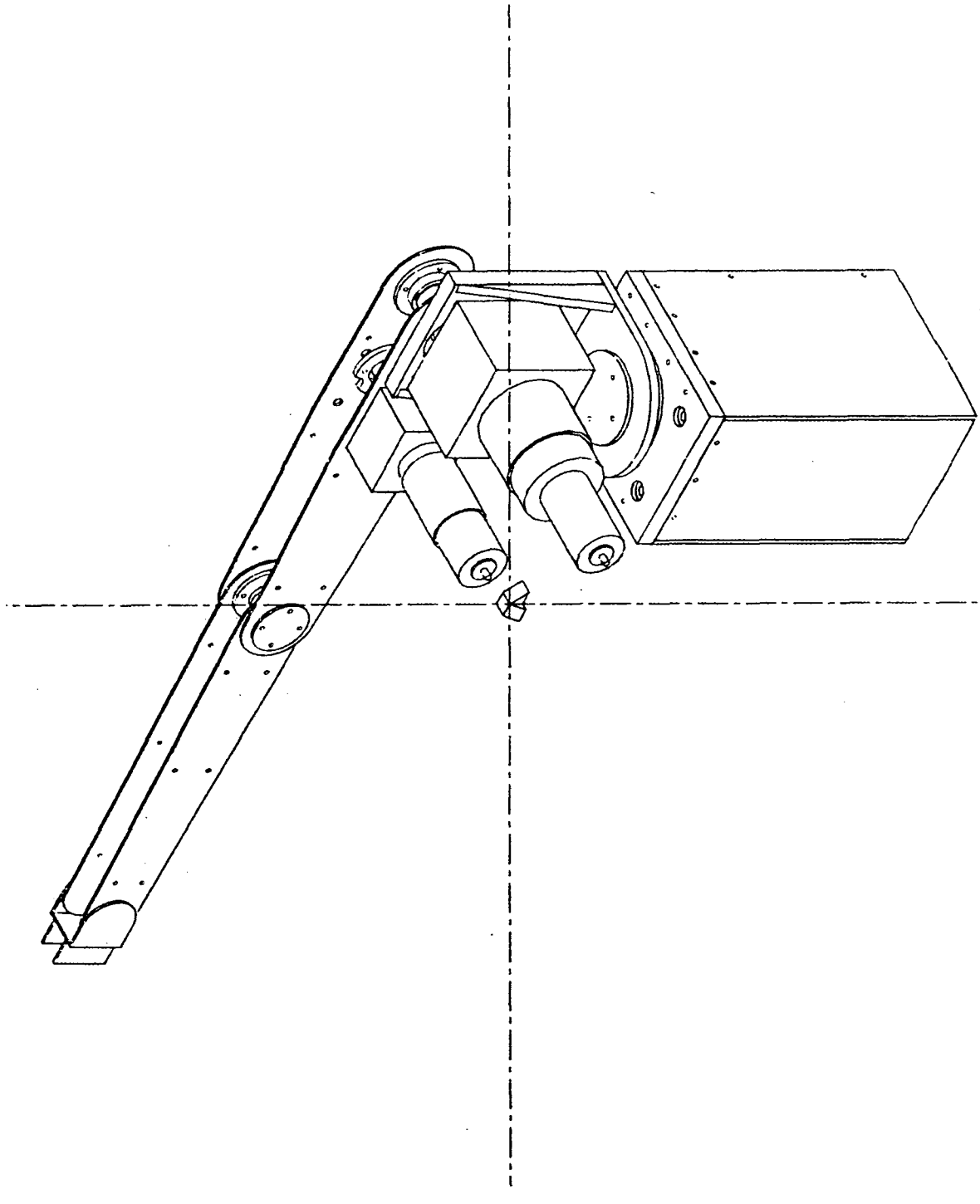
ในเชิงวิศวกรรมแล้ว การออกแบบชิ้นงานแต่ละชิ้นนั้นผู้ออกแบบจำเป็นต้องทราบว่าชิ้นงานที่ออกแบบไปแล้วนั้นมีความคงทนแข็งแรงเพียงพอหรือไม่ ซึ่งในบางครั้งการคำนวนหาความแข็งแรงในรูปของความเค้น (stress) นั้นก็เป็นไปได้ยากเนื่องจากรูปทรงอาจจะสลับซับซ้อน ในกรณีเช่นนี้จึงอาจจะต้องสร้างแบบจำลองของจริงขึ้นมาแล้วนำไปทดสอบในสภาพ แวดล้อมต่าง ๆ กันที่ใกล้เคียงกับสภาพแล้วล้อมจริง ซึ่งในบางครั้งก็ไม่สะดวกและเสียค่าใช้จ่ายมาก วิธีการคำนวนหาความเค้น (stressing method) ที่เลือกนั้นขึ้นอยู่ชนิดของชิ้นงานและสภาวะแวดที่นำไปใช้กล่าวคือ โหลดหรือภาระที่ชิ้นงานนั้นถูกกระทำอยู่ชนิดการกระทำของโหลดซึ่งอาจจะก่อให้เกิดความล้า (Fatique)หรือไม่ และก็ Safety factor ในสิบปีที่แล้วเมื่อคอมพิวเตอร์ยังไม่พัฒนาเหมือนสมัยนี้การคำนวนนั้นก็อาศัย Slide Rule ต่อมาเมื่อเครื่องคิดเลขที่สามารถพกติดตัวได้เข้ามามีบทบาทแทน ความสะ



รูปที่ 18




RBASE
RBASET
20



รูปที่ 21

ดวกในการคำนวนตัวเลขก็มีมากขึ้น พอมาถึงยุกต์คอมพิวเตอร์บุคคลนั้นการคำนวนต่าง ๆ ก็เป็นไปได้อย่างสะดวกยิ่งขึ้น กล่าวคือสามารถที่จำทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถเก็บรูปแบบสูตรการคำนวนต่าง ๆ หลายชนิดได้ และสามารถเรียกมาใช้งานได้สะดวกและรวดเร็วมาก

Finite-Element analysis ใช้กันอย่างแพร่หลายในการศึกษาและแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับความเค้น (stress) และความเครียด (strain) ที่เป็นเชิงเส้น แต่วิธีการเหล่านี้ก็สามารถปรับปรุงและใช้กับปัญหาที่ไม่ใช่เชิงเส้น ในสมัยต้น ๆ นั้นเหตุที่นำเอา Finite-Element มาช่วยในการวิเคราะและออกแบบนั้นก็เพื่อต้องการลดน้ำหนักของชิ้นงานที่สร้างขึ้นในอุตสาหกรรมเครื่องบิน โดยความแข็งแรงจะต้องเพียงพอกับงานที่ใช้ด้วย ในปัจจุบันนี้เหตุผลนี้ก็ยังเป็นจริงอยู่ การใช้ Finite-Element มาวิเคราะห์แบบนั้นทำให้ทราบรายละเอียดของชิ้นงานที่สร้างนั้นมากกว่าการใช้การคำนวนด้วยมือโดยเฉพาะเมื่อชิ้นงานที่จะวิเคราะห์นั้นมีรูปทรงที่สลับซับซ้อน จึงทำในเกิดความมั่นใจกับการใช้งานมากขึ้น ซึ่งดีกว่าการสร้างความมั่นใจโดยใส่ค่า Safety factor ไว้ สูง ๆ การสร้างแบบจำลองจริงเพื่อใช้ในการทดสอบก่อนนำไปใช้งานนั้นอาจจะต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง ทั้งนี้อาจจะต้องสร้างแบบจำลองหลายแบบแต่ละแบบขึ้นอยู่กับวิธีการออกแบบ แต่ถ้านำเอา Finite-Element มาใช้ในขั้นตอนการออกแบบ การสร้างแบบจำลองจริงอาจจะทำหลังจากมีวิเคราะห์เรียบร้อยแล้ว แบบจำลองที่จำเป็นจึงเป็นแบบสุดท้ายที่ต้องการนั้น

Solid Modeling นั้นมีส่วนสำคัญอย่างมากในการเตรียมข้อมูลสำหรับการ วิเคราะห์ทาง Finite-Element การเตรียมข้อมูลในขั้นนี้ก็คือการสร้างตารางตาข่าย (mesh generation) ซึ่งเป็นการแบ่งรูปทรงตันใหญ่ออกเป็นส่วนเล็กเพื่อประโยชน์ในการวิเคราะห์ต่อไป สมัยก่อนหรือแม้แต่สมัยนี้จะเห็นว่าส่วนที่ยากที่สุดส่วนหนึ่งในการทำเอาโปรแกรม Finite-Element มาช่วยในการวิเคราะห์แบบก็เห็นจะเป็นการสร้าง mesh นั่นเอง โดยเฉพาะรูปทรงที่สลับซับซ้อนมากนั้นยิ่งต้องเสียเวลามากในการสร้าง mesh ขั้นตอนในการเตรียมข้อมูลเพื่อใช้กับโปรแกรม Finite-Element ก็คือ ในขั้นต้นจะเป็นการสร้างรูปทรงตัน (Solid Modeler) ของแบบที่ต้องการเสียก่อน หลังจากนั้นก็ใช้ความสามารถของโปรแกรม CAD เพื่อกำหนดตำแหน่งต่าง ๆ ที่สนใจในชิ้นงานนั้นหรือการสร้าง mesh นั่นเอง เมื่อได้ข้อมูลเรียกร้อยแล้วก็สามารถส่งข้อมูลนั้นเข้าไปสู่โปรแกรม Finite-Element เพื่อทำการวิเคราะอีกต่อหนึ่ง โปรแกรม Finite-Element นั้นมีอยู่มากมายเช่น NASTRAN, SAP, NONSAP, COSMOS, LUSAS, PAFEC เป็นต้น บางโปรแกรมนั้นก็มีความสามารถในการสร้างรูปกราฟฟิกส์ในตัว

CNC และ DNC

CNC นั้นย่อมาจาก Computerised Numerical Control ส่วน DNC นั้นก็ย่อ

มาจาก Direct Numerical Control ก็อื่นต้องทำความเข้าใจกันก่อนว่า CNC และ DNC นั้นไม่เหมือนกับระบบ Numerical Control (NC) ที่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการทำงาน โดยที่อันหลังนั้นโปรแกรมที่สร้างขึ้นนั้นอาจจะสร้างขึ้นมาก่อนล่วงหน้าโดยใช้คอมพิวเตอร์ตัวอื่นต่างหาก แต่ CNC นั้นจะมีคอมพิวเตอร์อยู่ตัวหนึ่งซึ่งทำหน้าที่โดยตรงในการควบคุมเครื่อง NC นั้น ระบบต่าง ๆ ในระบบ NC โดยทั่วไปนั้นจะเป็นแบบ hardwire ซึ่งยากต่อการแก้ไขเปลี่ยนแปลงฟังชั่นการทำงาน ส่วนใน CNC นั้นระบบต่าง ๆ จะถูกควบคุมด้วย Software เป็นส่วนใหญ่ ฉะนั้นการเปลี่ยนแปลงฟังชั่นของการทำงานของเครื่อง NC จึงเป็นไปได้ค่อนข้างสะดวกและรวดเร็ว ส่วนเครื่องระบบ DNC นั้นเป็นการใช้คอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่มีหน่วยความจำมากและมีความสามารถในการคิดคำนวนที่รวดเร็ว คอมพิวเตอร์นี้ใช้ควบคุมเครื่อง NC หลายเครื่องในลักษณะ centralized control ระบบ DNC นี้เกิดก่อนระบบ CNC แต่อย่างไรก็ตาม การควบคุมแบบ centralized control ของระบบ DNC นั้นก็มีข้อเสียอยู่หลายประการ ประการที่เห็นได้ชัดก็คือเมื่อคอมพิวเตอร์เกิดขัดข้องขึ้นมา ระบบการทำงานทำหมดที่เกี่ยวข้องอาจจะต้องหยุดชงัก ซึ่งเหตุผลนี้จึงทำให้ระบบ CNC เป็นที่นิยมกันมากกว่าในปัจจุบันนี้

สรุป

ปัจจุบันการพัฒนาทางด้านขบวนการผลิตและออกแบบนั้นได้ก้าวไปอย่างไม่หยุดยั้งเนื่องจากความเจริญทางด้านคอมพิวเตอร์เทคโนโลยี ผู้ผลิตสินค้าต่าง ๆ ในโลกก็พยายามหาวิธีการในการลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มคุณภาพของสินค้าเพื่อให้สินค้าของตนสามารถแข่งขันกันในตลาดโลกได้ ระบบการผลิตแบบอัตโนมัติจึงได้เข้ามามีบทบาทมากในขบวนการผลิต จะเห็นว่าในต่างประเทศนั้นโดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่น ประเทศสหรัฐอเมริการและกลุ่มประเทศอีกหลายประเทศในยุโรปก็พยายามศึกษาค้นคว้าทางด้านการนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้กับขบวนการผลิตจนกระทั่งคณะวิศวกรรมในสถาบันการศึกษาบางแห่งได้จัดตั้งโปรแกรมการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับงานทางด้านนี้ที่เรียกสั้น ๆ ว่า CIMS หรือ Computer Integrated Manufacturing System ซึ่งมีเงินทุนสนับสนุนที่มาจากภาครัฐบาลและภาคเอกชนเป็นจำนวนมาก ในประเทศไทยนั้นถึงแม้จะยังไม่ใช่เป็นประเทศอุตสาหกรรมแบบเต็มตัวก็ตาม แต่แนวโน้มที่ประเทศไทยจะเป็นประเทศอุตสาหกรรมนั้นมีค่อนข้างมาก ฉะนั้นการศึกษาทางด้านนี้ก็ควรจะเริ่มได้แล้ว เพราะเมื่อถึงเวลาที่จะต้องใช้งาน สิ่งเหล่านี้ก็อาจจะศึกษาได้ในประเทศ ซึ่งไม่จำเป็นที่จะต้องซื้อระบบทั้งระบบมาจากต่างประเทศเหมือนที่กำลังทำอยู่ในขณะนี้ ทางคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยได้เห็นความสำคัญทางด้านนี้จึงได้ริเริ่มให้มีการศึกษาและวิจัยในงานที่เกี่ยวกับ CAD/CAM ขึ้นมาบ้างแล้ว และหวังว่าจะเป็นรากฐานในการพัฒนาระบบนี้ต่อไปในอนาคต

หนังสืออ้างอิง

1. J.D.Foley, A.Van Dam, "Fundamentals of Interactive Computer Graphics", Addison Wesley, 1983.

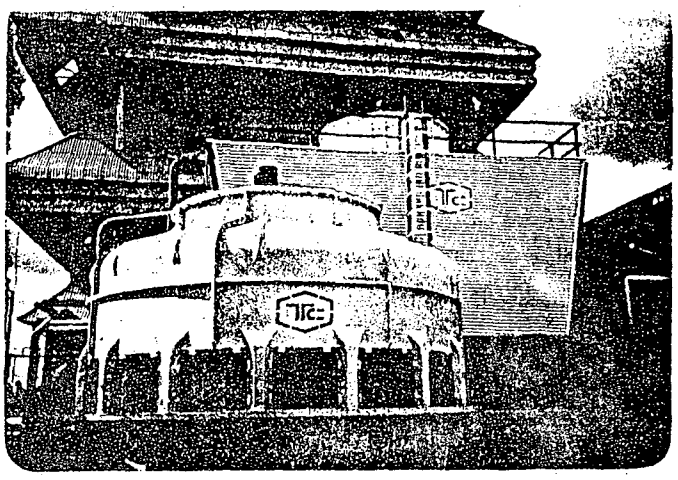
2. G.Spur, F.L.Krause, J.J.Harder, "the Compac Solid Modeler", CIME, Vol 1/No.2, Oct, 1982.

3. William M.Newmen, Robert F.Sproull, "Principles of Interactive Computer Graphics", 2nd edition, McGraw-Hill, New York.

บริษัทเดียวที่ได้รับการส่งเสริมการลงทุน
ในการผลิต Cooling Tower TC

บริษัท ไทยคูลิ่งเทาเวอร์ จำกัด
THAI COOLING TOWER CO., LTD.
โรงงาน 109/91 หมู่ 18 ซอยศุขาภิบาล 14 ถ.สุขสวัสดิ์ สมุทรปราการ 10130
สำนักงาน 174/4 ถ.ราชดำเนิน ปทุมวัน กทม. 10500
โทร. 462-6911, 462-8110, 214-2603, 214-3103

THAI COOLING TOWER CO., LTD. IS THE FIRST COMPANY THAT MANUFACTURE BOTTLE TYPE INDUCED DRAFT COUNTER FLOW COOLING TOWER IN THAILAND, THE ONLY ONE THAT MANUFACTURE COOLING TOWERS UNDER THE BOARD OF INVESTMENT'S PROMOTION, THE ONE THAT MANAGED BY EXPERT ENGINEERING TEAM ON COOLING TOWER. WE PROUND OF TC COOLING TOWERS ARE APPROVED AND TRUSTED BY EXPERT ENGINEERS ON AIR CONDITIONING AND INDUSTRIAL FIELDS. NOW THOUSANDS OF TC COOLING TOWERS ARE OPERATING IN THAILAND AND NEIGHBOUR COUNTRIES.



TC COOLING TOWER OFFER YOU THESE BENEFITS.
: HIGH EFFICIENCY
: GUARANTEE CAPACITY
: SMOOTH OPERATION AND LOW NOISE
: LOW WATER LOSS (LOW DRIFT LOSS)
: DURABILITY
: TROUBLE FREE OF YEARS OPERATION
: EFFICIENT SERVICE AND HIGH QUALITY COOLING TOWER PARTS AVAILABLE

บริษัท ดำรงมาชีนทูล จำกัด

422-424 ถนนวรจักร ข้าง น.ส.พ. ชิงเสียนเยอะเบ้า กรุงเทพฯ
2231461-3, 2211075, 2211079, 2220971
โทรเลขย่อ "ดามาทูล"

ทำการสั่งเครื่องจักรกลทุกชนิดจากต่างประเทศและผู้แทนจำหน่าย
เครื่องกลึงโลหะ, เครื่องกัดเฟือง, เครื่องไสโลหะ, เครื่องเจาะ, เครื่องเลื่อย, เครื่องหล่อและทำความสะอาดโลหะ, เครื่องอัดไฮดรอลิค, เครื่องสูบลมและพ่นสี, เครื่องหินเจียรนัย, เครื่องเชื่อมไฟฟ้าและแก๊ส, เครื่องกำเนิดไฟฟ้า, เครื่องชาร์ทแบตเตอรี่, มอเตอร์ไฟฟ้า, แม่แรงไฮดรอลิค, เครื่องกลึงเลื่อยและไสไม้, เครื่องผสมคอนกรีต, เครื่องมือวัดละเอียด, เครื่องมือช่างกลโรงงาน, ช่างโลหะ, ช่างยนต์, ช่างก่อสร้าง, ช่างไฟฟ้า, และเครื่องกลไกอื่น ๆ ฯลฯ

KANIT ENGINEERING CORP.,LTD.

800/3-4 Asoke Din-Daeng Rd. Huai-khwang, Bangkok
Tel. 2454451, 2450419 Name Of Agency

PUMP PROTECTION VALVES, STEAM PRESSURE/TEMPERATURE CONTROL VALVES, BOILER TRIM EQUIPMENT, STEAM TRAPS

SAFETY RELIEF VALVES

SERCK AUDCO PRESSURE BALANCED PLUG VALVES BUTTERFLY VALVES.

ELECTRONIC INSTRUMENTS

LEVEL INDICATING METER

PRESSURE GAUGES

FLOWMETER

BALL VALVES AND ACTUATOR

TEMPERATURE & PRESSURE CONTROLS

AREA TYPE FLOWMETER

THERMOMETER

MATERING PUMPS

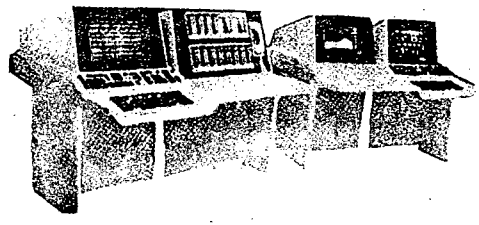
GAS EVAPORIZER

THERMOMETER

AC & DC MOTORS

FISHER

HIGH QUALITY ENGINEERING PRODUCT



process manager console

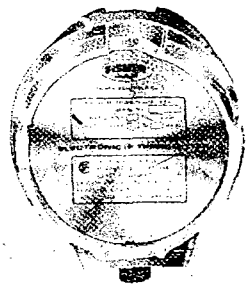
PROVOX INSTRUMENTATION

CONTROL VALVES & ACTUATOR

- globe valve body class 150, 300, 600, 900, 1500 & 2500
- butterfly control valve
- vee-ball valve
- piston & diaphragm actuator

control valve

FIELD MOUNTED INSTRUMENTATION

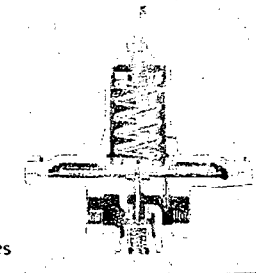


type 2340 electronic transmiter

- temperature controllers
- temperature transmitters
- pneumatic valve positioner
- pressure controllers
- electro-pneumatic valve positioner
- electro pneumatic transducer
- pressure indicating controllers
- temperature transmitter

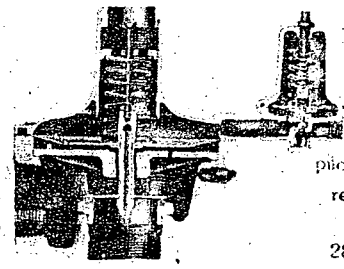
PRESSURE RUDUCING REGULATORS

- general purpose regulator for liquids, gases & vapors
- small volume regulator
- high pressure regulator
- gas service regulator
- water pressure regulator
- high capacity regulator



95 series

RELIEF VALVES



pilot-operated relief valve type 289P-6355

- pilot operated back pressure regulator or relief valve
- pressure relief valve
- pilot-operated relief valve

KANIT ENGINEERING CORPORATION LIMITED