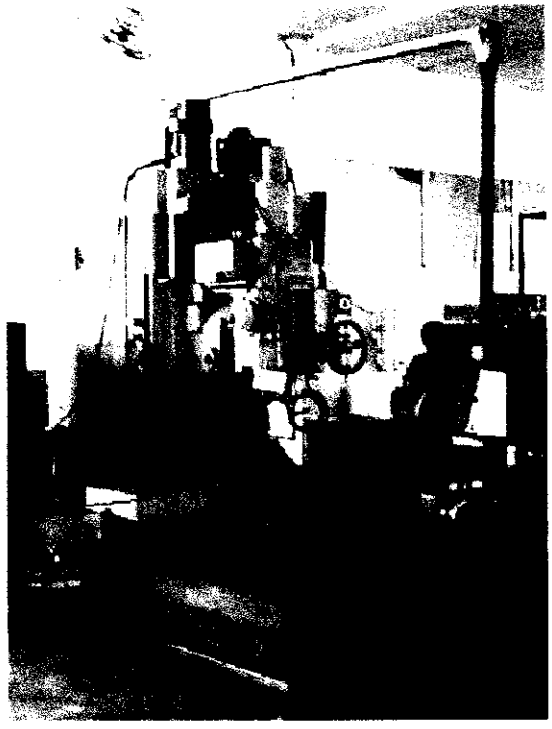
บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

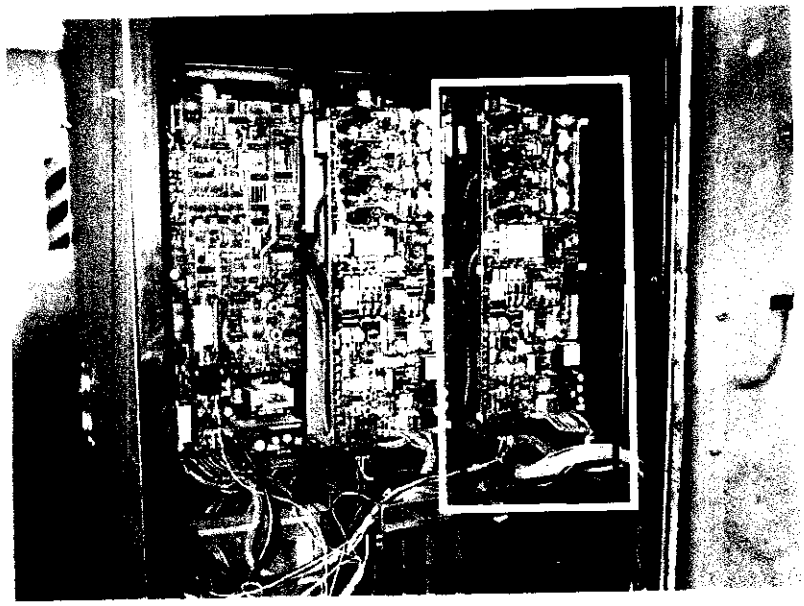
4.1 ลักษณะการทำงานของเครื่องจักร CNC MAKINO FANUC 3000C

4.1.1 ลักษณะการเคลื่อนที่ของแนวแกน X, Y, และ Z

4.1.1.1 การเคลื่อนที่ในแนวแกน X จะมีโต๊ะงานเป็นส่วนเคลื่อนที่ โดยมี Ball Screw เป็นตัวส่งกำลัง และมี DC servo drive และ DC servo motor เป็นต้นกำลัง มีระยะในการเคลื่อนที่ 1050 มิลลิเมตร

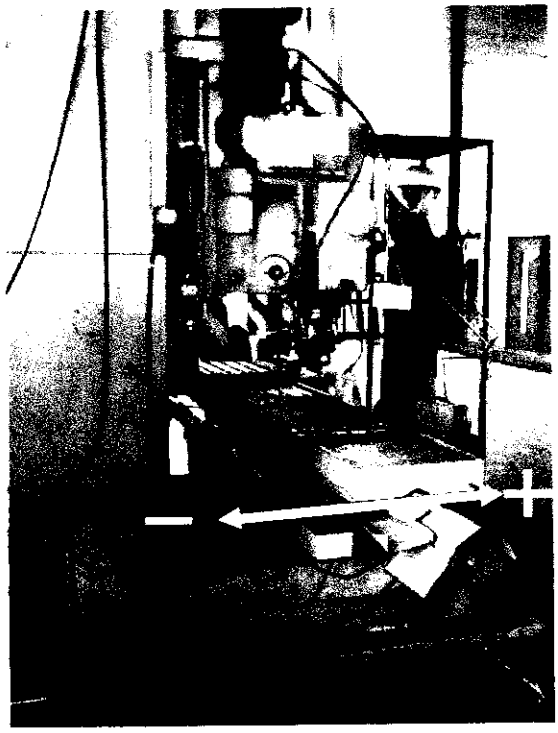


รูปที่ 4.1 ลักษณะการเคลื่อนที่ในแนวแกน X

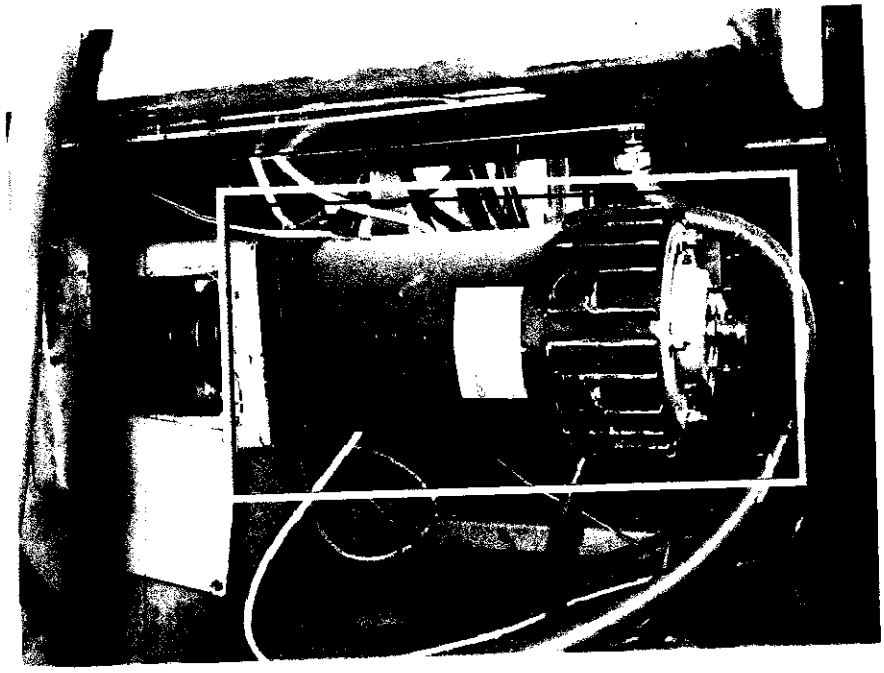


รูปที่ 4.2 DC servo drive แกน X

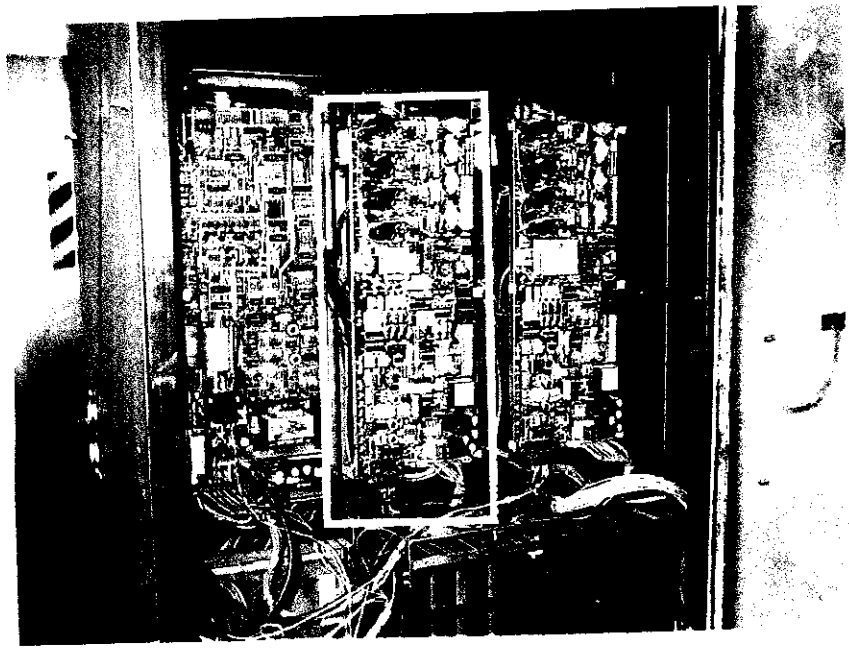
4.1.1.2 **การเคลื่อนที่ในแนวแกน** Y **จะมีโต๊ะงาน** (Table) **เป็นส่วนเคลื่อนที่ โดยมี** Ball Screw **เป็นตัวส่งกำลัง และมี** DC servo drive **และ** DC servo motor **เป็นต้นกำลัง มีระยะในการเคลื่อนที่** 505 **มิลลิเมตร**



รูปที่ 4.3 ลักษณะการเคลื่อนที่ในแนวแกน Y

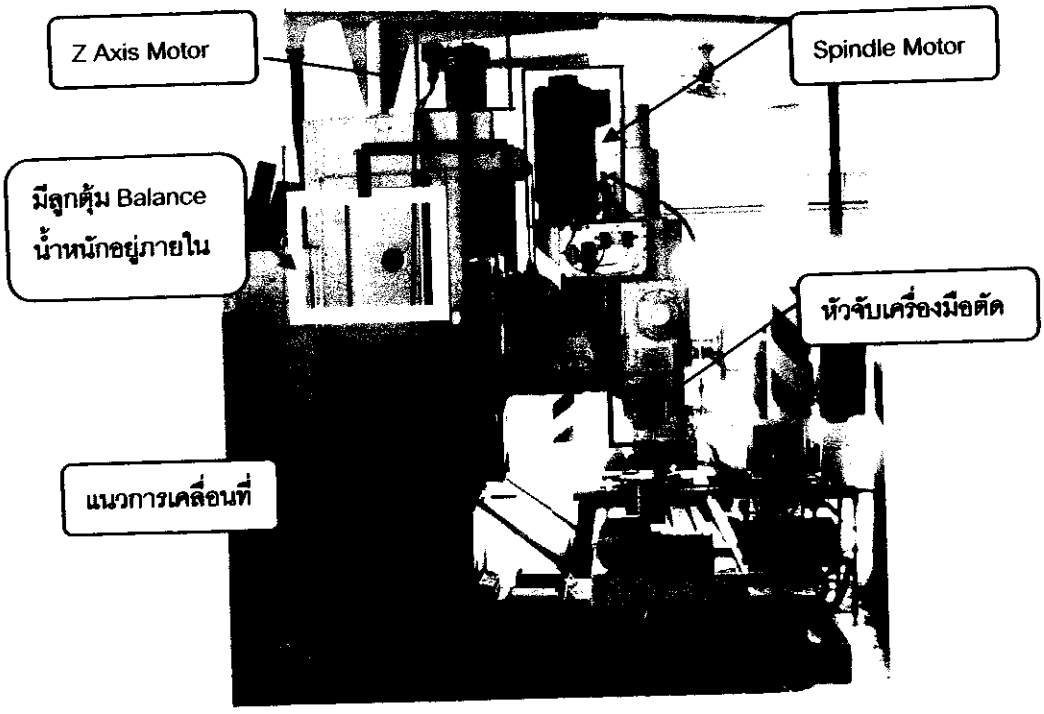


รูปที่ 4.4 Motor แกน Y

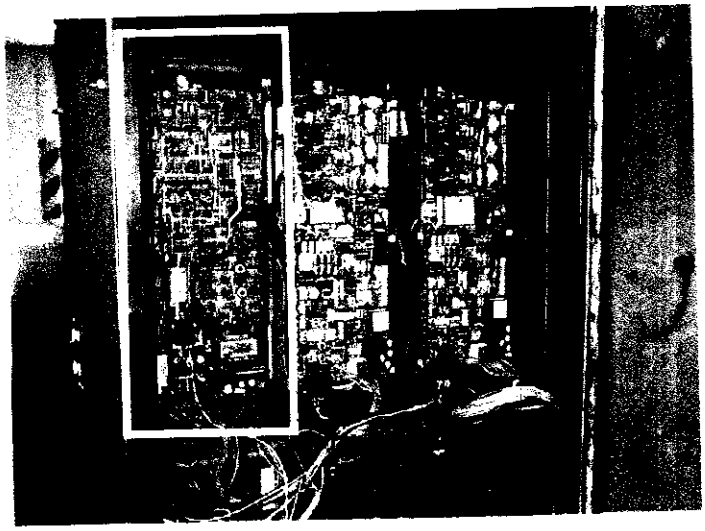


รูปที่ 4.5 DC servo drive แกน Y

4.1.1.3 การเคลื่อนที่ในแนวแกน Z จะเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกับเครื่องมือตัด (tool) โดยมี Ball Screw เป็นตัวส่งกำลัง และมี DC servo drive และ DC servo motor เป็นต้นกำลัง มีระยะในการเคลื่อนที่ 505 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.6 DC servo drive แกน Z

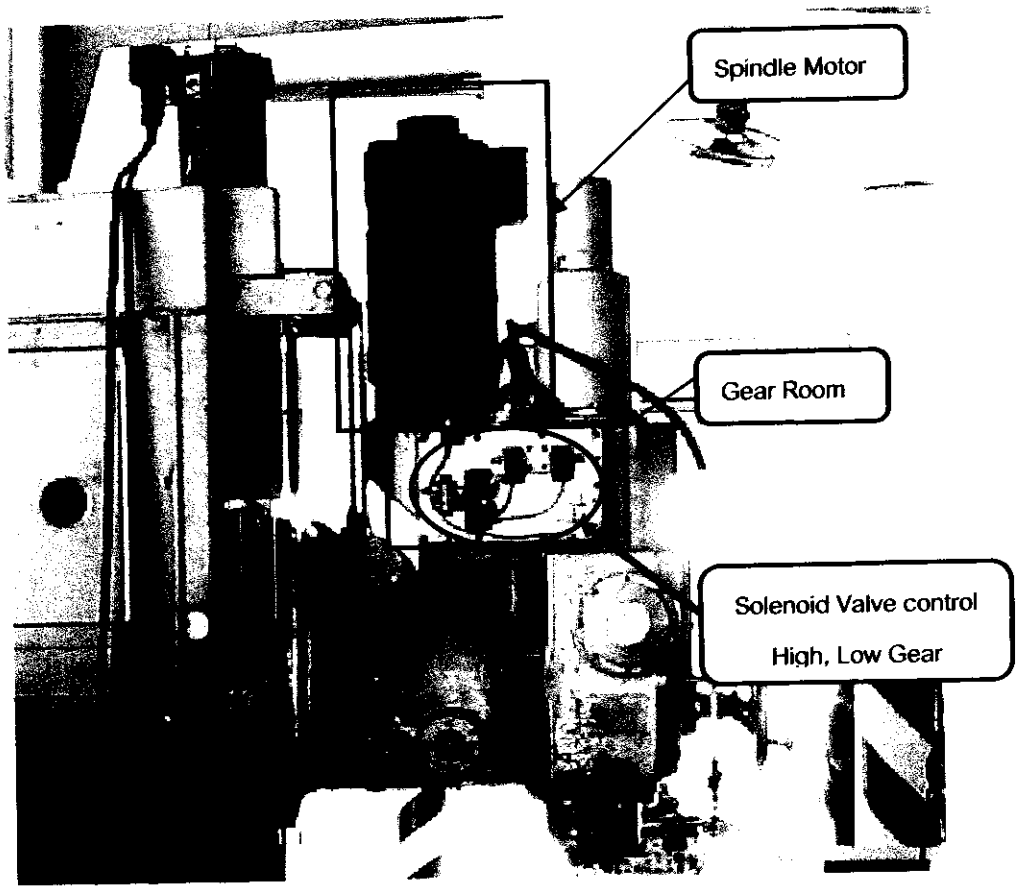


รูปที่ 4.7 DC servo drive แกน Z

4.1.2 การทำงานของ Spindle กับระบบ Low Gear, High Gear

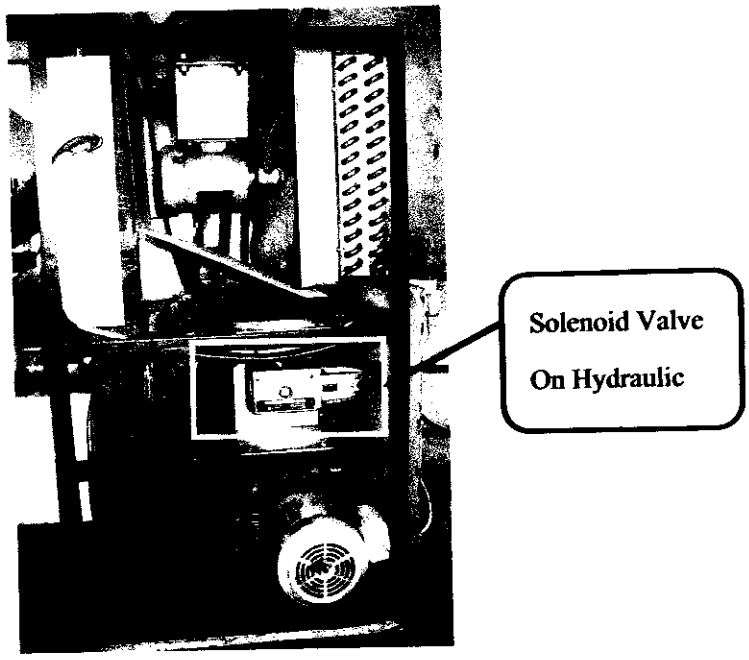
ระบบการเปลี่ยนเกียร์จำเป็นต้องมีเพราะหากขับตรงจากมอเตอร์ เมื่อมอเตอร์หมุนที่รอบสูงๆจะทำให้ ทอร์ก (Torque) ของมอเตอร์ลดลง ทำให้แรงตัดเฉือนลดลงด้วย

เครื่องจักรที่เราศึกษานี้ ใช้ Solenoid Valve 2 ชุด เราให้ชื่อว่า 1. Solenoid Valve control High, Low Gear และ 2. Solenoid Valve On Hydraulic ดังรูปที่ 4.8 และ 4.9



รูปที่ 4.8 Spindle Motor and Gear Change system

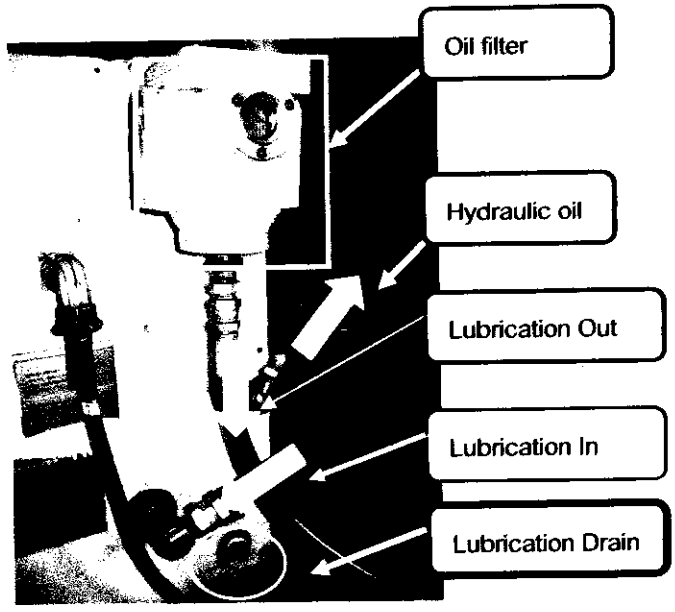
โดย Solenoid Valve control High, Low Gear จะมี Valve 2 ตัว ทำหน้าที่เปิด-ปิด ลิ้นกั้นน้ำมันที่ส่งมาจาก Solenoid Valve on Hydraulic ให้ผ่านเข้าไปเลื่อนเฟืองภายในห้องเกียร์จะใช้สั่ง High gear 1 ตัว และ สั่ง Low gear 1 ตัว



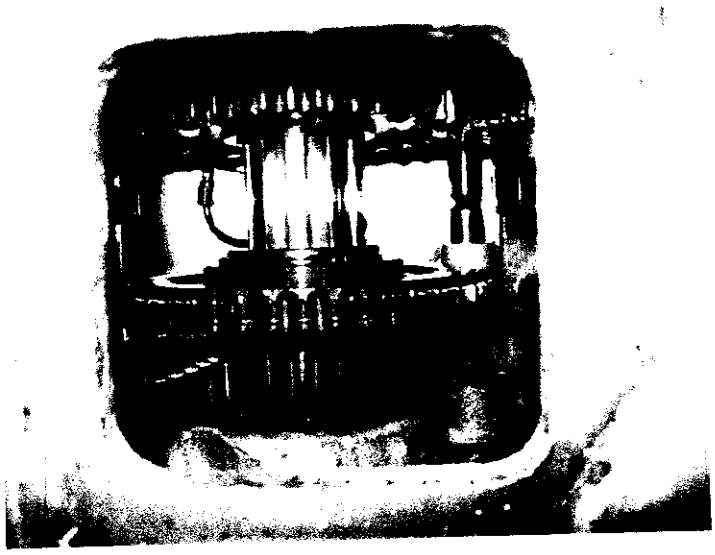
รูปที่ 4.9 Oil Cooler & Hydraulic Unit

Solenoid Valve on Hydraulic มีหน้าที่ดึงน้ำมันที่ถูกปั๊มขึ้นไปหล่อลื่นห้องเกียร์มาใช้ในการเลื่อนเฟืองในห้องเกียร์ให้ขยับขึ้น (High Gear) ลง (Low Gear) และจะทำงานหลังจากที่ Solenoid Valve control High, Low Gear ทำงานแล้วเท่านั้น

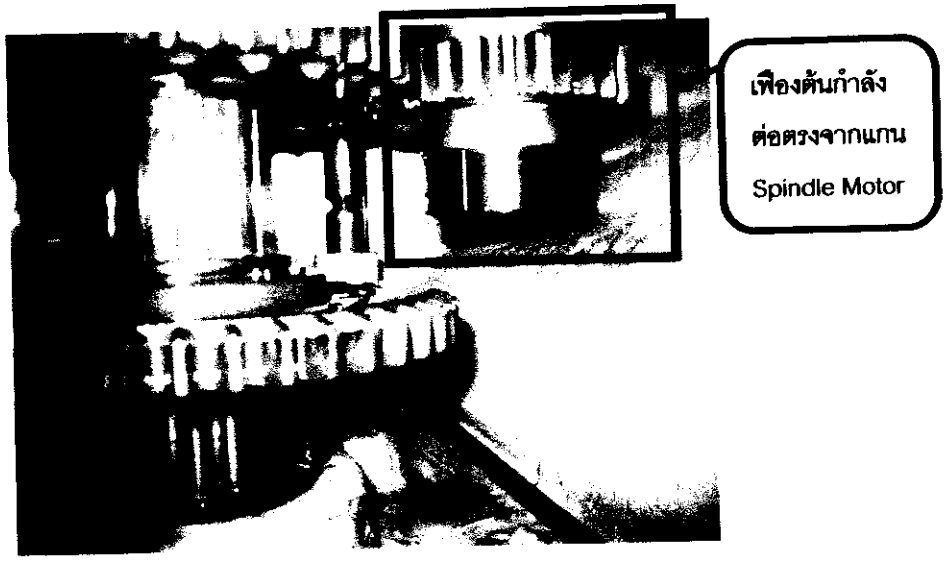
ทั้งน้ำมันที่ใช้ในการหล่อลื่นและน้ำมัน Hydraulic จะใช้น้ำมันจากที่เดียวกัน ทันทีที่ Solenoid Valve on Hydraulic ทำงาน Lubrication Out จะกลายเป็น Hydraulic oil



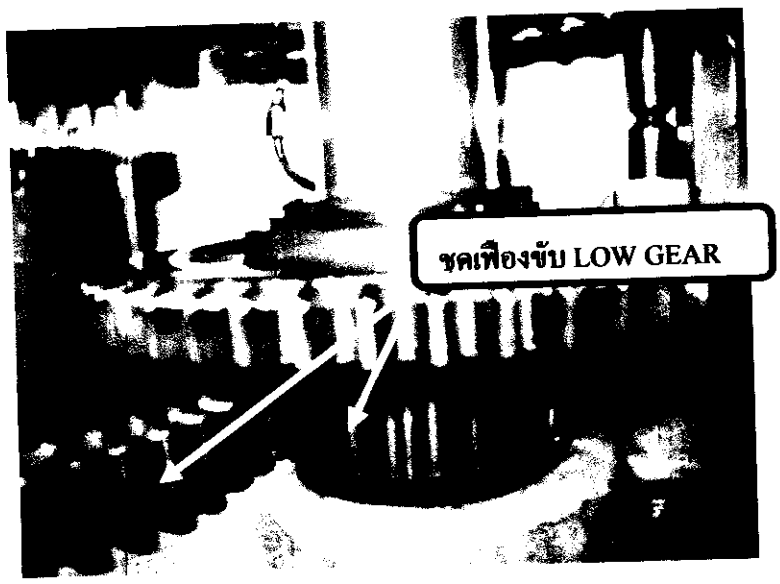
รูปที่ 4.10 การเข้าออกของน้ำมันของ Oil Cooler & Hydraulic



รูปที่ 4.11 ห้องเกียร์ ขณะทำงาน Low Gear

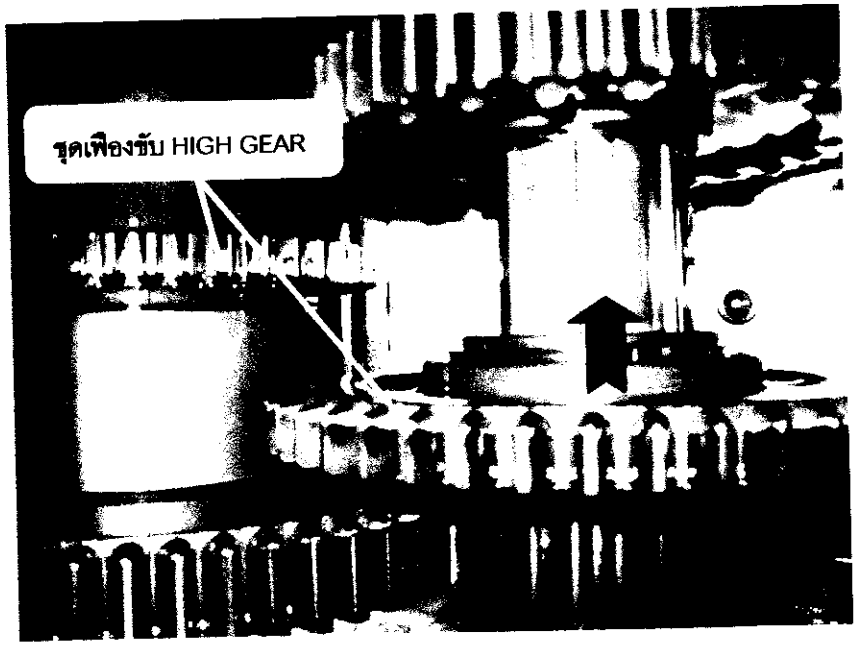


รูปที่ 4.12 เฟืองต้นกำลังต่อตรงจากแกน Spindle Motor



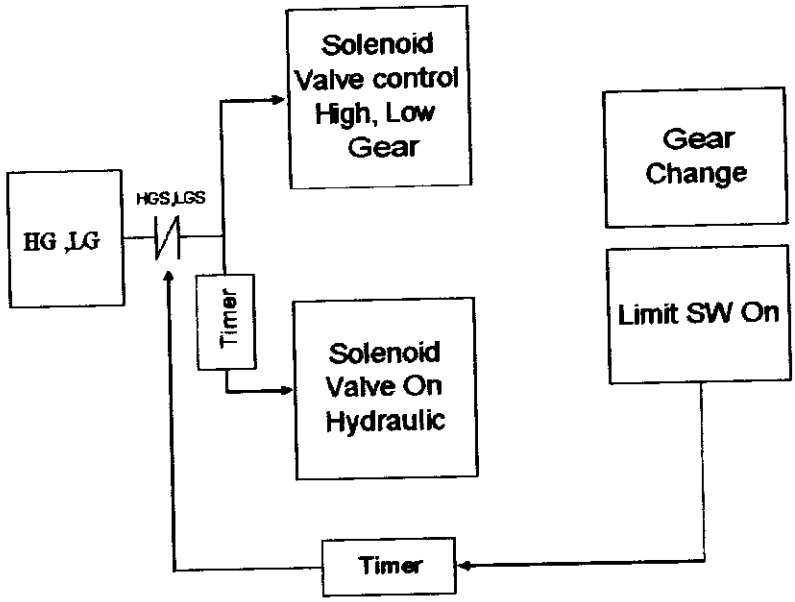
รูปที่ 4.13 ชุดเฟืองขับ LOW GEAR

เมื่อ Solenoid Valve control High, Low Gear **ตัวที่คุม** High gear **ทำงาน และ มีน้ำมันส่ง** มาจาก Solenoid Valve on Hydraulic **เฟืองจะเลื่อนขึ้น ดังรูปที่** 4.14 **ไปทำงานบน**High Gear



รูปที่ 4.14 ชุดเฟืองขับ HIGH GEAR

ในการจัดลำดับการทำงานของระบบการเปลี่ยนเกียร์ พอจะเขียนเป็นผังการทำงานได้ดัง รูปที่ 4.15

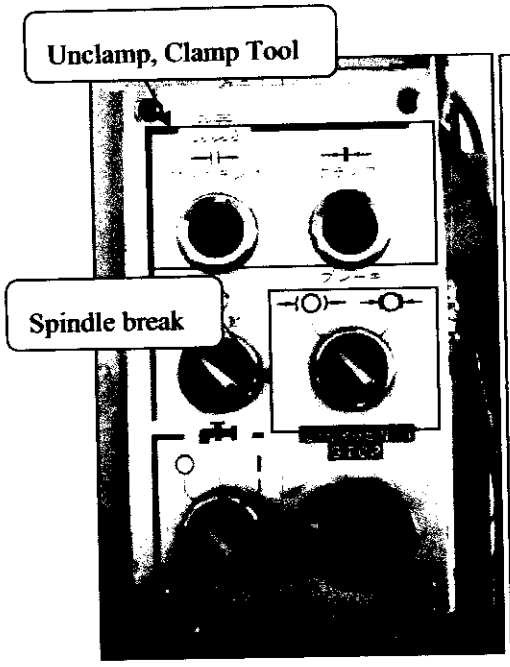


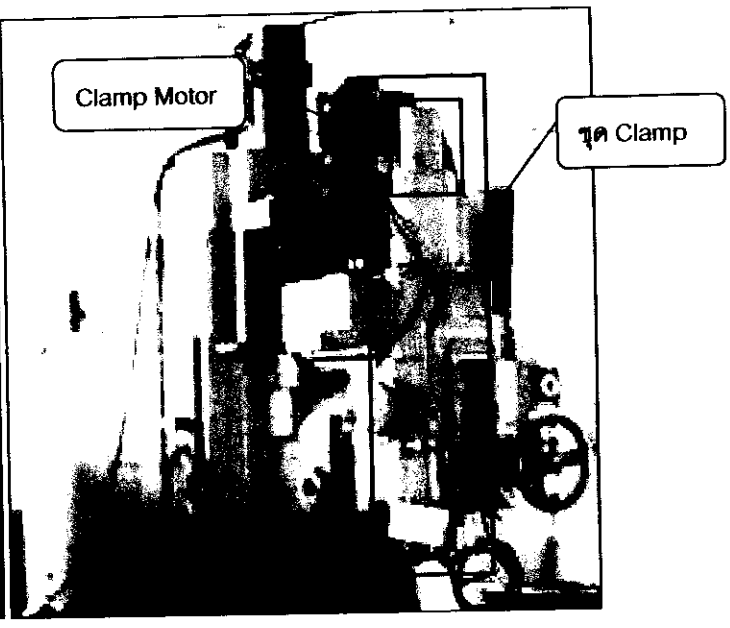
รูปที่ 4.15 ลำดับการทำงานของ การเปลี่ยนเกียร์

เนื่องระบบการเปลี่ยนเกียร์ของเครื่องจักรนี้ไม่ต้องใช้น้ำมันจ่ายไปดันเฟืองตลอดเวลาซึ่ง เมื่อทดลองจ่ายน้ำมันไปดันตลอดแล้วพบว่า มอเตอร์ที่ปั๊มน้ำมันมีเสียงดังเหมือนทำงานหนัก ฉะนั้นจึงต้องมีการตัดระบบหลังจากที่เกียร์เปลี่ยนแล้ว

จากรูปที่ 4.15 สามารถอธิบายว่า เมื่อสั่ง Low Gear หรือ High Gear สัญญาณจะวิ่งผ่าน LGS หรือ HGS แล้วสั่ง Solenoid Valve control High, Low Gear ให้ทำงานทันที และหน่วงเวลาใน การสั่ง Solenoid Valve on Hydraulic ให้ทำงานทีหลัง หลังนั้น เกียร์จะเปลี่ยน ทันทีที่เกียร์เปลี่ยน Limit Switch จะทำงาน ทันทีที่ Limit Switch ทำงานก็จะหน่วงเวลาแล้วไปสั่งให้ LGS หรือ HGS ซึ่งจะตัดสัญญาณที่สั่ง Low Gear หรือ High Gear ทำให้ทั้ง Solenoid Valve control High, Low Gearและ Solenoid Valve on Hydraulic หยุดทำงาน

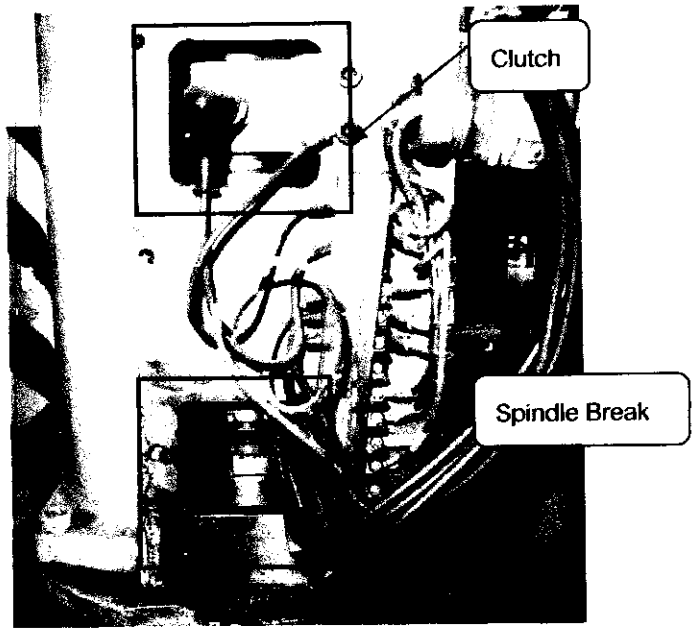
4.1.3 การทำงานของClamp /Unclamp Tool กับระบบ Clutch และ Spindle Break





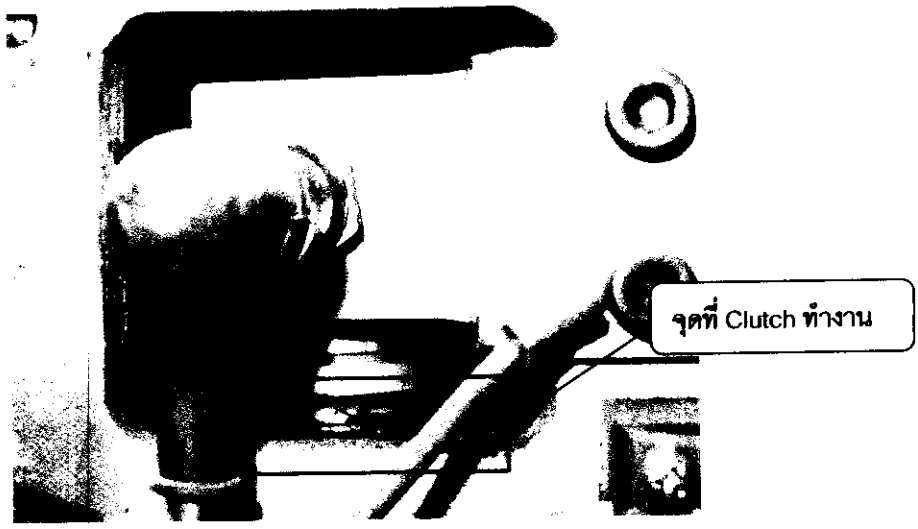
รูปที่ 4.16 ชุด Switch สั่งงานที่หน้าเครื่อง **รูปที่ 4.17 ชุดที่** Unclamp, Clamp Tool, Spindle break

ชุด Clamp Unclamp Tool ก็คือชุดที่ทำหน้าที่จับหรือคาย Tool Holder นั่นเอง ซึ่งเครื่องนี้ใช้เกลียวในการจับยึด Tool Holder

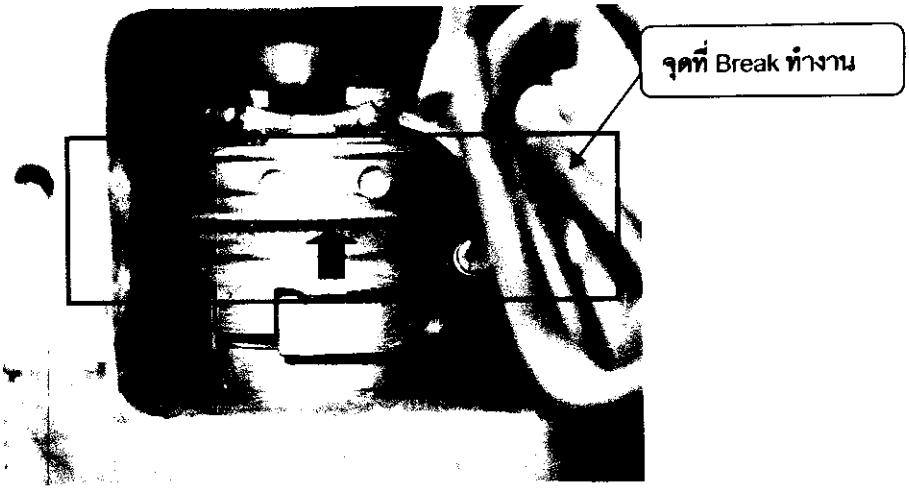


รูปที่ 4.18 จุดที่ Clutch และ Spindle Break ทำงาน

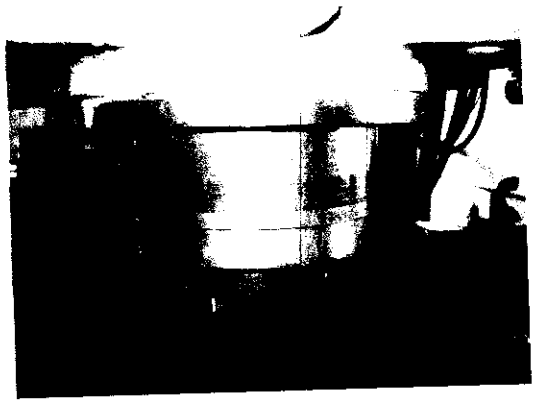
Spindle Break จะทำงานเมื่อมีการสั่ง Unclamp, Clamp Tool และจะใช้อีกครั้ง เมื่อ ต้องการขัน Tool Holder เปลี่ยนเครื่องมือตัด



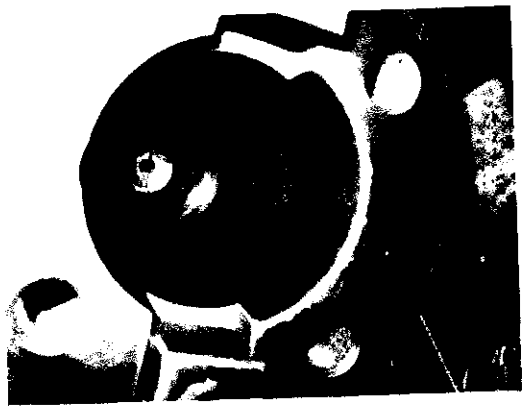
รูปที่ 4.19 จุดที่ Clutch ทำงาน



รูปที่4.20 จุดที่ Break ทำงาน

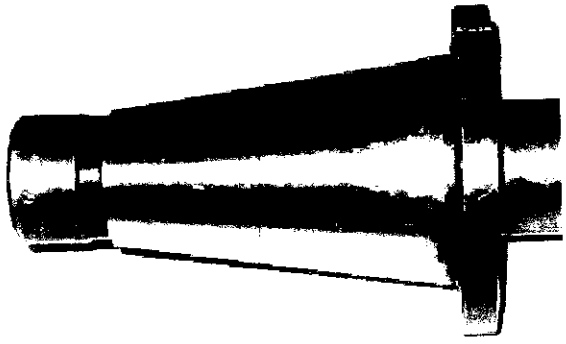


รูปที่ 4.21 จุดที่ใส่ Tool holder

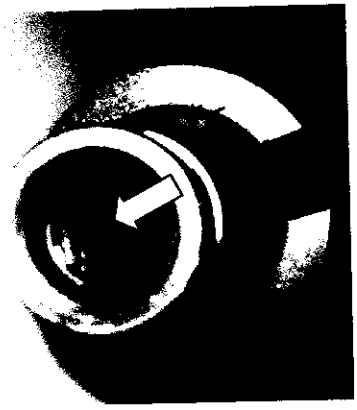


รูปที่ 4.22 เกลียวที่ใช้ล็อค Tool Holder

ในส่วนของ Tool Holder ไม่มีอยู่ตั้งแต่แรกแล้วและไม่สามารถใช้ร่วมกับเครื่องกัดธรรมดาได้ เพราะเป็นเกลียวคนละระบบ หากต้องการใช้งานเครื่องนี้ ต้องซื้อมาใส่ และมี 2 ทางเลือกคือ 1. ซื้อของเก่า จะราคาถูก แต่จะหาชิ้นส่วนยาก ใครจะขายให้ 2.ซื้อของใหม่ ราคาก็จะแพง แต่ถ้ามีงบประมาณเพียงพอก็สามารถสั่งซื้อได้เลย ชุดเล็กราคา 9,600 บาท ตามรายละเอียด ผนวก จ



รูปที่ 4.23 ลักษณะ Tool Holder

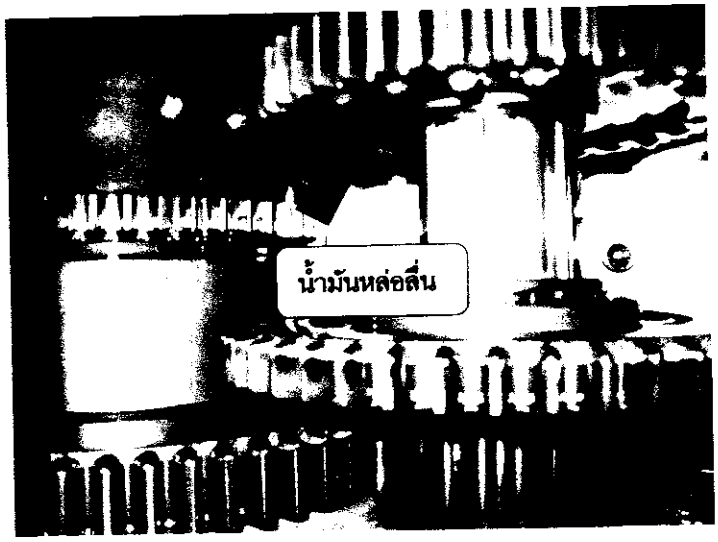


รูปที่ 4.24 เกลียวที่ใช้ยึด

เกลียวที่ใช้กับเครื่อง CNC MAKINO รุ่นนี้ได้คือ 1″- 8 UNC

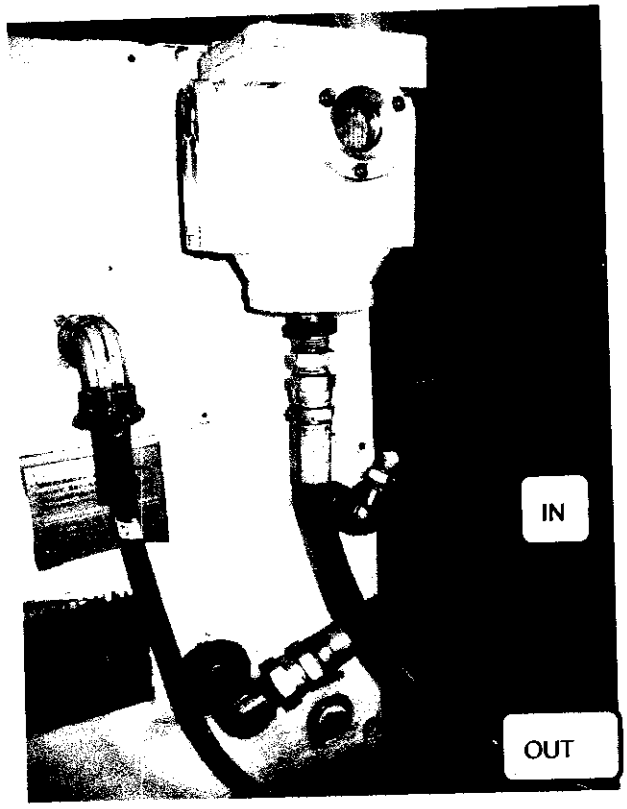
4.1.4 การทำงานของน้ำมันหล่อลื่น Oil cooler และ น้ำยาหล่อเย็น

น้ำมันหล่อลื่นของ เครื่อง MAKINO นี้ มีเครื่องทำความเย็นให้กับน้ำมันหล่อลื่นด้วย เพราะเมื่อเครื่องทำงาน ห้องเกียร์จะร้อน ซึ่งเป็นผลมาจาก การเสียดสีของชุดเฟืองในห้องเกียร์นั่นเอง และเครื่องทำความเย็นจะทำงานเมื่อน้ำมันร้อนถึงอุณหภูมิที่ตั้งไว้ เราสามารถตั้งอุณหภูมิการทำงานได้โดยการปรับ Temperature Variable ในรูปที่ 4.28

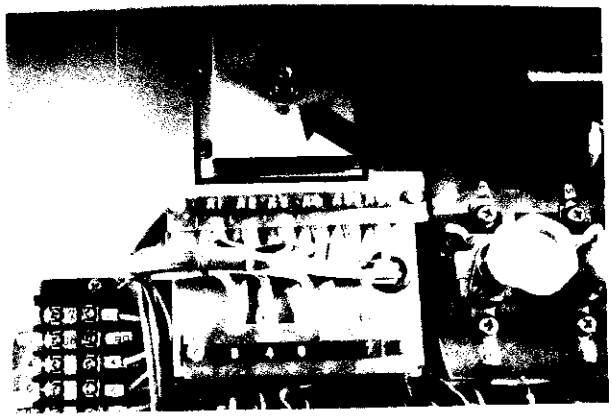


รูปที่ 4.25 น้ำมันหล่อลื่นห้องเกียร์

รูปที่ 4.26 อ่างพักน้ำมันรอการดูดกลับลงไปที่ Oil Cooler แล้วปั๊มกลับขึ้นมาใหม่

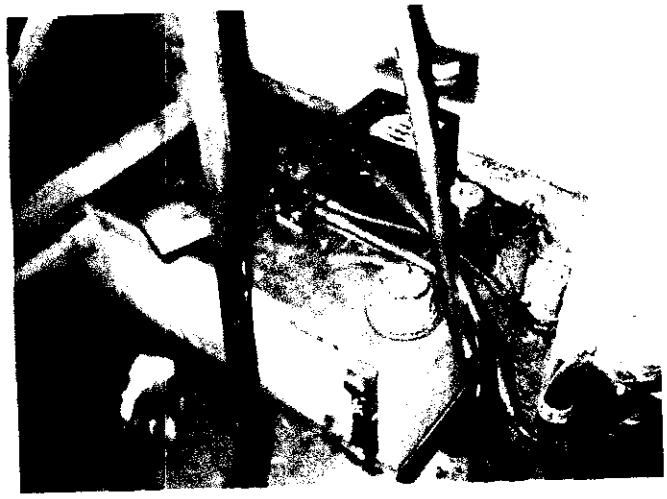


รูปที่ 4.27 การเข้าออกของน้ำมัน ที่ Oil Cooler

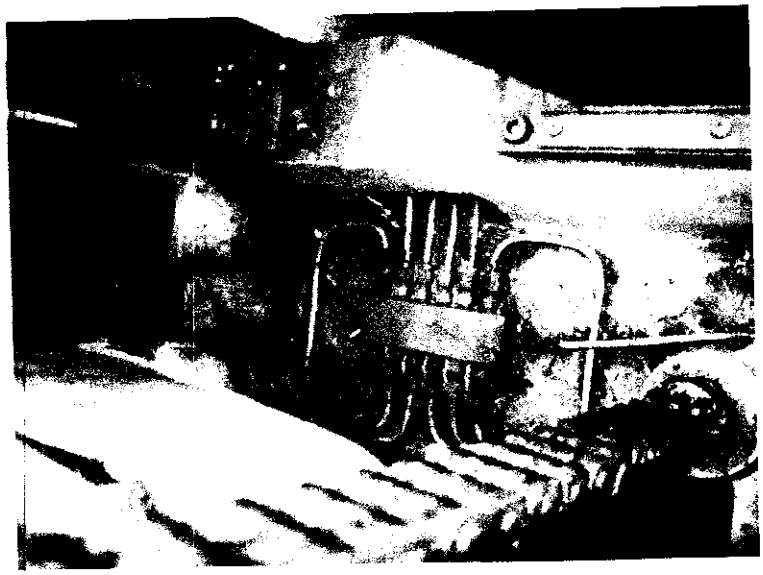


รูปที่ 4.28 Temperature Variable ปรับอุณหภูมิ
การทำงาน ของระบบทำความเย็น

ระบบหล่อลื่นเครื่องจักรอีกอย่างคือ ที่ Slide Way, Ball screw, ไซ่ Balance และอื่นๆ ซึ่งไม่ต้องการการหล่อลื่นที่มากมายเหมือนห้องเกียร์ จึงมีปั้มแยกออกมาอีกตัวดังรูปที่ 4.29

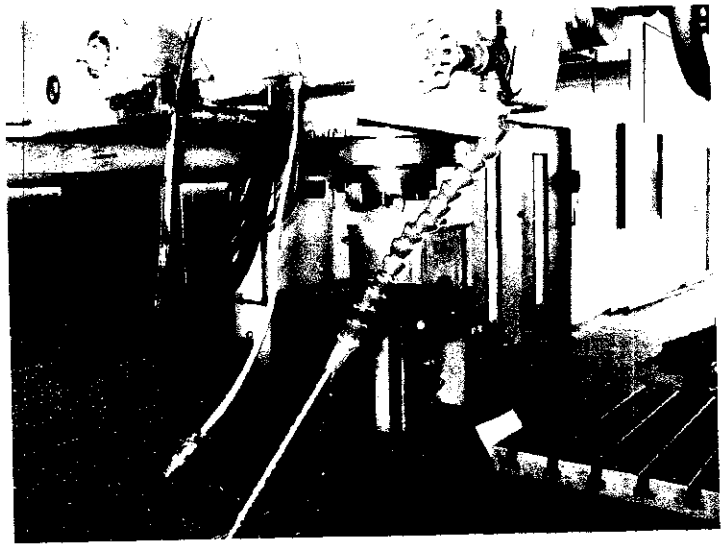


รูปที่ 4.29 Oil Pump

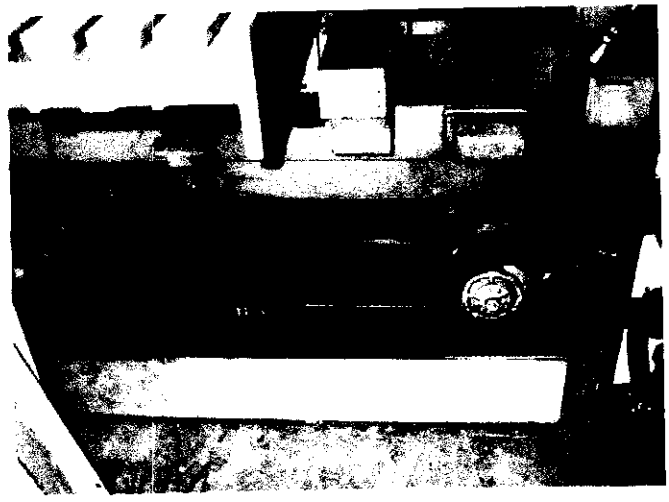


รูปที่4.30 สายน้ำมันหล่อลื่น

การทำงานของระบบน้ำหล่อเย็น ที่ใช้ลดความร้อนของเครื่องมือตัด และชิ้นงาน มีปั๊ม 1 ตัว ในการทำงาน และมีTank พักน้ำหล่อเย็นดังรูปที่ 4.32



รูปที่ 4.31 ปลายท่อน้ำหล่อเย็นขณะทำงาน



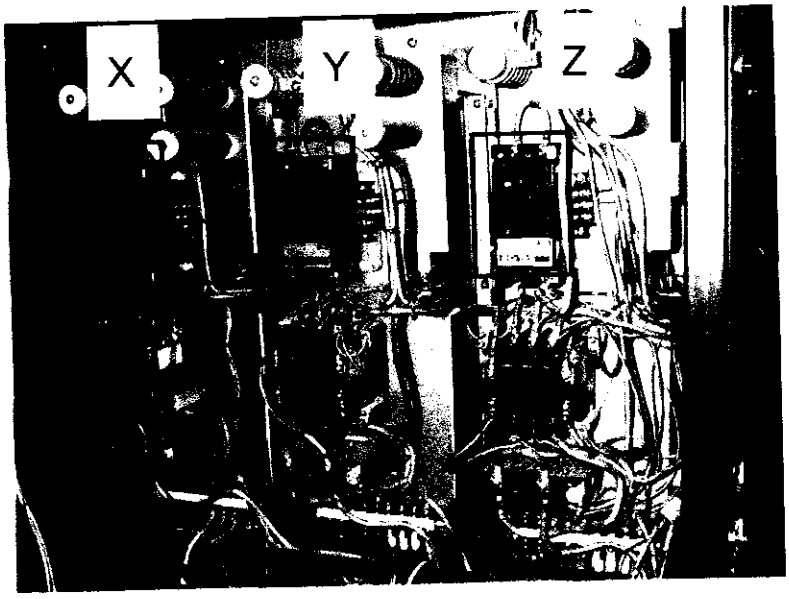
รูปที่ 4.32 Coolant Unit

4.2 การทดสอบการทำงานของระบบขับเคลื่อน SERVO MOTOR แกน X, Y, Z

โดยขั้นตอนและวิธีการทดสอบการทำงานของ SERVO MOTOR มีขั้นตอนทดสอบง่ายๆ ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

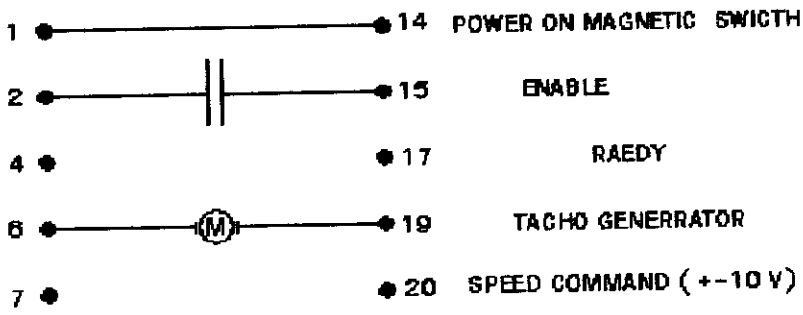
4.2.1 ตรวจสอบระบบไฟฟ้าทั้งหมดว่าต่อถูกที่ ไม่มีสายที่เสี่ยงต่อการ Spark โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สายไฟฟ้าแรงสูงต้องระวังเป็นพิเศษ

4.2.2 ตรวจสอบ Breaker ว่าเปิดอยู่ และพร้อมใช้งาน



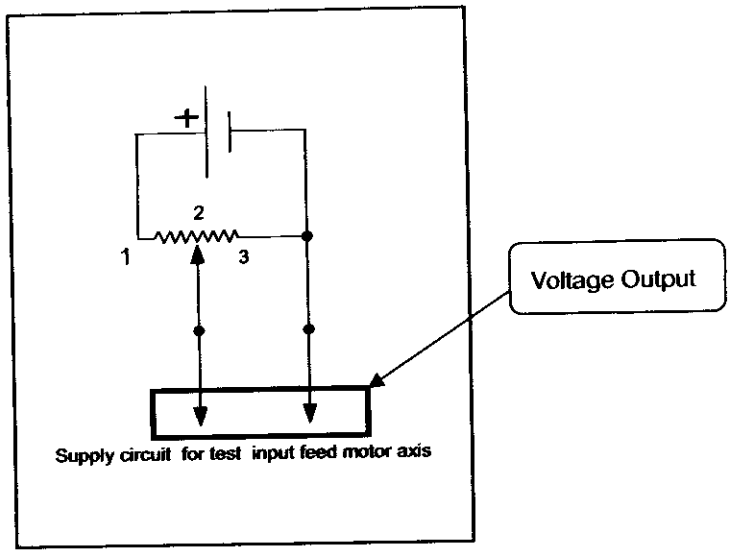
รูปที่ 4.33 Breaker ของ Servo Drive X Y Z

4.2.3 ดูรายละเอียดขาของ Servo Drive



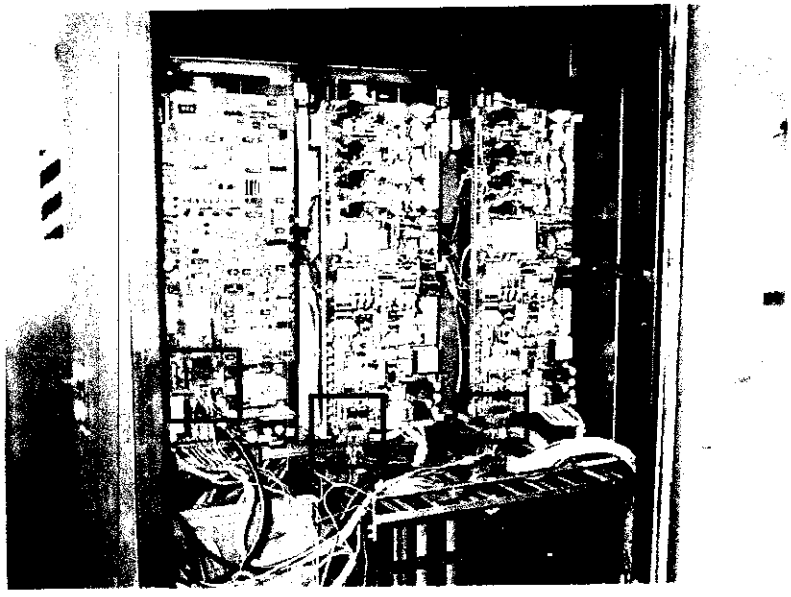
รูปที่ 4.34 รายละเอียดขาของ Connector ของ Servo Drive

4.2.4 เตรียมถ่าน 9V 1 ก้อน ตัวต้านทานปรับค่าได้ขนาดประมาณ 2KΩ 1 ตัว และสายไฟขนาดเล็ก แล้วต่อวงจรตามรูปที่ 4.35



รูปที่ 4.35 วงจร Voltage ทดสอบการทำงานของ Servo Drive

4.2.5 ถอด Connector จาก Servo Drive แกนที่ต้องการทดสอบ ดูหมายเลขขา แล้วทำเครื่องหมายที่สายไฟ หมายเลขขา 7, 20,2,15 ให้ห่างจากตัว Connector ประมาณ 35-40 เซนติเมตร และตัดสายเหล่านี้ โดยตัดให้ห่างจากตัว Connector ประมาณ 20-30 เซนติเมตร และปลอกปลายสายส่วนที่ติดอยู่กับ Connector ออกประมาณ 1 เซนติเมตร



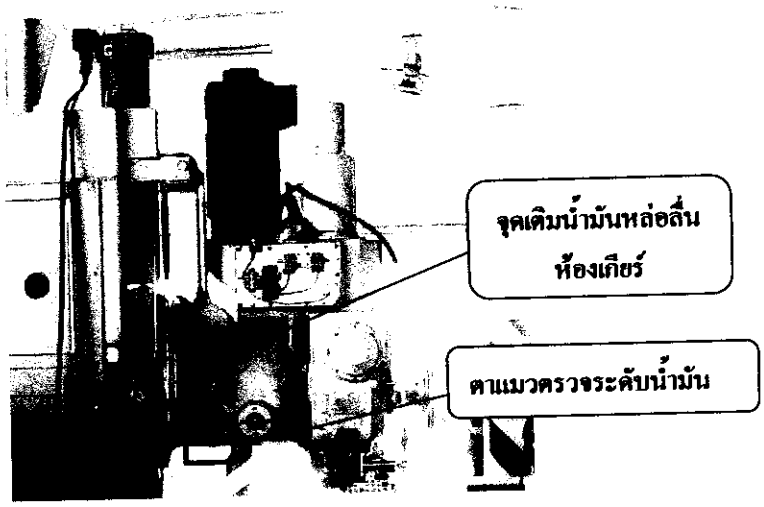
รูปที่ 4.36 Connector ของ Servo Drive

4.2.6 เปิด MAIN Breaker / เปิด Power On จ่ายกระแสไฟฟ้าให้ Servo Drive /นำสาย หมายเลข 2กับ 15 มา short กัน /นำอุปกรณ์ที่ได้จากการต่อวงจรตามรูปที่4.35 โดยวัดความต่าง ศักย์ไฟฟ้า(Volt) ด้วยมิเตอร์ก่อนและปรับค่าให้เป็น 0 Volt และจ่ายเข้าไปขา 7 และ 20 แล้วค่อยๆ เพิ่ม Volt ขึ้น ดูทิศทางการเคลื่อนที่ของโต๊ะงาน (Table) หลังจากนั้นสลับสายที่จ่ายไปที่ขา 7 และ 20 จะพบว่า Table จะเคลื่อนไปทิศทางตรงข้าม

4.3 การทดสอบการทำงานของระบบหล่อลื่นและระบบน้ำหล่อเย็นของเครื่องจักร CNC MAKINO FANUC 3000C

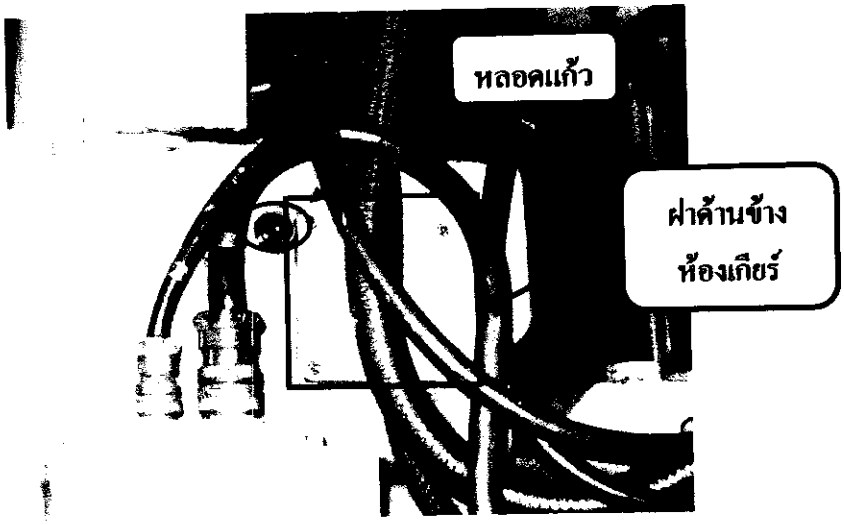
4.3.1ทดสอบการทำงานของระบบหล่อลื่นภายในห้องเกียร์

4.3.1.1 ตรวจสอบระดับน้ำมันจากตาแมววัดระดับน้ำมันขณะปิด หากไม่เห็นน้ำมัน ให้เติมที่จุดเติม ตามรูปที่ 4.37 จนระดับน้ำมันเต็มช่องตาแมว



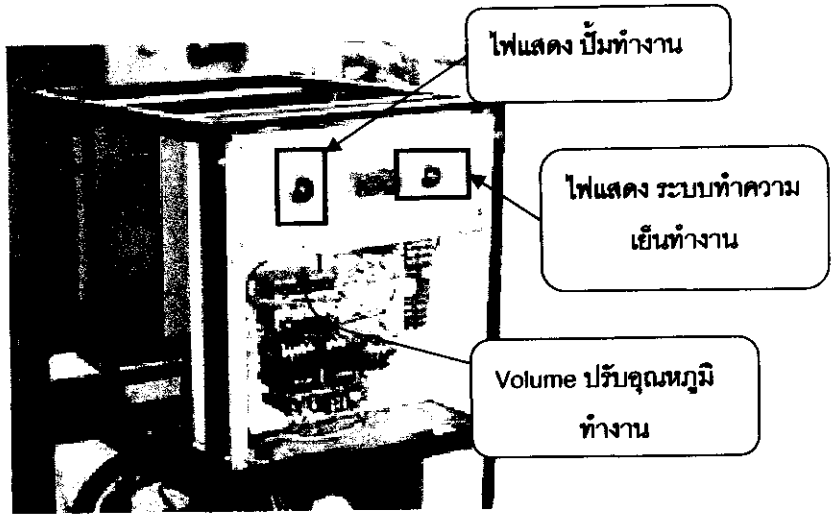
รูปที่ 4.37 ช่องเติมน้ำมันและตาแมวตรวจระดับน้ำมัน

4.3.1.2 สังเกตน้ำมันที่ฉีดในหลอดแก้วหรือเปิดฝาด้านข้างให้เห็นภายในห้องเกียร์ก็ได้ดัง รูปที่ 4.38



รูปที่4.38 หลอดแก้วแสดงการทำงาน

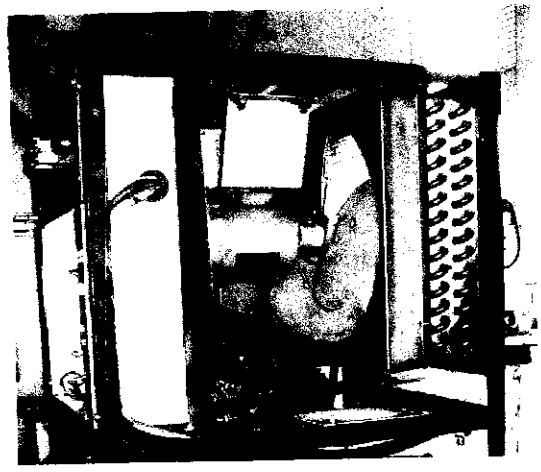
เปิด MAIN Breaker แล้วดูที่ Oil cooler ต้องทำงาน ไฟสีส้มด้านซ้ายสว่างแสดงว่า Oil coolerทำงานแล้ว ดังรูปที่ 4.39



รูปที่ 4.39 Oil Cooler Unit

สังเกตที่ ตาแมวในรูป 4.37 ระดับน้ำมันจะลดลง และในห้องเกียร์จะมีน้ำมันไหลจากด้านบนเป็นสาย

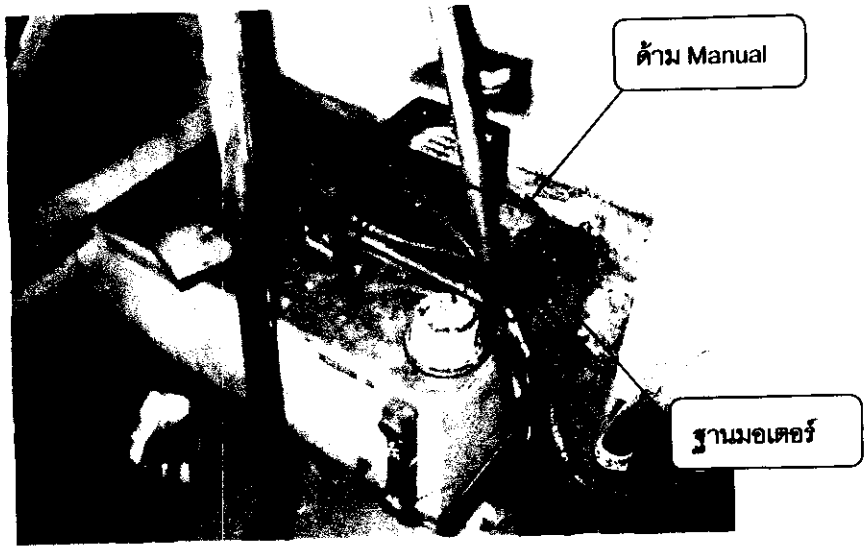
4.3.1.3 ทดลองปรับระดับอุณหภูมิการทำงานของระบบทำความเย็นโดยหมุน Volume ในรูปที่ 4.28ในทิศทวนเข็ม พัดลมในรูปที่ 4.40 จะทำงาน



รูปที่ 4.40 พัดลมของ Oil Cooler

4.3.2 ทดสอบการทำงานของน้ำมันหล่อลื่น Sideways และโซ่ Balance โดย ถอดสายจากจุดต่อด้านซ้ายในรูปที่ 4.41 ออก และยกปลายให้สูง แล้วลองดึง Manual pump ในรูปที่ 4.42 จะมีน้ำมันไหลออกที่ปลายสายที่ยกสูง

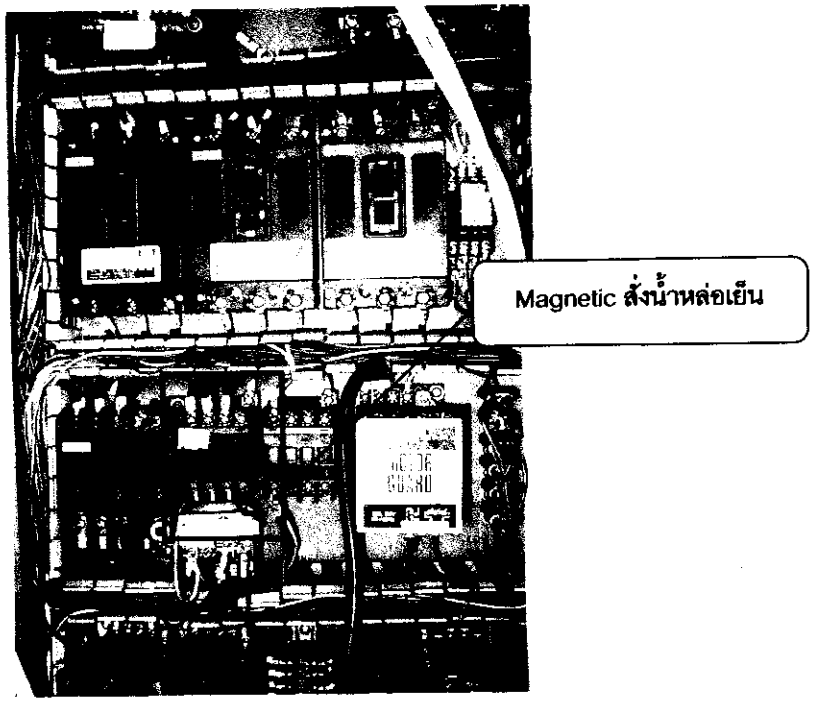
รูปที่ 4.41 สายน้ำมันหล่อลื่น



รูปที่ 4.42 ปั๊มน้ำมันหล่อลื่น

หากต้องการทดสอบ Automatic Oil Sideways ต้องถอดฐานมอเตอร์ในรูป 4.42 และสังเกตการหมุน ซึ่งหมุนช้ามาก จะสังเกตจากการไหลของน้ำมันได้ยาก

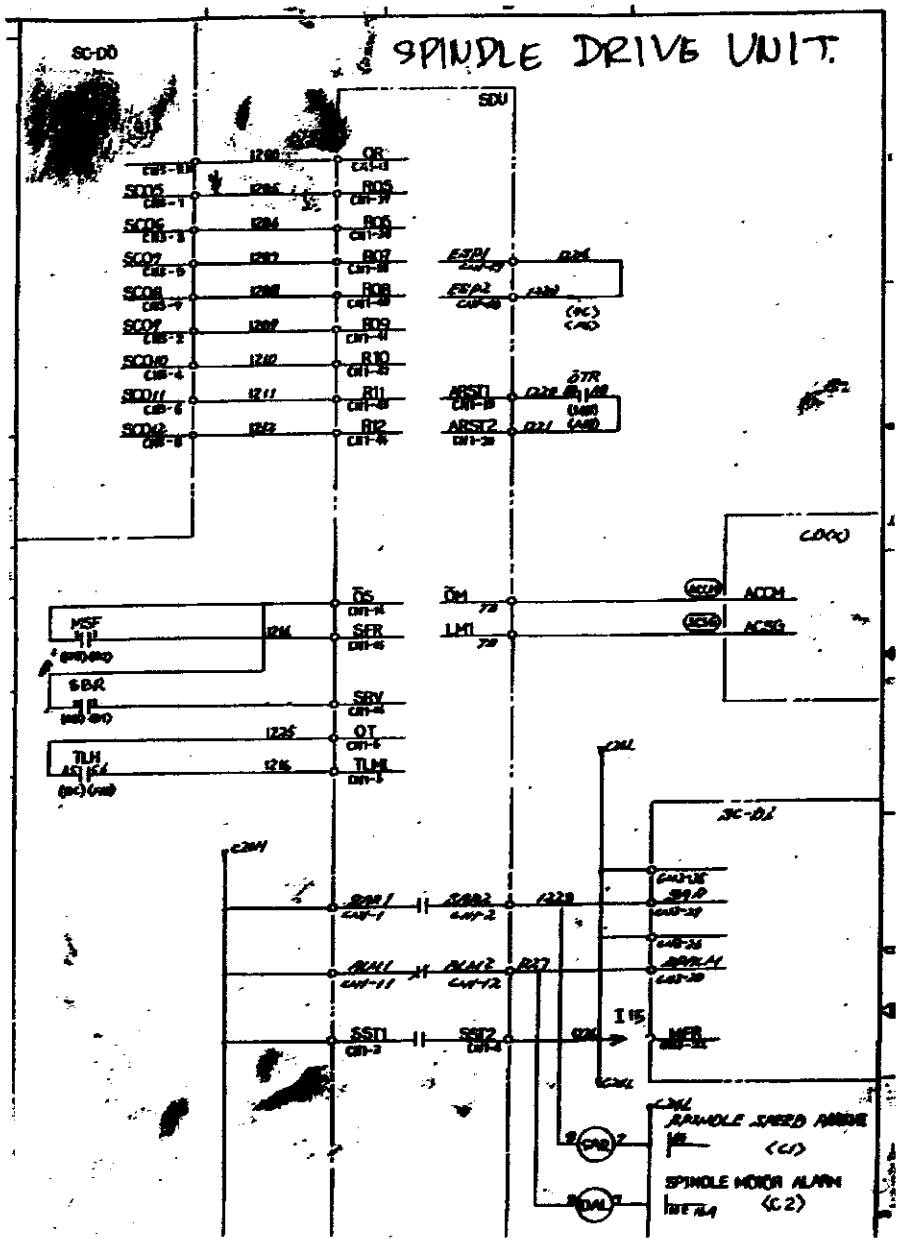
4.3.3 ทดสอบการทำงานของระบบน้ำหล่อเย็น โดย เติมน้ำยาหล่อเย็น ประมาณ 3/4 ของปริมาตรถังน้ำยาหล่อเย็น และทดลองกด Magnetic ในรูปที่ 4.43 ด้วยฉนวน Pump จะทำงาน น้ำยาจะพุ่งออกที่ปลายท่อดังรูปที่ 4.31



รูปที่ 4.43 Magnetic สั่งน้ำหล่อเย็น

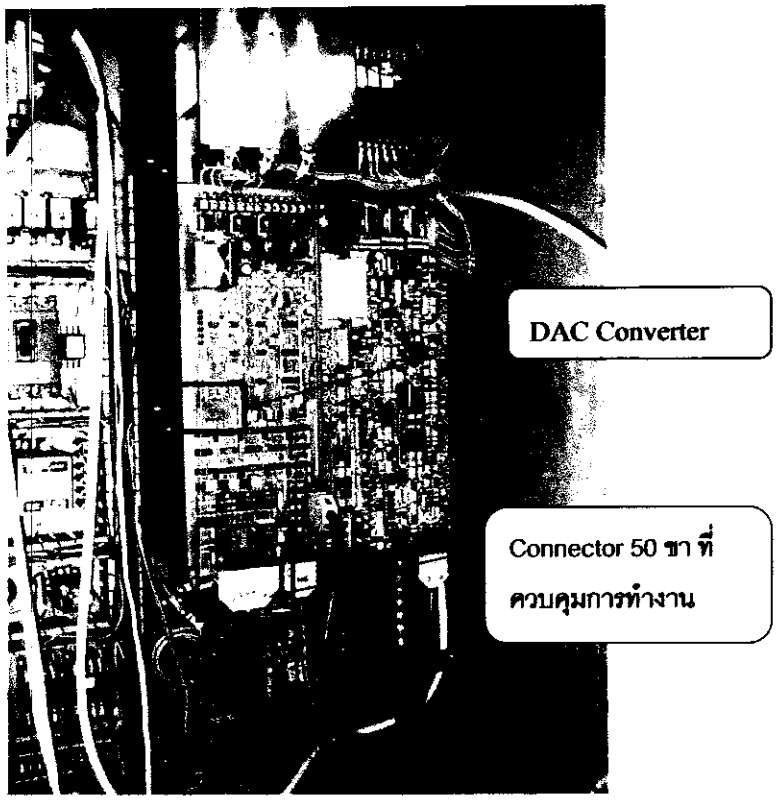
4.4 ผลการติดต่อกับ บริษัท NC Advance Technology เพื่อขอข้อมูล การขับเคลื่อน SPINDLE MOTOR ของเครื่องจักรรุ่นที่คล้ายกันเพื่อศึกษาการทำงานและการควบคุม

ผลคือได้วงจรของ Spindle Drive รุ่นใกล้เคียงมา ชื่อขาไม่ตรงทั้งหมดแต่สามารถใช้ในการควบคุมได้



รูปที่ 4.44 รายละเอียดการควบคุม Spindle Drive Unit

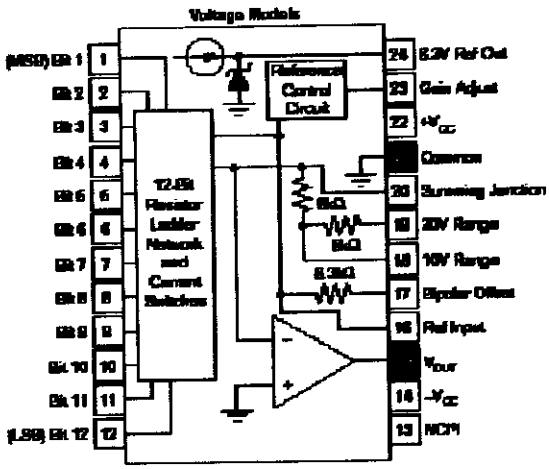
จากการสอบถามช่างเทคนิค คุณ พัฒนพงศ์ ที่ NC Advance ทราบว่า Servo Drive ยี่ห้อ FANUC ส่วนใหญ่จะมีขามาตรฐานที่ Connector 50 ขา คือขา 47, 48 ใช้สั่ง Enable Drive ขา14, 45 ใช้สั่งหมุน CW ขา 14, 46 ใช้สั่งหมุน CCW คุมความเร็วแบบ Digital ที่ขา 13 ,37-44 (8 bit) และสามารถคุมความเร็วแบบ Analog ได้โดย ใช้ขา 14, 45 หรือขา 14, 46 คู่ใดคู่หนึ่งก็ได้ และใช้ การจ่าย Volt + / - ในการกลับทางหมุนแทนการใช้ทั้ง 2 คู่ โดยจ่าย Volt ± 10 ถึง ± 15 เข้าไปที่ขา 31, 32 โดยถอด DAC Converter (DIGITAL-TO-ANALOG CONVERTERS) ออกก่อน



รูปที่ 4.45 Spindle Drive Unit

แต่จากการทดลองตามคำแนะนำพบว่า ไม่สามารถใช้ การจ่าย Volt + / - ในการกลับทางหมุนได้ที่ขา 31, 32 ได้ ในเบื้องต้นจึงใช้การคุมความเร็ว Spindle Motor แบบ Digital และทดลองวัดความเร็วรอบ ได้ผลการทดลองตามผนวก ข

ภายหลังได้คำแนะนำจาก ผศ.ดร.กวิน ให้หาข้อมูล DAC Converter รุ่น DAC-80-CBI-V 7743 แล้วจ่าย Volt ± เข้าที่ขาของ DAC Converter โดยตรง ข้อมูลที่ค้นหาได้จาก Internet แสดงดังรูปที่ 4.46



รูปที่ 4.46 รายละเอียดของ DAC-80

จากการทดลองจ่าย Volt ± ภายนอกเข้าไปที่ ขา 15, 21 พบว่า Spindle Drive รุ่นนี้ไม่รับ Volt – รับเฉพาะ Volt + เท่านั้น จึงไม่สามารถกลับทางหมุนโดยการใช้ Volt + / - ได้ จำเป็นต้องใช้ ขา 14, 45 และ14, 46 ในการกลับทางหมุนแทน

4.5 ผลการทดสอบการทำงานของระบบกลไกที่ทำงานร่วมกับ SPINDLE MOTOR

ระบบกลไกที่ทำงานร่วมกับ SPINDLE MOTOR ก็คือ ชุด Low Gear/ High Gear และ ชุด Clamp /Unclamp Tool ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่งของ CNC

4.5.1 ชุด *Low Gear/ High Gear* ได้อธิบายไว้แล้วในหัวข้อ 4.1 และสิ่งที่อธิบายนั้นเกิดจากการเรียนรู้จากการลองผิดลองถูก ปัญหาที่สำคัญที่สุดของระบบนี้คือ ระบบนี้จะต้องมีการหน่วงเวลาทั้งตอนเปิดน้ำมัน Hydraulic สั่งเปลี่ยนเกียร์ และจะต้องหน่วงเวลาในการตัดน้ำมัน Hydraulic ที่สั่งเปลี่ยนเกียร์ เพราะหากไม่หน่วงตอนเปิดน้ำมัน Hydraulic Solenoid Valve control High, Low Gear จะไม่สามารถทำงานได้เพราะ แรงดันจากน้ำมัน Hydraulic จะดันลิ้นกั้นน้ำมันจน Solenoid Valve control High, Low Gear ไม่สามารถเปิดให้ น้ำมัน Hydraulic ไหลผ่านไปเลื่อนชุดเฟืองเกียร์ได้

และหากไม่หน่วงเวลาในการตัดน้ำมัน Hydraulic ที่สั่งเปลี่ยนเกียร์ จะทำให้เฟืองขบกันไม่เต็มหน้า เพราะขณะที่ Limited Switch ทำงาน เฟืองยังขึ้นไม่สุด (High Gear) และยังลงไม่สุด (Low Gear) แต่ที่สำคัญที่สุดคือ High Gear เพราะหน้าเฟืองแคบ

4.5.2 ชุด Clamp /Unclamp Tool จากผลการทดสอบการทำงานพบว่าระบบนี้ยังทำงานได้ดี โดยระบบ Clamp /Unclamp Tool ในเครื่องจักรรุ่นนี้ ใช้เกลียวในการ Lock Tool ใช้ Motor เป็นต้นกำลังในการ Clamp /Unclamp ดังนั้นจึงสังเกตลักษณะการทำงานของ Relay แล้วนำไปเป็นเงื่อนไขกับระบบ Safety Tool คือ จะสามารถใส่หรือถอด Tool (Clamp /Unclamp) ได้โดยต้องเปิด Switch ก่อน 1 ตัว และ Switch นี้จะไปตัดการ Operate ของ Controller TNC 310 (Emergency stop)

4.5.3 ชุด Spindle Break ซึ่งจากการสังเกตพบว่าชุดนี้จะใช้ร่วมกับระบบ Clamp /Unclamp Tool และจะใช้อีกครั้งเมื่อ ต้องการขัน Tool holder เปลี่ยนเครื่องมือตัดในขณะที่ระบบทำงานบน High Gear ฉะนั้นจึงใช้เงื่อนไขเดียวกับ Clamp /Unclamp Tool

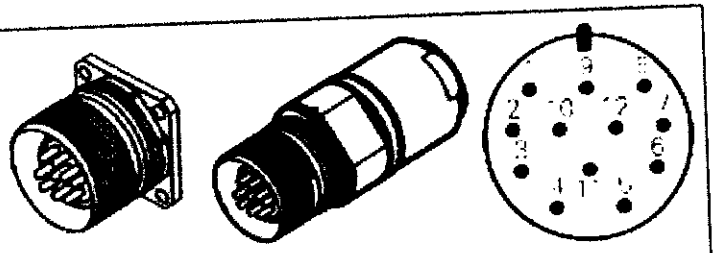
4.6 ผลการศึกษาลักษณะการทำงานของชุดควบคุม HEIDENHAIN TNC 310

จากการศึกษาพบว่า ชุด Controller TNC 310 ที่มีอยู่ มีรายละเอียดในการติดตั้ง เพื่อจะใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักร ดังต่อไปนี้

4.6.1 Feedback จาก Encoder แบบ 1 Vpp ของ HEIDENHAIN ในการควบคุมตำแหน่งทั้งแกน X Y และ Z โดยต่อสัญญาณนี้เข้าที่ Port X1-X3 ตามลำดับ ซึ่งตัวที่ติดตั้งเข้าไปครั้งนี้เป็นคนละรุ่นกับที่ติดตั้งในโครงงานครั้งที่แล้วคือ รุ่นที่แล้วใช้ ROD 456 แต่ครั้งนี้ใช้ ROD 486 จึงต้องหาข้อมูลการ Connect ใหม่ และสอบถามเพิ่มเติมจากทั้ง คุณสุวัตชัย และ ผศ.ดร.กวิน เพื่อความมั่นใจ และใช้วิธี บัดกรีคนเดียว และ อีกคนตรวจเช็คเพื่อป้องกันความผิดพลาด และรายละเอียดที่หาได้แสดงในหน้าถัดไป

Pin Layout ~1 V_{pp}

12-pin HEIDENHAIN flange socket or coupling



5	6	8	1	3	4	12	10
A		B		R		5 V (U_P)	0 V (U_N)
+	–	+	–	+	–	Brown/ Green	White/ Green
Brown	Green	Gray	Pink	Red	Black		
						IEC 742 EN 50 178	

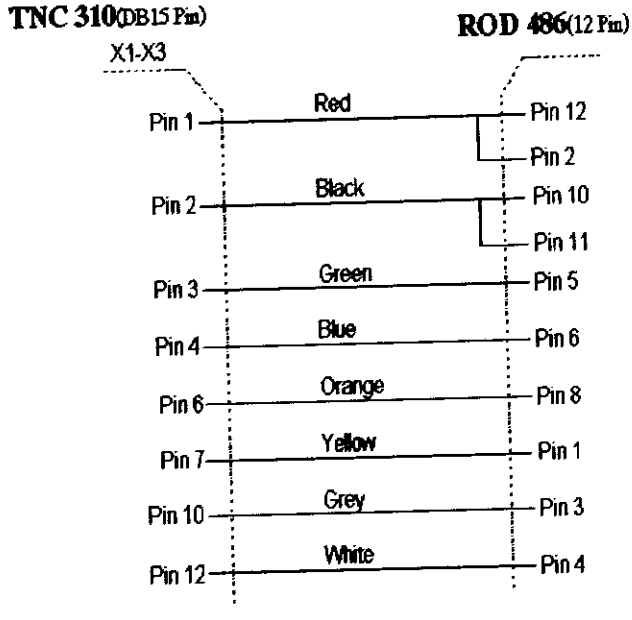
2	11	7	9	/
5 V Sensor	0 V Sensor	Vacant	Vacant	Vacant
Blue	White	Violett	/	Yellow

ตารางที่ 4.1 รายละเอียด Pin ของEncoder ROD 486 1Vpp

Pin Position encoder 1 Vpp

Logic unit	
D-sub connection (male) 15-pin	**Assignment**
1	+5 V (U_P)
2	0 V (U_N)
3	A+
4	A–
5	0 V
6	B+
7	B–
8	0 V
9	+5 V
10	R
11	0 V
12	R–
13	0 V
14	Do not assign
15	Do not assign
Housing	External shield

ตารางที่4.2 รายละเอียด Pin ของ TNC310 X1-X4



รูปที่ 4.47 วิธีการConnectจากคุณสุวัตชัย

4.6.2 Speed Command (X8) Port นี้จะใช้ในการจ่ายสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง ± 10 Volt ส่งออกไปควบคุม Servo Motor ให้เคลื่อนที่ตามที่ Program ไว้ รายละเอียดแสดงไว้ในผนวก ก

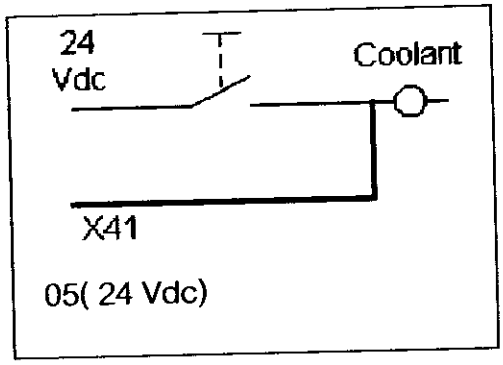
4.6.3 RS-232-C/V.24 data interface (X21) Port นี้จะใช้ในการส่งถ่ายข้อมูลระหว่าง Controller กับ Computer ทั้งการ Load และ Backup MP ,PLC,NC Programs ซึ่งหากใช้กับ Computer PC ควรระวังไฟฟ้าที่รั่วออกตาม Port ควรเสียบ Connector ก่อนเปิด Computer ขึ้นมาใช้งาน และควรต่อสายดินให้กับ Computer ด้วย เพราะหากเกิดการ Spark ขณะเสียบ Connector จะทำให้ Port X21 ของ Controller TNC310 เสียหายและไม่สามารถโอนถ่ายข้อมูลกับ Computer ได้ ต้องซื้อ Port ใหม่มาเปลี่ยนซึ่งมีราคาสูง

4.6.4 PLC Output (X41) Port นี้จะจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง +24 Volt ไปสั่ง Relay ให้ทำงานและ Relay จะควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงต่อไป เช่น 110, 220 Volt

4.6.5 PLC Input (X42) Port นี้จะรับสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอกเพื่อใช้ในการกำหนดเงื่อนไขใน PLC Programs

หมายเหตุ X41pin34 จะมีสัญญาณออกและวนไปผ่าน Safety Switch ต่างๆและต้องวนกลับเขามาที่ X42pin4 หากวงจรสายนี้ขาด Controller จะขึ้น Emergency Stop จะสั่งอะไรไม่ได้ทั้งสิ้น

สิ่งที่ต้องระวังเป็นพิเศษ คือ อย่าให้ PLC Output กลายเป็น PLC Input ซึ่งจะเกิดได้ในกรณีที่อุปกรณ์นี้สามารถสั่งงานด้วย Controller หรือ Manual ก็ได้ แล้วไปใช้ Coil ตัวเดียวกันดังรูปที่ 4.48



รูปที่ 4.48 การต่ออุปกรณ์ที่ผิดวิธี

เวลาสั่งจาก X41 PLC Output จะไม่มีปัญหา แต่ทันทีที่สั่งด้วย Manual คอยล์ (Coil) Coolant ก็ทำงานแต่จะมีกระแสไฟฟ้าย้อนมาเข้า X41 ด้วย ซึ่งจะทำให้ Controller เสียหาย

4.6.6 Power supply *X31 = 24 Vdc power supply for the NC (on the main board)*

X33 = Buffer battery (on the main board)

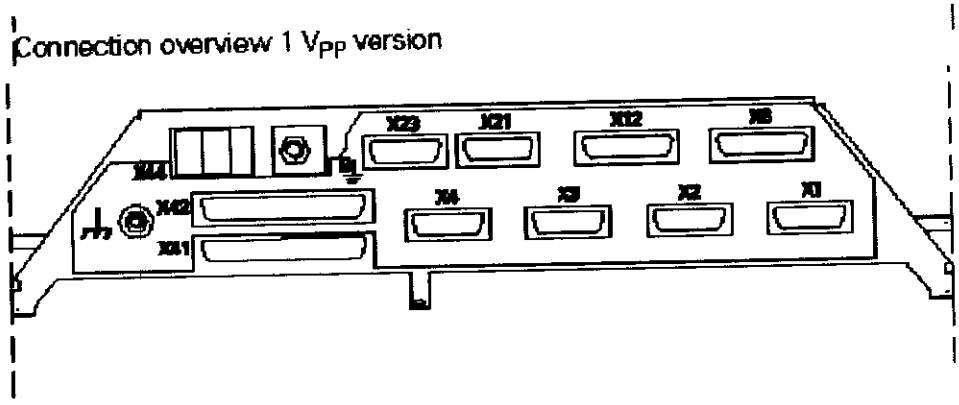
X39 =" Control on" key (beneath the main board)

X40 = EMERGENCY STOP button (beneath the main board)

X44 = 24 Vdc power supply for the PLC

Port Supply เหล่านี้มีวงจรแสดงในผนวก ก

4.6.7 ตำแหน่ง *Port* ต่างๆ ที่ *Controller HEIDENHAIN TNC 310* ชนิดที่ Support กับอุปกรณ์ชนิด 1 Vpp



X1 = Encoder 1 (1 V_{PP}/11 µA)
X2 = Encoder 2 (1 V_{PP}/11 µA)
X3 = Encoder 3 (1 V_{PP}/11 µA)
X4 = Encoder 4 (1 V_{PP}/11 µA)
X8 = Nominal value output 1, 2, 3, 4, 5
X12 = Touch trigger probe
X21 = RS-232-C/V.24 data interface
X23 = Handwheel
X41 = PLC output
X42 = PLC input
X44 = 24 Vdc power supply for the PLC

X31 = 24 Vdc power supply for the NC (on the main board)
X33 = Buffer battery (on the main board)

X39 = "Control on" key (beneath the main board)
X40 = EMERGENCY STOP button (beneath the main board)

รูปที่ 4.49 Port ต่างๆ บน Controller TNC 310

4.6.8 Machine Parameter: MP

Machine Parameter เป็นค่าที่ต้องปรับเปลี่ยนให้ตัวเครื่องจักรทำงานสัมพันธ์กับ Controller ผู้ที่จะปรับเปลี่ยนจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับเครื่องจักรและความหมายของ MP แต่ละข้อรวมถึงระบบการทำงานของ Controller ด้วย

การ เข้าดูและเปลี่ยนแปลง MP

MOD/key/95148/ENT และใช้ GOTO / หมายเลข MP ที่ต้องการดู

การ Load MP จาก Computer

MOD/key / 95148/ENT / TRANSFER EXT to TNC / ชื่อ FILE /ENT

4.6.9 PLC

PLC เป็นสิ่งที่ต้องเขียนขึ้นเพื่อให้ตัวเครื่องจักรทำงานสัมพันธ์กับ Controller เช่นเดียวกับ MP ผู้ที่เขียนจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับภาษา PLC ของ HEIDENHAIN และวงจรRelayที่ต่อไว้ควบคุมเครื่องจักรและความหมายของ MP แต่ละข้อ รวมถึงระบบการทำงานของ Controller ด้วย

การ Load PLC จาก Computer

MOD/key / 807667/ENT / TRANSFER EXT to TNC / ชื่อ FILE

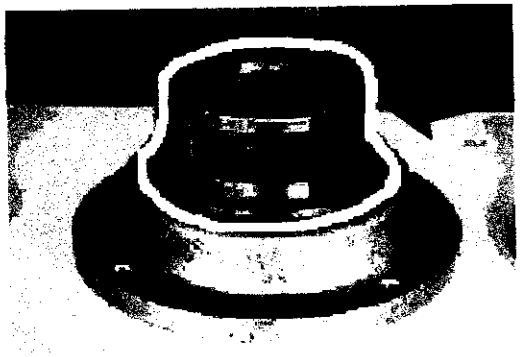
/ENT / END / COMPILE

4.7 ผลออกแบบและจัดทำชิ้นส่วนที่จำเป็นต่อการดัดแปลงเครื่องจักรและระบบควบคุม

4.7.1 การออกแบบฐานยึด Encoder ติดกับท้าย มอเตอร์

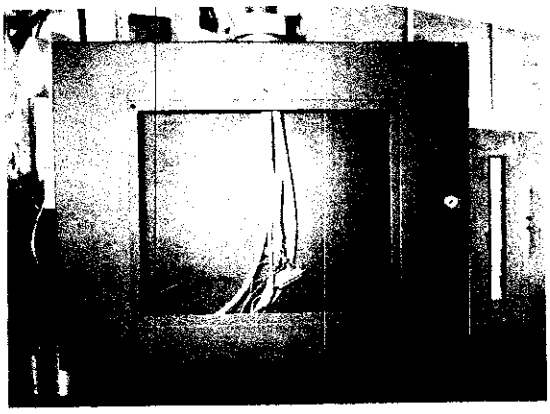
ตอนเริ่มทำโครงงานเราหาฐานยึด Encoder ของโครงงานรุ่นที่แล้วไม่พบ จึงได้ทำขึ้นใหม่ มีลักษณะดังรูปที่ 4.50 ซึ่งบางมาก ภายหลังหาพบของเก่า และเห็นว่าแข็งแรงกว่าจึงใช้ฐานยึด Encoderของเก่าดังรูปที่ 4.51

รูปที่ 4.50 ฐานยึด Encoder ใหม่

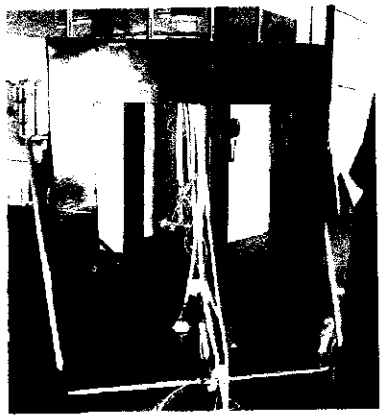


รูปที่ 4.51 ฐานยึด Encoder เก่า

4.7.2 ตู้ไส่ Controller ใหม่แทนตู้เก่าที่ดูไม่เรียบร้อย ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร.กวิน นำมาให้ และเราก็ทำการเจาะรูแขวน รูยึด Controller ใส่ OT Switch และกุญแจล็อคตู้เพิ่มเติม

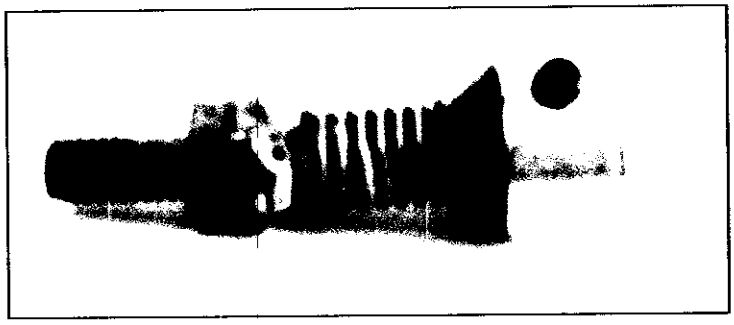


รูปที่ 4.52 ตู้ไส่ Controller ใหม่

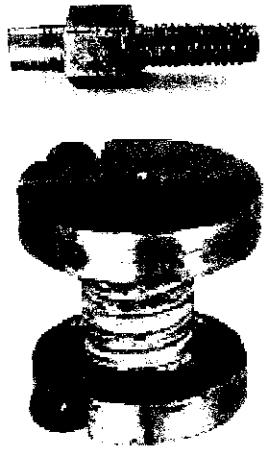


รูปที่ 4.53 ตู้ไส่ Controller เก่า

4.7.3 COUPLING เก่าที่ใช้สปริงที่แข็งมาก ซึ่งอาจทำให้เกิดความเสียหายกับ Encoder ได้ จึงออกแบบใหม่ ดังรูปที่ 4.54

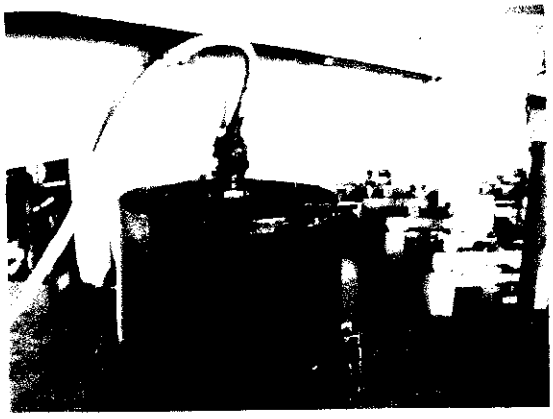


รูปที่ 4.54COUPLING ใหม่

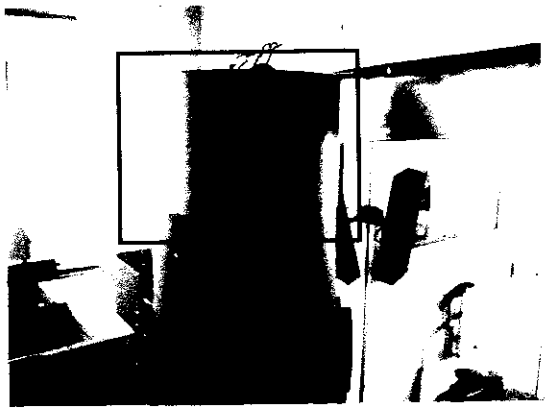


รูปที่ 4.55 COUPLING เก่า

4.7.4 ฝาครอบกันสาย Encoder แกน Z ซึ่งอาจเสียหายได้ถ้าโยกแขนที่แขวน Controller ไปกระแทก



รูปที่ 4.56 สาย Encoder ถูกเบียด



รูปที่ 4.57 ฝาครอบกันสาย Encoder

4.8 ผลการจัดลำดับการทำงานของอุปกรณ์

การจัดลำดับการทำงานของอุปกรณ์ก็คือการจัดว่า อุปกรณ์ตัวไหนทำงานก่อน ตัวไหนทำงานทีหลัง ตัวไหนที่ต้องทำงานพร้อมกัน ซึ่งจัดตามเงื่อนไขการทำงานของอุปกรณ์นั่นเอง เช่น ระบบการเปลี่ยนเกียร์ซึ่งได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 4.1

4.9 ผลการเชื่อมต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าเข้ากับระบบต่างๆของ Controller TNC 310

ทั้งนี้เราได้เชื่อมต่อตามเครื่องจักรรุ่นที่ใกล้เคียงเพื่อให้ง่ายในการ Set Machine Parameter และ เขียน PLC รายละเอียดได้แสดงไว้ในผนวก ก

4.10 ผลการ Set Machine Parameter และเขียน PLC ลงในชุดควบคุม HEIDENHAIN TNC 310

เนื่องจากเราเสียเวลาเกี่ยวกับการศึกษาระบบการเปลี่ยนเกียร์และอุปกรณ์ไฟฟ้า และการตรวจสอบระบบการ Wiring สายไฟฟ้าของเครื่องจักรอยู่นาน ดังนั้นเราจึงมีเวลาน้อยมากในการศึกษาเรื่องเหล่านี้ จึงใช้วิธีการ Load Machine Parameter และ PLC ของเครื่องจักรรุ่นใกล้เคียงลงไปแทนการเขียนขึ้นใหม่ เพื่อให้เครื่องสามารถ Run ได้ ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ วิธีการ Load ได้กล่าวแล้ว ในข้อ 4.5.8, 4.5.9

4.11 ผลการทดสอบ Run เครื่องจักร

ผลการทดสอบพบว่า เครื่องจักรสามารถ Run ได้ตามที่ Programs เอาไว้ทั้ง Programs แบบ MDI และที่ผ่านการ CAM ด้วย MASTERCAM V9 หรือ UnigraphicsNX 2.0 และ ต้องใช้เป็นภาษา HEIDENHAIN (.H)เท่านั้น ในส่วน (.I) ยังไม่พบรูปแบบที่สามารถทำงานได้ ส่วน software Mechanical desktop 6 & Hyper mill V6 ไม่สามารถแก้ไข postprocessor ได้จึงไม่สะดวกที่จะนำมาใช้งาน และในส่วนความแม่นยำของเครื่องจักรก็น้อยกว่าเครื่องจักรใหม่อย่าง HAAS VF1 เป็นผลจากหลายประการคือ

1. ค่า Backlash ของ Ball Screw
2. เครื่องมือวัดที่ใช้ Calibrate ตอน Set Machine Parameter
3. สัญญาณที่รบกวนสาย Speed Command (X8)
4. ความผิดพลาดของชุด Controller เอง

4.12 อื่นๆ

4.12.1 การ Load NC File

NC File ต้องตั้งชื่อเป็น ตัวเลขเท่านั้น

เลือก / BLOCKWISE TRANSFER / .I or .H / ชื่อ File / ENT

มีวิธีการ ใช้โปรแกรม TNCREMO แสดงในผนวก ง

4.12.2 การ Programs แบบ MDI

เลือก แล้วป้อนค่าตามภาษาของ HEIDENHAIN มีตัวอย่างพร้อมเฉลยแสดงในผนวก ค

4.12.3 ความคลาดเคลื่อนในการ Set Machine Parameter MP1810.0-2 ร่วมกับความคลาดเคลื่อนอื่นๆ ของตัวเครื่องจักรเกี่ยวกับระยะการเคลื่อนที่ในแต่ละแกนเป็นดังนี้

แกน X มีความคลาดเคลื่อนในการเคลื่อนที่ ± 10 ไมโครเมตรโดยเฉลี่ย

แกน Y มีความคลาดเคลื่อนในการเคลื่อนที่ ± 20 ไมโครเมตรโดยเฉลี่ย

แกน Z มีความคลาดเคลื่อนในการเคลื่อนที่ ± 5 ไมโครเมตรโดยเฉลี่ย