บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดฝึก งานกลึงมินิซีเอ็นซี ในระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสาร และงานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นพื้นฐานและประกอบการทำวิจัย ดังนี้

2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2556
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน
2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับชุดฝึก
2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับความพึงพอใจ
2.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับเทคโนโลยีซีเอ็นซี
2.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับมินิซีเอ็นซี
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)

2.1.1 จุดมุ่งหมายของหลักสูตร

สำนักงานคณะกรรมการได้พัฒนาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 ให้สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ แผนการศึกษาแห่งชาติ และประชาคมอาเซียน เพื่อผลิตและพัฒนากำลังคนระดับฝีมือให้มีสมรรถนะสามารถประกอบอาชีพได้ตรงตามความต้องการของสถานประกอบการและการประกอบอาชีพอิสระ เน้นสมรรถนะเฉพาะด้านด้วยการปฏิบัติจริง โดยมีจุดมุ่งหมายของหลักสูตรดังนี้ (สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, 2557 : 2)

2.1.1.1 เพื่อให้มีความรู้ ทักษะและประสบการณ์ในงานอาชีพสอดคล้องกับมาตรฐานวิชาชีพ สามารถนำความรู้ ทักษะและประสบการณ์ในงานอาชีพได้อย่างมีประสิทธิภาพ เลือกวิธีการดำรงชีวิต การประกอบอาชีพได้อย่างเหมาะสมกับตน สร้างสรรค์ความเจริญต่อชุมชน ท้องถิ่น และประเทศชาติ

2.1.1.2 เพื่อให้เป็นผู้มีปัญญา มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ใฝ่เรียนรู้ เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตและการประกอบอาชีพ สามารถสร้างอาชีพ มีทักษะในการจัดการและพัฒนาอาชีพให้ก้าวหน้าอยู่เสมอ

2.1.1.3 เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่ออาชีพ มีความมั่นใจและภาคภูมิใจในวิชาชีพที่เรียน รักงาน รักหน่วยงานสามารถทำงานเป็นหมู่คณะได้ดี โดยมีความเคารพในสิทธิและหน้าที่ของตนเองและผู้อื่น

2.1.1.4 เพื่อให้เป็นผู้มีพฤติกรรมทางสังคมที่ดีงามทั้งในการทำงาน การอยู่ร่วมกัน การต่อต้านความรุนแรง และสารเสพติด มีความรับผิดชอบต่อครอบครัว หน่วยงาน ท้องถิ่น และประเทศชาติ อุทิศตนเพื่อสังคม เข้าใจและเห็นคุณค่าของศิลปวัฒนธรรม ภูมิปัญญาท้องถิ่น มีจิตสำนึกด้านปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง รู้จักใช้และอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และสร้างสิ่งแวดล้อมที่ดี

2.1.1.5 เพื่อให้มีบุคลิกที่ดี มีมนุษย์สัมพันธ์ มีคุณธรรม จริยธรรม และวินัยในตนเอง มีสุขภาพอนามัยที่สมบูรณ์ทั้งร่างกายและจิตใจ เหมาะสมกับงานอาชีพ

2.1.1.6 เพื่อให้ตระหนักและมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาเศรษฐกิจ สังคม การเมืองของประเทศ และโลก มีความรักชาติ สำนึกในความเป็นไทย เสียสละเพื่อส่วนร่วม ดำรงรักษาไว้ซึ่งความมั่นคงของชาติ ศาสนา พระมหากษัตริย์ และการปกครองระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์เป็นประมุข

2.1.2 โครงสร้างหลักสูตร

โครงสร้างหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 แบ่งเป็น 3 หมวดวิชาและกิจกรรมเสริมหลักสูตร ดังนี้ (สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, 2557)

2.1.2.1 หมวดวิชาทักษะชีวิต

1) กลุ่มวิชาภาษาไทย
2) กลุ่มวิชาภาษาต่างประเทศ
3) กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์
4) กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์
5) กลุ่มวิชาสังคมศึกษา
6) กลุ่มวิชาสุขศึกษาและพลศึกษา

2.1.2.2 หมวดวิชาทักษะวิชาชีพ

1) กลุ่มทักษะวิชาชีพพื้นฐาน
2) กลุ่มทักษะวิชาชีพเฉพาะ
3) กลุ่มทักษะวิชาชีพเลือก
4) ฝึกประสบการณ์ทักษะวิชาชีพ
5) โครงการพัฒนาทักษะวิชาชีพ

2.1.2.3 หมวดวิชาเลือกเสรี

2.1.2.4 กิจกรรมเสริมหลักสูตร

จำนวนหน่วยกิตของแต่ละหมวดวิชาตลอดหลักสูตร ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในโครงสร้างของแต่ละประเภทวิชาและสาขาวิชา รายวิชาแต่ละหมวดวิชา สถานศึกษาอาชีวศึกษาหรือสถาบันสามารถจัดตามที่กำหนดไว้ในหลักสูตรและหรือพัฒนาได้ตามความเหมาะสมของภูมิภาคตามยุทธศาสตร์ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ ทั้งนี้สถานศึกษาอาชีวศึกษาหรือสถาบันต้องกำหนดรหัสวิชา จำนวนหน่วยกิตและจำนวนชั่วโมงเรียนตามที่กำหนดไว้ในหลักสูตร

2.1.3 หลักสูตรรายวิชาผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี

รายวิชาผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี อยู่ในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2556 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างกลโรงงาน ซึ่งกำหนดให้ผู้เรียนต้องเรียนจำนวน 6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ จำนวน 2 หน่วยกิต รายละเอียดของวิชาผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี มีดังนี้ (สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, 2557)

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. เข้าใจหลักการโครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องมือกลซีเอ็นซี
2. เขียนโปรแกรมเอ็นซี และปฏิบัติงานเกี่ยวกับเครื่องมือกลซีเอ็นซี
3. มีกิจนิสัยในการทำงานที่มีระเบียบแบบแผน มีความรับผิดชอบต่อตนเอง ส่วนรวม และปฏิบัติงานตามหลักความปลอดภัย

สมรรถนะรายวิชา

1. เขียนโปรแกรมเอ็นซี ตามหลักการและกระบวนการ
2. ผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี ตามหลักการและกระบวนการ

คำอธิบายรายวิชา

ปฏิบัติเกี่ยวกับเครื่องมือกลซีเอ็นซี หลักการ ชนิดของเครื่องมือกลซีเอ็นซี กำหนดขั้นตอนการทำงาน เตรียมวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องกลึงซีเอ็นซี เครื่องกัดซีเอ็นซี เขียนโปรแกรมเอ็นซี และป้อนโปรแกรมงานกลึง งานกัดพื้นฐาน ทดสอบแก้ไขโปรแกรม ปฏิบัติงานขึ้นรูปชิ้นส่วนด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี เครื่องกัดซีเอ็นซี ใช้เครื่องมือวัด ตรวจสอบและบำรุงรักษาเครื่องมือกลซีเอ็นซี ปฏิบัติงานตามหลักความปลอดภัย

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน

สุชาติ (2554 : 110-118) การสอนนั้นโดยความเป็นจริงแล้วเป็นงานที่ต้องใช้ทักษะขั้นสูงที่จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ให้การฝึกฝนหรือปฏิบัติการต่องานที่จำเป็นตามเป้าหมายที่ตั้งไว้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นที่พอใจทั้งผู้สอนและผู้เรียน ผู้สอนที่ดีจะทำเนื้อหาวิชาที่ยากนั้นให้ง่ายต่อการเรียน แต่ตรงกันข้ามผู้สอนที่ไม่ดีจะทำเนื้อหาวิชาที่ง่ายให้กลับเป็นยากต่อการเรียน ดังนั้นการสอนที่ดี จึงจะต้องเริ่มต้นจากการเตรียมที่ดี เมื่อเนื้อหาวิชาได้ถูกจัดสรรมาอย่างเหมาะสมแล้ว ผู้สอนก็จะเริ่มต้นวางแผนว่า เขาจะนำผู้เรียนอย่างไรให้พวกเขาได้เรียนรู้เนื้อหาวิชาเหล่านั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งสิ่งเหล่านี้ต้องอาศัยการเลือกอย่างชาญฉลาดและใช้วิธีการในการสอนตลอดจนถึงสื่ออุปกรณ์ช่วยสอนต่างๆ ที่จะนำมาใช้อย่างเหมาะสม อย่างไรก็ตาม วิธีการสอน เทคนิคการสอน และสื่อช่วยสอนอาจจะเปลี่ยนแปลงไปตามแต่ละสถานการณ์ของบทเรียน แต่ขบวนการในการช่วยนำผู้เรียนในบทเรียนนั้น ก็ยังมีขั้นตอนเช่นเดียวกันหมด เพื่อจะเป็นการช่วยผู้ที่จะเป็นครูใหม่ในการที่จะวางแผนดำเนินการสอนของตนให้มีประสิทธิภาพได้อย่างสูงสุดนั้น ในบทนี้จึงขอแนะนำถึงโครงสร้างของบทเรียน เพื่อจะใช้ในการวางแผนบทเรียนที่ดี

2.2.1 ลักษณะบทเรียน

บทเรียนคืออะไร คำว่าบทเรียนที่ใช้ในการสอนทางวิชาชีพนั้น หมายถึงขบวนการทั้งหมดที่ผู้สอนจะใช้ในการสอนหรือให้เนื้อหาวิชาและประสบการณ์ในหน่วยหนึ่งๆ ให้แก่ผู้เรียน บทเรียนมิได้มีความหมายเฉพาะเพียงกิจกรรมในระหว่างชั้นเรียน หากแต่รวมถึงขบวนการทั้งหมดตั้งแต่ต้นจนจบสิ้นสุดหน่วยการเรียนการสอนนั้น บทเรียนอาจจะเป็นหน่วยใหญ่หรือหน่วยย่อยก็ได้ เราอาจจะมีบทเรียนซึ่งใช้เวลาในการสอนเพียงไม่กี่นาที จนถึงบทเรียนซึ่งใช้เวลาในการสอนหลายๆ ชั่วโมงก็ได้ ผู้สอนทุกคนย่อมต้องการที่สร้างบทเรียนที่ดีเพื่อให้การสอนของตนเป็นไปได้อย่างดีที่สุด ดังนั้นในที่นี้จึงขอเสนอแนะลักษณะของบทเรียนที่ดีเพื่อให้ผู้สอนพิจารณา ซึ่งบทเรียนที่ดีควรมีลักษณะเด่น 5 ประการดังนี้

1. น่าสนใจ
2. เนื้อหาถูกต้อง
3. ส่งเสริมความคิด
4. เน้นจุดสำคัญ
5. ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติการ

2.2.2 ส่วนประกอบของบทเรียน

บทเรียนแต่ละบทนั้นจะไม่มีรูปแบบตายตัว อาจเปลี่ยนแปลงไปตามสถานการณ์ และลักษณะของเนื้อหาวิชาและวัตถุประสงค์ของบทเรียนนั้นๆ แต่อย่างไรก็ตามบทเรียนแต่ละบทเรียนนั้นจะมีขบวนการในดำเนินการของขั้นตอนการเรียนรู้ที่เหมือนกัน นั่นคือ M – I – A – P ดังนั้นบทเรียนที่ดีซึ่งมีลักษณะเด่น 5 ประการข้างต้นนี้จะต้องประกอบด้วยส่วนประกอบที่เด่นชัด 3 ประการต่อไปนี้

1. เป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ (Aim or Objective) ซึ่งเป็นข้อความที่จะระบุถึงจุดมุ่งหมายที่แน่ชัดที่จะให้บทเรียนบรรลุถึงได้ วัตถุประสงค์ของบทเรียนจะต้องระบุไว้เฉพาะและชัดเจน เพื่อให้การตีความหมายเป็นได้อย่างถูกต้องโดยไม่คลุมเครือ และบรรลุถึงพฤติกรรมของผู้เรียน หลังจากที่บทเรียนได้สิ้นสุดลงแล้ว เป้าหมายหรือวัตถุประสงค์เมื่อกำหนดไว้ชัดเจน จะช่วยให้ผู้เรียนรู้ว่าเขาถูกคาดหวังให้ทำอะไรได้บ้าง และยังช่วยผู้สอนในการวางแผน เตรียมการและดำเนินบทเรียนให้บรรลุถึงสิ่งที่ได้ระบุไว้นั้น

2. เนื้อหาวิชา (Subject Matter) เนื้อหาวิชา หมายถึง สิ่งต่างๆ ที่สอนไป ซึ่งได้แก่ ทักษะหรือปฏิบัติการ ความรู้หรือข้อมูลต่างๆ หรือลักษณะนิสัยและเจตคติ ลักษณะของเนื้อหาวิชาจะมีอิทธิพลอย่างมากต่อวิธีการและเทคนิคการสอนที่ใช้ในขบวนการเรียนการสอน เนื้อหาวิชาก็เหมือนกับวัตถุประสงค์คือ จะต้องกำหนดไว้ชัดเจน จะช่วยให้ผู้เรียนรู้ว่าเขาถูกคาดหวัง ให้ทำอะไรได้บ้าง และยังช่วยผู้สอนในการวางแผน เตรียมการและดำเนินบทเรียนให้บรรลุถึงสิ่งที่ได้ระบุไว้นั้น

3. วิธีดำเนินการ (Procedure) วิธีดำเนินการของบทเรียนนั้นจะประกอบด้วยกลุ่มของขั้นตอนหรือปฏิบัติการต่างๆ ที่ผู้สอนจะใช้ในการช่วยนำให้ผู้เรียนได้รับเนื้อหาวิชาเพื่อที่จะให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของบทเรียนนั้น ในกิจกรรมของขั้นตอนการสอนต่างๆ เหล่านี้ จะต้องถูกดำเนินไป

ตามลำดับขั้นตอนอย่างมีประสิทธิภาพ มิ ฉะนั้นแล้วขบวนการของการสอนก็จะไม่สมบูรณ์ และไม่สำเร็จผลขั้นตอนต่างๆ ที่เป็นหัวใจในที่นี้ ก็คือ ขั้นตอนทั้งสี่ของขบวนการเรียน (M-I-A-P) นั่นเอง จะสังเกตได้ว่า บทเรียนที่ประกอบด้วนส่วนประกอบทั้ง 3 ประการข้างต้นนี้เป็นขบวนการที่จะดำเนินไปได้ด้วยการนำเอาขั้นตอนของขบวนการเรียนรู้มาส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาวิชาได้อย่างสำเร็จผลตามวัตถุประสงค์ของบทเรียน

2.2.3 โครงสร้างของบทเรียน

เมื่อจะพิจารณากันถึงรายละเอียดของส่วนประกอบของบทเรียนแล้ว เราสามารถที่จะจำแนกลักษณะโครงสร้างของบทเรียนที่ดีออกได้เป็นส่วนๆ ดังต่อไปนี้

1. มีรูปแบบของบทเรียนที่ถูกต้องและครบขั้นตอน
2. ใช้วิธีการสอนต่างๆ ในบทเรียนหนึ่งๆ
3. จำกัดเวลาสำหรับลำดับขั้นตอนการสอนหนึ่งๆ
4. จัดให้ผู้เรียนมีกิจกรรมร่วมอย่างเพียงพอ
5. มีอุปกรณ์ช่วยสอนที่เหมาะสม

2.2.3.1 รูปแบบของบทเรียน

ดังที่ทราบกันโดยทั่วไปแล้วว่า บุคคลจะเรียนรู้ได้เมื่อบุคคลนั้นได้ผ่านกิจกรรมต่างๆ ในขั้นตอนทั้ง 4 ขั้นของขบวนการเรียนรู้ อันได้แก่

- ขั้นสนใจปัญหา (Motivation)
- ขั้นศึกษาข้อมูล (Information)
- ขั้นพยายาม (Application)
- ขั้นสำเร็จผล (Progress)

และการสอน คือ การช่วยให้บุคคลอื่นได้เรียนรู้ ซึ่งทำได้ด้วยการจัดเตรียมและดำเนินการให้ผู้เรียนได้ผ่านประสบการณ์การเรียนรู้จากกิจกรรมของขั้นตอนทั้งสี่ข้างต้นนี้ ดังนั้น บทเรียนที่ผู้สอนได้จัดสร้างขึ้นควรจะต้องมีโครงสร้างซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนของขบวนการเรียนรู้ในลักษณะและลำดับที่เหมาะสม โครงสร้างของบทเรียนที่เหมาะสมจึงอาจแบ่งแยกได้เป็น 2 รูปแบบ คือ รูปแบบมาตรฐานและรูปแบบดัดแปลง

2.2.3.1.1 รูปแบบมาตรฐาน

โครงสร้างของบทเรียนรูปแบบมาตรฐานของบทเรียนหนึ่งๆ สามารถกระทำได้ด้วยการสร้างบทเรียนให้มีลำดับขั้นตอนการสอนทั้งสี่ขั้นเรียงตามลำดับดังนี้

เมื่อบทเรียนมี 1 วัตถุประสงค์ โครงสร้างของบทเรียนจะเป็นดังนี้

เวลา (นาที)	3	15	22	30
วัตถุประสงค์ที่	1	1	1	1
ขั้นสนใจปัญหา	■			
ขั้นศึกษาข้อมูล		■		
ขั้นพยายาม			■	
ขั้นสำเร็จผล				■

ลำดับขั้นตอนการสอน

1. นำเข้าสู่บทเรียนใช้เวลา 3 นาที
2. ให้เนื้อหาความรู้ใช้เวลา 12 นาที
3. ให้แบบฝึกหัดใช้เวลา 7 นาที
4. ตรวจแบบฝึกหัดในชั้นเรียนใช้เวลา 8 นาที

เมื่อบทเรียนมี 2 วัตถุประสงค์ โครงสร้างของบทเรียนจะเป็นดังนี้

เวลา (นาที)	0	10	20	30	40	50
วัตถุประสงค์ที่	1			2		
ขั้นสนใจปัญหา	■			■		
ขั้นศึกษาข้อมูล		■			■	
ขั้นพยายาม			■			■
ขั้นสำเร็จผล				■		

จากตัวอย่างบทเรียนที่ 2 นี้ ใช้เลาในการเสนอ 50 นาที โดยสอนที่ละวัตถุประสงค์ดังนี้

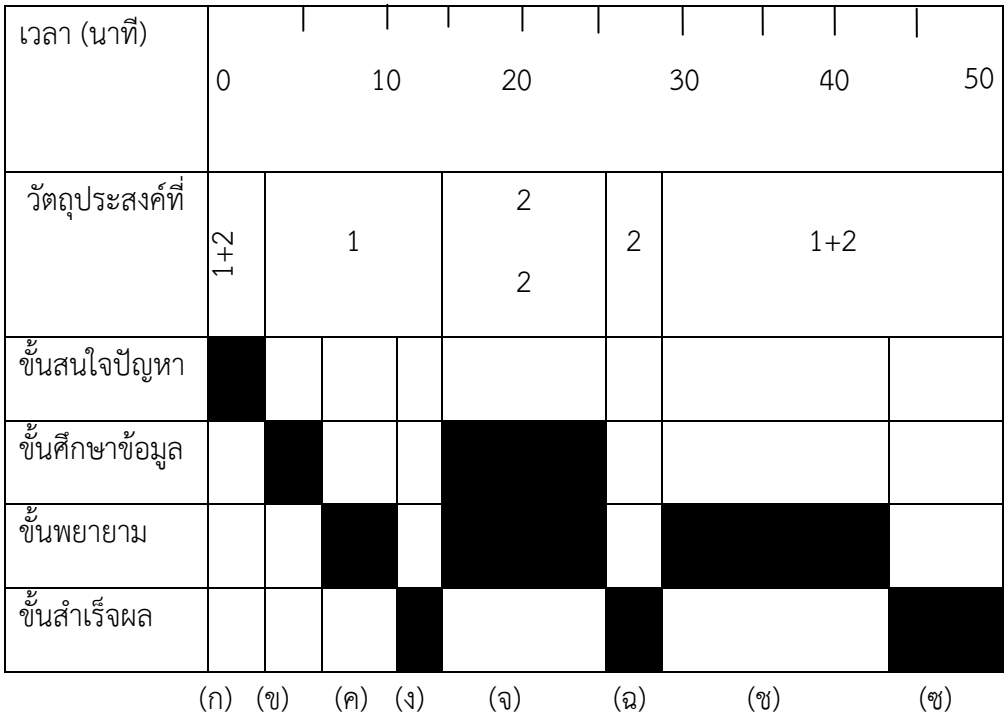
1. นำเข้าสู่บทเรียนของวัตถุประสงค์ที่ 1 เป็นเวลา 2 นาที
2. ให้เนื้อหาความรู้สำหรับวัตถุประสงค์ที่ 1 เป็นเวลา 9 นาที
3. ให้แบบฝึกหัดสำหรับวัตถุประสงค์ที่ 1 เป็นเวลา 6 นาที
4. ตรวจผลแบบฝึกหัดในชั้นเรียนสำหรับวัตถุประสงค์ที่ 1 เป็นเวลา 3 นาที
5. นำเข้าสู่บทเรียนสำหรับวัตถุประสงค์ที่ 2 เป็นเวลา 2 นาที
6. ให้เนื้อหาความรู้สำหรับวัตถุประสงค์ที่ 2 เป็นเวลา 5 นาที

7. ให้แบบฝึกหัดสำหรับวัตถุประสงค์ที่ 2 เป็นเวลา 16 นาที
8. ตรวจแบบฝึกหัดสำหรับวัตถุประสงค์ที่ 2 เป็นเวลา 7 นาที

จะเห็นได้ว่า บทเรียนนั้นมีโครงสร้างของขั้นตอนการสอนทั้งสี่ครบทุกขั้นตอนในแต่ละวัตถุประสงค์ ซึ่งจะเป็นวิธีการในการดำเนินการช่วยนำให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้อย่างเหมาะสม

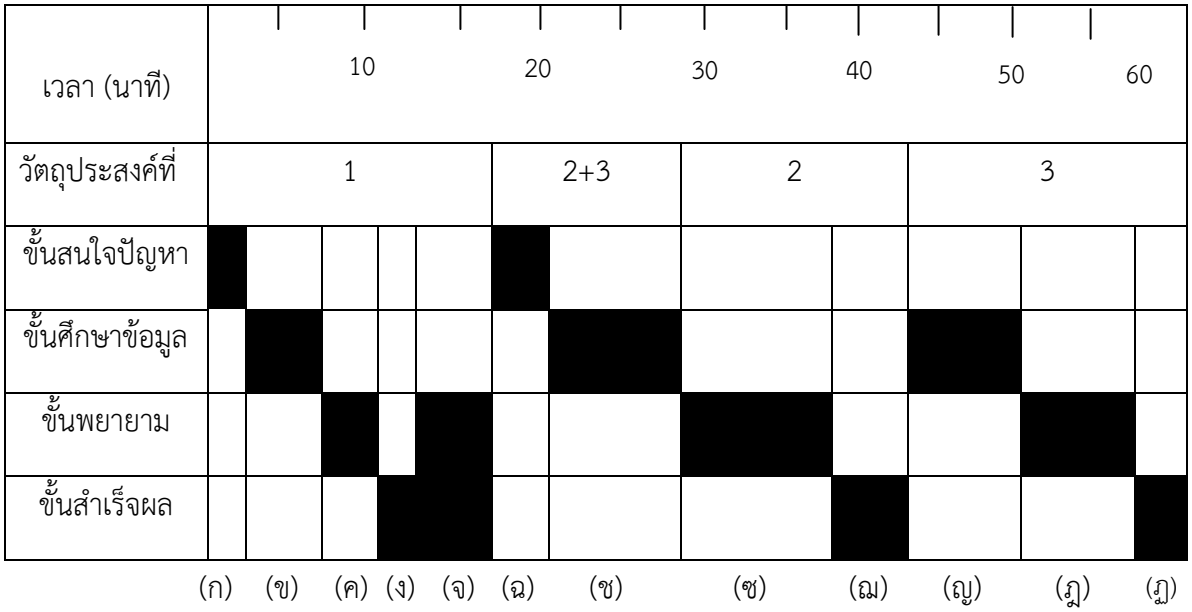
2.2.3.1.2 รูปแบบดัดแปลง

ในบทเรียนซึ่งมีหลายวัตถุประสงค์ และบางวัตถุประสงค์อาจมีความสัมพันธ์ร่วมกัน เราอาจสร้างบทเรียนโดยรวมวัตถุประสงค์มากกว่าหนึ่งข้อในเวลาเดียวกันได้ หรืออาจมีการทำขั้นตอนที่สลับกันบ้างก็ได้ และรวมแล้วในแต่ละวัตถุประสงค์จะต้องมีครบทุกขั้นตอน บทเรียนรูปแบบดัดแปลงอาจมีลักษณะดังนี้



จากบทเรียนข้างต้นนี้ จะเห็นได้ว่า วัตถุประสงค์ที่มีความสัมพันธ์ร่วมกันนั้นจะสามารถสร้างเป็นบทเรียนที่มีหลายวัตถุประสงค์ในช่วงเวลาเดียวกันได้ เช่น ในช่วง (ก), (ข), และ (ซ) หรืออาจจะมีหลายขั้นตอนอยู่ในเวลาเดียวกัน เช่น ช่วง (จ) ซึ่งอาจเป็นลักษณะของการศึกษาด้วยตนเองต้องมีการศึกษาเนื้อหาไปพร้อมๆ กับการทำแบบฝึกหัด เป็นต้น ในบทเรียนบางครั้งอาจตัดช่วงของการสอนในวัตถุประสงค์หนึ่งออกเป็นหลายช่วงก็ได้เมื่อมีความจำเป็น เช่น ขั้นพยายามสำหรับวัตถุประสงค์ที่ 2 ในช่วง (จ) จะปรากฏอีกครั้งในช่วง (ช) หรือขั้นสำเร็จผลสำหรับวัตถุประสงค์ที่ 1 จะกระทำในช่วง (ง) และอีกครั้งหนึ่งในช่วง (ช)

อีกตัวอย่างหนึ่งของบทเรียนแบบดัดแปลง ซึ่งแสดงไว้ในตัวอย่างต่อไปนี้ จะเห็นว่าในบทเรียนอาจมีช่วงที่กระทำสองขั้นตอนพร้อมกัน เช่น ในช่วง (จ) หรือบางช่วงอาจมีการทำสองวัตถุประสงค์ในเวลาเดียวกัน เช่น ช่วง (ฉ) และ (ช) และในบางตอนเช่นการให้เนื้อหาของวัตถุประสงค์ที่ 3 นั้น อาจให้ไว้ส่วนหนึ่งร่วมกับวัตถุประสงค์ที่ 2 เช่น ในช่วง (ช) และมาให้เนื้อหาเพิ่มเติมอีกในช่วง (ญ) ซึ่งรูปแบบของบทเรียนดังกล่าวจะแสดงได้ดังรูปบทเรียน



จะเห็นได้ว่าบทเรียนหนึ่งๆ ที่มีหลายวัตถุประสงค์นั้นอาจจะดัดแปลงรูปแบบให้เหมาะสมกับลักษณะของวัตถุประสงค์ เนื้อหาวิชา ขั้นตอนการสอนหรือลักษณะกิจกรรมได้ อย่างไรก็ตามในทุกๆ วัตถุประสงค์ที่สอนนั้นจะต้องมีขั้นตอนการสอนครบทั้งสี่ขั้นตอนอย่างสมบูรณ์

2.2.4 วิธีการสอนที่ใช้ในบทเรียน

เพื่อที่จะรักษาความตั้งใจของผู้เรียนให้มีอยู่ในบทเรียนตลอดเวลาและเพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสในการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการรับเนื้อหาความรู้นั้น ผู้สอนควรจะใช้วิธีการสอนหลายๆ วิธีร่วมกัน ตลอดจนใช้เทคนิคการสอนต่างๆ ในระหว่างบทเรียนและสลับเปลี่ยนด้วยกิจกรรมของขั้นตอนต่างๆ ตามรายละเอียดที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้นลักษณะของกิจกรรมในขั้นศึกษาข้อมูลและขั้นพยายามจึงอาจแบ่งย่อยได้ตามลักษณะของวิธีการสอนและตามลักษณะกิจกรรมของแบบฝึกหัดประเภทต่างๆ ได้ ดังแสดงในแผนผังของบทเรียน

2.2.4.1 ระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน

การกำหนดกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนของขบวนการเรียนรู้นั้น จะต้องมีการแบ่งย่อยขั้นตอนสลับเปลี่ยนกันไป โดยพิจารณาถึงการส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยความเข้าใจและปริมาณรับได้ โดยเฉพาะในเรื่องความอิ่มตัวในการรับเนื้อหาของผู้เรียน ดังนั้นในขั้นตอนหนึ่งๆ ไม่ควรจะใช้เวลาเกิน 20 นาที

2.2.4.2 กิจกรรมผู้เรียน

การเรียนรู้จะได้ผลดีโดยเฉพาะอย่างยิ่งในระหว่างขั้นศึกษาข้อมูล ถ้าหากได้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีกิจกรรมร่วมในบทเรียน พึงระลึกเสมอว่า ถ้าผู้สอนเป็นผู้แสดงแต่เพียงฝ่ายเดียว ผู้เรียนก็จะมีกิจกรรมต่ำ และหากผู้สอนและผู้เรียนมีกิจกรรมร่วมกันกิจกรรมของผู้เรียนจะจัดอยู่ในระดับปานกลาง ดังนั้นในบทเรียนจึงจะต้องมีการกำหนดกิจกรรมของผู้เรียนด้วยเสมอ เพื่อให้รู้ว่าในระหว่างนั้นบรรยากาศของห้องเรียนจะมีลักษณะอย่างไร กิจกรรมของผู้เรียนและผู้สอนเป็นของคู่กัน ถ้าหากกิจกรรมผู้เรียนสูง กิจกรรมผู้สอนก็จะต่ำ และในทางกลับกันถ้ากิจกรรมของผู้เรียนต่ำ กิจกรรมของผู้สอนก็จะสูง

2.2.4.3 อุปกรณ์ช่วยสอน

อุปกรณ์ช่วยสอนหรือสื่อช่วยสอนนั้น มีบทบาทสำคัญมากอย่างหนึ่ง ในการเรียนการสอนเพราะสื่อหรืออุปกรณ์ช่วยสอนนี้ จะช่วยอำนวยความสะดวกต่อการเรียนการสอน และที่สำคัญยังช่วยในการจินตนาการของผู้เรียน ช่วยทำให้ผู้เรียนสามารถรับรู้เนื้อหาความรู้ต่างๆ ได้ง่ายขึ้น อุปกรณ์ช่วยสอนนั้นมีอยู่มากมายหลายชนิด ซึ่งมีข้อดีข้อเสียและประโยชน์ในการใช้งานที่แตกต่างกันไป ซึ่งนักศึกษาจะให้ศึกษารายละเอียดในวิชา อุปกรณ์ช่วยสอน (Teaching Aids) ต่อไป

ตัวอย่างของบทเรียนต่อไปนี้ แสดงถึงวิธีการของการแบ่งเวลา และกิจกรรมของขั้นตอนการสอน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับระดับกิจกรรมของผู้เรียน

เวลา (นาที)		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
วัตถุประสงค์ที่		0		1			2+3				
ขั้นสนใจปัญหา		■					■				
ขั้นศึกษาข้อมูล	-บรรยาย		■								
	-ถามตอบ			■							
	-ศึกษาด้วยตนเอง							■			
	-สรุป			■							
ขั้นพยายาม	-แบบลอกเลียน							■			
	-แบบฝึกหัด				■	■					
	-แบบแก้ปัญหา								■		
ขั้นสำเร็จผล						■		■			■
ระดับกิจกรรม	-สูง					■		■	■		
ของผู้เรียน	-ปานกลาง	■		■	■		■				■
	-ต่ำ		■			■					

รายละเอียดของลำดับขั้นตอนการสอนสำหรับตัวอย่างข้างต้น อาจอธิบายได้ดังนี้

- นำเข้าสู่บทเรียนในวัตถุประสงค์ที่ 1 ซึ่งผู้เรียนมีส่วนร่วมด้วย
- ให้เนื้อหาสำหรับวัตถุประสงค์ที่ 1 โดยวิธีการสาธิต /บรรยาย
- ให้เนื้อหาสำหรับวัตถุประสงค์ที่ 1 โดยวิธีถามตอบประกอบกับการสรุป
- ขั้นพยายามสำหรับวัตถุประสงค์ที่ 1 ด้วยการใช้แบบฝึกหัดโดยมีครูคอยช่วยเหลือ
- ขั้นพยายามสำหรับวัตถุประสงค์ที่ 1 ด้วยการใช้แบบฝึกหัดที่ผู้เรียนทำงานตามลำพัง
- ประเมินผลสำหรับวัตถุประสงค์ที่ 1 ซึ่งทำโดยครู
- นำเข้าสู่บทเรียนในวัตถุประสงค์ที่ 2 และ 3 ซึ่งผู้เรียนมีส่วนร่วม

- ให้เนื้อหาสำหรับวัตถุประสงค์ที่ 2 และ 3 โดยใช้วิธีศึกษาด้วยตนเองประกอบขั้นพยายามลอกเลียนแบบ และประเมินผลไปในเวลาเดียวกันซึ่งทำโดยผู้เรียนเอง

- ขั้นพยายามสำหรับวัตถุประสงค์ที่ 2 และ 3 ด้วยวิธีแก้ปัญหา ผู้เรียนจะทำงานตามลำพัง

- ประเมินผลสำหรับวัตถุประสงค์ที่ 2 และ 3 ซึ่งผู้สอนทำร่วมกับผู้เรียน

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับชุดฝึกปฏิบัติ

2.3.1 ความหมายของชุดฝึก

ชุดฝึกมีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไป เช่น ชุดฝึก แบบฝึก แบบฝึกทักษะ เป็นต้น แต่เป้าหมายของการจัดทำก็เป็นไปในทิศทางเดียวกันเพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการเรียนรู้ในรูปแบบที่หลากหลายจากการค้นคว้ามีผู้ให้ความหมายของชุดฝึกไว้ดังนี้

วิมลรัตน์ (2545 : 131) กล่าวว่า ชุดฝึกเป็นเทคนิคการสอนที่สนุกอีกวิธีหนึ่ง คือการให้นักเรียนทำแบบฝึกมากๆ สิ่งที่จะช่วยให้ผู้เรียนมีพัฒนาการการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชาได้ดีขึ้น เพราะนักเรียนมีโอกาสนำความรู้ที่เรียนมาแล้วฝึกให้เกิดความเข้าใจที่กว้างขวางขึ้น

อภิภู (2545) ได้ให้ความหมายของชุดฝึกไว้ว่า เป็นสื่อการศึกษาประเภทหนึ่งที่สร้างขึ้นมาเพื่อให้เป็นชุดประสบการณ์สำหรับการฝึกอบรม ชุดฝึกอาจจะประกอบด้วยสื่อเดียวหรือสื่อประสมที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อช่วยผู้ให้การฝึกอบรมใช้ประกอบกิจกรรมในการฝึกอบรมหรือช่วยผู้รับการฝึกอบรมสามารถที่จะศึกษาหาความรู้ได้ด้วยตนเอง สำหรับลักษณะสำคัญๆ ของชุดฝึกอบรมนั้นจะเกี่ยวข้องกับจุดมุ่งหมาย สื่อที่ใช้ ระยะเวลา สถานที่ และประโยชน์ที่จะได้รับ ซึ่งพอสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. เป็นสื่อที่มีจุดมุ่งหมายเฉพาะเรื่อง ชุดฝึกอบรมโดยทั่วไปจะมีจุดมุ่งหมายเฉพาะเรื่องๆ หากเนื้อหาที่ต่อเนื่องเป็นเรื่องยาวก็จะทำเป็นชุดๆต่อเนื่องกันไป เพื่อให้ในแต่ละชุดฝึกอบรมไม่ยาวมากจนเกินไป

2. เป็นสื่อประสมชุดฝึกอบรมโดยทั่วไปทั้งในการศึกษานอกระบบและในระบบจะพัฒนาด้วยสื่อประสม คือประกอบด้วยสื่อตั้งแต่สองประเภทขึ้นไป เช่น ชุดฝึกอบรมประกอบด้วยสื่อภาพนิ่งและเทปเสียง ชุดอบรมที่ใช้วิดีทัศน์และสื่อสิ่งพิมพ์เพื่อช่วยให้ผู้เข้ารับการอบรมได้ศึกษาความรู้หลายๆด้านด้วยกัน

3. เป็นสื่อเสริมกิจกรรมการฝึกอบรมที่มีผู้ให้การฝึกอบรมหรือเป็นสื่อที่ผู้รับการฝึกอบรมศึกษาด้วยตนเอง

4. เป็นสื่อที่ใช้ระยะเวลาฝึกอบรมสั้น ชุกฝึกอบรมโดยทั่วไปมีความมุ่งหมายที่จัดอบรมเฉพาะเรื่องระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละชุดจึงสั้นๆ หากเนื้อหายา กมากก็จะจัดทำขึ้นหลายชุด โดยแบ่งเนื้อหาเป็นเรื่องๆไป ซึ่งทำให้ผู้เข้ารับการอบรมไม่เกิดความเบื่อหน่ายในการศึกษา

5. เป็นสื่อที่ใช้ได้ทุกสถานที่และทุกเวลา ซึ่งจะทำให้ผู้ฝึกอบรมสามารถศึกษาหาความรู้ได้อยู่ที่ใดก็ได้ ชุดฝึกอบรมส่วนใหญ่จะทำขึ้นมาให้อำนวยในเรื่องการใช้ได้ทุกเวลายิ่งเป็นสื่อที่ศึกษาด้วยตนเองแล้ว ผู้รับการฝึกอบรมสามารถจะศึกษาเมื่อใดก็ได้ตามที่ต้องการ

6. เป็นสื่อที่เบ็ดเสร็จในตัวเอง ชุดฝึกอบรมแต่ละชุดจะจัดทำขึ้นให้เบ็ดเสร็จในตัวเองทำให้ผู้ฝึกอบรมสามารถที่จะเลือกศึกษาหาความรู้จากชุดฝึกอบรมได้ตามความต้องการ หรือผู้รับการฝึกอบรมต้องการศึกษาเฉพาะเรื่องใดเรื่องหนึ่งจากชุดฝึกอบรมก็จะสามารถที่จะเลือกศึกษาเฉพาะเรื่องได้ โดยไม่ต้องอ่านต่อเนื่องไปยังสิ่งที่ไม่ต้องการศึกษา

ปรัชวี (2555) ได้ให้ความหมายของชุดฝึกไว้ว่า เป็นสื่อหรือนวัตกรรมที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ฝึกทักษะให้เกิดกับผู้เรียน หลังจากเรียนจบเนื้อหาในช่วงหนึ่งๆ เพื่อฝึกฝนให้เกิดความรู้ความเข้าใจ รวมทั้งเกิดความชำนาญในเรื่องนั้นๆ อย่างกว้างขวาง ชุดฝึกจึงมีความสำคัญต่อผู้เรียนในการที่จะช่วยเสริมทักษะให้กับผู้เรียน ทำให้การสอนของครูอาจารย์และการเรียนของนักศึกษาประสบความสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ

ประยูร (2556) ได้สรุปความหมายของชุดฝึก คือ สื่อการเรียนประเภทหนึ่งที่สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในบทเรียน จากการฝึกปฏิบัติทำกิจกรรมที่หลากหลายรูปแบบเพื่อเสริมสร้างทักษะกระบวนการคิดและกระบวนการเรียนรู้จนสามารถนำความรู้ไปใช้ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

บรรเจิด (2557) ได้สรุปความหมาย ของชุดฝึกไว้ว่า ชุดฝึก หมายถึง สื่อการเรียนการสอนชนิดหนึ่งที่ครูสร้างขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการฝึกทักษะให้กับผู้เรียนมีลักษณะเป็นกิจกรรมให้นักเรียนได้ฝึกฝน และควรมีกิจกรรมหลายรูปแบบเพื่อให้นักเรียนได้ฝึกจนเกิดความชำนาญ และให้ผู้เรียนสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

จากความหมายดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า ชุดฝึกหมายถึง สิ่งที่ครูสร้างขึ้น หรือนวัตกรรมที่ครูสร้างขึ้น เพื่อนำมาใช้เป็นสื่อในการจัดการเรียนการสอน ช่วยฝึกทักษะให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ และเข้าใจมากขึ้น อีกทั้งยังเป็นการฝึกฝนความชำนาญให้กับผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนนำความรู้และประสบการณ์ไปใช้ได้อย่างถูกต้อง

2.3.2 การออกแบบชุดฝึกปฏิบัติ

การออกแบบสร้างชุดปฏิบัติกล่าวได้ว่าเป็นหลักวิชาการสาขาหนึ่งที่ได้รับความสนใจที่ต้องการศึกษา เพื่อให้ได้แนวทางดำเนินการ หรือแนวปฏิบัติที่เหมาะสมกับลักษณะงานนั้นๆ โดยทั่วไปแนวทางการออกแบบสร้างชุดฝึกปฏิบัติมีอยู่ 2 แนวทางดังนี้ (วัลลภ, 2543 : 110 - 128)

2.3.2.1 การออกแบบตามแบบนิยม (Conventional Design) เป็นการออกแบบในลักษณะที่ปฏิบัติต่อๆกันมาไม่มีรูปแบบหรือขั้นตอนการดำเนินงานที่เป็นแบบแผนแน่นอน แต่เป็นการออกแบบตามความรู้ความชำนาญแห่งตน

2.3.2.2 การออกแบบสร้างตามระเบียบวิธี (Methodical Design) เป็นการออกแบบโดยใช้วิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ขั้นตอนงานที่เด่นชัด แน่นอน และเหมาะสมกับการออกแบบ แต่ละหน่วยงานอาจจะแตกต่างกันไป

ไชยยศ (2529 : 196) กล่าวว่า กระบวนการเรียนการสอนในสาขาช่างอุตสาหกรรมที่ดีสอดคล้องกับหลักสูตร ผู้สอนควรมีสื่อที่ดีและนำไปใช้ได้อย่างถูกวิธีจะเป็นผลทำให้คุณภาพการเรียนการสอนดีขึ้นในการผลิตสื่อเพื่อการสอนโดยเฉพาะสื่อในวิชาฝึกปฏิบัติ เช่น ชุดสาธิตหรือชุดฝึก นอกจากจะพิจารณาถึงแบบและวิธีสอนที่จะต้องใช้แล้วยังมีหลักอีก 3 ประการ คือ

1. เทคนิคการผลิต
2. ความคิดสร้างสรรค์ในการผลิต
3. การออกแบบให้สอดคล้องกับกระบวนการสอน จุดมุ่งหมายการสอน ลักษณะที่นำไปใช้

วัลลภ (2529 : 44 - 46) ได้กล่าวเกี่ยวกับแนวทางในการออกแบบชุดสื่อการเรียนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบด้วยกระบวนการ 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดขอบข่ายเนื้อหาวิชาประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 ประการ ที่ดำเนินควบคู่กันไปดังนี้

1. การศึกษาเชิงวิเคราะห์เนื้อหาวิชา เพื่อการวางโครงร่างลำดับความสัมพันธ์และแบ่งระดับความยากง่ายของเนื้อหาวิชาที่จะทำการออกแบบสร้างสื่อการสอน โดยศึกษาจากตำรา เอกสารการสัมมนา ที่ปรึกษาผู้ทรงคุณวุฒิ และศึกษางานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

2. การศึกษาเปรียบเทียบหลักสูตร เพื่อศึกษาความสอดคล้องและความแตกต่างของหลักสูตรที่ใช้เรียนของสถานศึกษาต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกัน โดยการศึกษาจากเอกสารหลักสูตร การสอบถามครูผู้สอน ผลที่ได้จะช่วยในการเลือกและกำหนดหัวข้อชื่อเรื่องได้สอดคล้องกับหลักสูตร

3. การสำรวจโรงงาน เป็นการสำรวจเครื่องมืออุปกรณ์ และเทคนิคที่ใช้ในการทำงานตามหัวข้อเรื่องของชุดสื่อการสอน โดยสอบถามวิศวกรโรงงาน และงานวิจัยที่เกี่ยงข้อง เพื่อการกำหนดรายละเอียดของการวิเคราะห์งาน ความสามารถในงาน ความรู้และทักษะที่ต้องการในงาน

4. การสำรวจสถานศึกษา เป็นการเรียนรู้วิธีการเรียนการสอน ความพร้อมของเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดเนื้อหา และวัตถุประสงค์จากขอบข่ายเนื้อหาที่ได้นำมาศึกษา เพื่อให้สามารถจำแนกเป็นส่วนต่างๆ เท่าที่จำเป็น กล่าวคือ ให้รู้ถึงจุดมุ่งหมาย และหน้าที่ (Purpose and Function) ของชุดฝึกว่าทำอย่างไรจึงสามารถทำงานได้ตามต้องการ และสามารถตอบสนองจุดมุ่งหมายของเนื้อหาวิชาได้อย่างครบถ้วน

ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบ และสร้างสื่อการเรียนการสอน วัตถุประสงค์ของชุดฝึกที่ผ่านการวิเคราะห์แล้ว และตรวจสอบแล้ว เป็นแนวทางในการออกแบบ และสร้างอุปกรณ์ในการทำกิจกรรมของนักเรียน ชุกฝึกจึงมีความสำคัญมากต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน และความสามารถในการทำงานด้านช่างอุตสาหกรรม สื่อการเรียนการสอนประเภทชุกฝึกหรือชุดสาธิตเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างมาก เนื่องจากนักเรียนช่างอุตสาหกรรมจำเป็นต้องได้รับประสบการณ์ จากการเรียนที่เป็นรูปธรรมมากที่สุด เพื่อที่จะสามารถปฏิบัติงานได้เป็นอย่างดีการออกแบบ และการสร้างสื่อประเภทชุดฝึกนั้น จำเป็นต้องนำหลักการด้านออกแบบทางด้านวิศวกรรมเชิงปฏิบัติมาประยุกต์กับงานที่ออกแบบสร้างตามลำดับดังนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์ในการนำชุดฝึกไปใช้ในการเรียนการสอนควรกำหนดให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียน การออกแบบสร้าง จึงสำเร็จผลตามเป้าหมายและใช้ได้จริง จะต้องศึกษาข้อมูลต่างๆประกอบ ได้แก่ สภาพการณ์ในการเรียน ข้อมูลทางด้านวิชาการ และกลุ่มผู้เรียน จากนั้นนำไปเขียนวัตถุประสงค์เป็นข้อๆ และกำหนดขอบเขตคุณลักษณะของชุดฝึกที่จะออกแบบสร้าง สุดท้ายจะต้องตรวจสอบความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบทเรียนอีกครั้ง

2. การกำหนดหน้าที่ของชุดฝึก จากคำบรรยายคุณลักษณะของชุดฝึกที่กำหนดขึ้นในข้อที่ 1 นำมาวิเคราะห์เพื่อค้นหาคำตอบพื้นฐาน (basic term) ซึ่งจะทำให้เราทราบถึงรายการหน้าที่ต่างๆของชุดฝึกและพิจารณาปัจจัยที่จะทำให้อุปกรณ์ทำงานได้ตามกำหนด

3. การศึกษาปัจจัยที่ทำให้ชุดฝึกทำงานได้ตามรายการหน้าที่ที่กำหนดโดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของวัตถุ (material) พลังงาน (energy) และสัญญาณ (signal) สิ่งที่ต้องกำหนดอาจเขียนเป็นคำสั้นๆ ภาพร่างต่างๆหรือแบบของวงจร เพื่อให้สามารถทราบถึงส่วนประกอบอุปกรณ์ให้มากที่สุดชิ้นส่วนหรือแบบของงานที่คิดค้นขึ้นมา ควรจะพิจารณาถึงการนำมาประกอบความยากง่ายในการผลิตอุปกรณ์ที่ใช้จ่ายที่สุด

4. การวิเคราะห์และตัดสินใจเลือกซื้อชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์จากการเลือกในข้อ 3 นำมาหาผลลัพธ์ที่ดี โดยพิจารณาเกณฑ์กำหนด เรื่องประสิทธิภาพในการทำงาน ขนาดรูปร่าง ความคงทน การบำรุงรักษา และราคา

5. การสร้างต้นแบบ และตรวจสอบ เมื่อเลือกชิ้นส่วนและอุปกรณ์ได้แล้วต้องนำมาภาพร่างเป็นภาพประกอบตนแบบคร่าวๆ หรือเป็นภาพงานชิ้นง่ายๆ จากนั้นจึงทำการสร้างต้นแบบ ในขั้นตอนนี้จะต้องมีการทดสอบการทำงานของส่วนต่างๆ ตามรายการหน้าที่ที่กำหนดตามความจำเป็น

6. การเขียนแบบเพื่อประโยชน์ในการผลิตครั้งต่อไป งานเขียนแบบนับว่ามีความสำคัญอย่างมาก แบบงานจะเป็นข้อมูลดำเนินการผลิต ดังนั้นแบบงานของชุดฝึกต้องมีแบบทั้งภาพประกอบ และการแยกชิ้นหรือแบบลายวงจรของแผ่นวงจรพิมพ์

7. การเตรียมเอกสารประกอบ อุปกรณ์ที่ออกแบบสร้างโดยทั่วไป ควรต้องจัดเอกสารประกอบหรือคู่มือการใช้งาน เพื่อผู้ใช้จะได้ใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องสอดคล้องวัตถุประสงค์ในการออกแบบสร้าง

ขั้นตอนที่ 4 การทดลองใช้ชุดสื่อการเรียนการสอนจะถูกนำไปใช้ในสถานศึกษาโดยผู้วิจัยเพื่อค้นหาข้อบกพร่องต่างๆ เช่น ความถูกต้อง ความเที่ยงตรง ความยาก ความซับซ้อน ความทนทาน และความสะดวกในการลอกเลียนขึ้นมาทำใหม่

ขั้นตอนที่ 5 การปรับปรุง ประสบการณ์ที่ได้จากการทดลองข้างต้นจะถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงชุดสื่อสารการเรียนการสอนให้มีคุณภาพจนเป็นที่ยอมรับได้ วิธีสร้างชุดเครื่องมือชุดฝึกและใบงาน โดยมีลำดับขั้นการสร้างดังต่อไปนี้

1. ขั้นเตรียมเอกสารข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง
2. ขั้นตอนการเตรียมหาบุคลากรที่จะช่วยในการสร้างชุดเครื่องมือ และใบงาน ซึ่งประกอบด้วย
   - 2.1 ผู้ทรงคุณวุฒิหรือผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาวิชานั้น
   - 2.2 วิทยากร วิศวกรหรือครูผู้สอน และนักเทคโนโลยีทางการศึกษา
3. ขั้นดำเนินการ
   - 3.1 เลือกเนื้อหาวิชา
   - 3.2 กำหนดเวลา
   - 3.3 กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

3.4 จัดลำดับเนื้อหา

3.5 วางแผนวิธีการสอน จะสอนแบบใด ใช้สื่ออะไรบ้าง กิจกรรมอะไร ประเมินผลอย่างไร

3.6 ลงมือผลิตสื่อโดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

3.6.1 การสร้างชุดฝึก ซึ่งเป็นตัวเครื่องที่จะนำไปฝึกหรือสาธิตให้กับผู้เข้ารับการฝึกอบรมของส่วนการฝึกอบรมได้ฝึกในชั่วโมงฝึกปฏิบัติของวิชาช่างทุกสาขาวิชาโดยทั่วไป แล้วเครื่องหรือชุดฝึก 1 ชุด จะใช้กับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 2 คนเท่านั้น การสร้างโ ดยทั่วไปใช้อุปกรณ์ที่หาซื้อง่าย และต้องมีราคาถูกคุณภาพดี

3.6.2 การสร้างใบงานจะต้องมีรายละเอียดมีทั้งทฤษฎีบรรยาย ประกอบรูปวงจร คำตอบ สรุป และแบบฝึกหัดท้ายการฝึก ซึ่งส่วนการฝึกอบรมได้กำหนดให้เป็นรูปแบบเดียวกัน

3.7 นำชุดเครื่องมือฝึก และใบงานทดลองใช้

3.8 นำกลับมาแก้ไข (ถ้ามี)

3.9 ปรับปรุง

3.10 ผลิตชุดฝึกที่สมบูรณ์ให้เพียงพอกับการใช้งานต่อไป

จากข้อมูลที่ได้ศึกษา ผู้วิจัยสรุปได้ว่า จะทำการออกแบบและ พัฒนาชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี มีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและวัตถุประสงค์การเรียนรู้
2. ออกแบบและเขียนแบบ
3. กำหนดวัสดุ อุปกรณ์ชุดฝึก
4. พัฒนาชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี
5. ทดลองใช้ชุดฝึก
6. ปรับปรุงแก้ไขส่วนที่บกพร่อง
7. จัดทำเอกสารประกอบชุดฝึก

2.3.3 หลักการพัฒนาชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

2.3.3.1 ศึกษาข้อมูล ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลการสร้างชุดฝึก งานกลึงมินิซีเอ็นซีจากแหล่งต่างๆ เช่น เอกสาร ตำรา วิทยานิพนธ์ ซึ่งสามารถสรุปข้อมูลที่นำมา พัฒนาชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

2.3.3.2 ออกแบบพัฒนาชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี การออกแบบเป็นการนำเอาข้อมูลจากการศึกษามาทำการร่างแบบเพื่อพัฒาชุดฝึก ซึ่งการร่างแบบนั้นผู้ศึกษาจำแนกได้ดังนี้

2.3.3.2.1 ร่างแบบชิ้นส่วนที่ใช้จับยึดติดตั้งอุปกรณ์ แนวคิดที่จะนำมาพิจารณาคือชิ้นส่วนจับยึดติดตั้งอุปกรณ์ควรง่ายต่อการผลิต สามารถติดตั้งอุปกรณ์ในตำแหน่งเหมาะ สม สามารถจัดสร้างได้เองหรือหาได้ง่ายตามท้องตลาด ราคาเหมาะสมกับประสิทธิภาพการใช้งาน

2.3.3.2.2 ร่างแบบตำแหน่งในการติดตั้ง อุปกรณ์ของชุดฝึก ซึ่งอุปกรณ์ได้แก่ สเต็ปมอเตอร์ บอลสกรู แนวคิดที่นำมาพิจารณาคือ อุปกรณ์ถูกติดตั้งใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3.3.3 พัฒนาชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีโดยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

2.3.3.3.1 ปรับฟิตเครื่องกลึงธรรมดาที่นำมาพัฒนาเป็นชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีให้อยู่ในสภาพใช้งาน ได้แก่ปรับฟิตชุดแท่นเลื่อนแกน X และแกน Z ปรับฟิตชุดป้อมมีด ชุดปรับความเร็วรอบ ซ่อมแซมสวิทช์ควบคุมระบบไฟฟ้าของเครื่องกลึง

2.3.3.3.2 ติดตั้งบอลสกรูเข้ากับชุดแท่นเลื่อนของเครื่องกลึงที่นำมาพัฒนาเป็นชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีทั้งแกน X และแกน Z

2.3.3.3.3 ติดตั้งสเต็ปมอเตอร์พร้อมต่อร่วมกับบอลสกรูทั้งแกน X และแกน Z

2.3.3.3.4 ติดตั้งชุดควบคุมของชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

2.3.3.3.5 ติดตั้งโปรแกรม Mach 3 กับชุดคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมชุดฝึก

2.3.4 ประโยชน์ของชุดฝึก

ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี มีประโยชน์สำหรับใช้เป็นสื่อประกอบการเรียนการสอนในภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติของงานผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี เช่น การกลึงปาดหน้า การกลึงปอก การกลึงเรียว การกลึงตกร่อง การกลึงเรียว การตรวจสอบ NC Code อีกทั้งยังเป็นสื่อที่ใช้ในประกอบการเรียนการสอนรายวิชาอื่น ซึ่งต้องใช้เครื่องกลึงซีเอ็นซีประกอบการเรียนการสอน เช่นวิชางานเครื่องมือกลซีเอ็นซี วิชาโปรแกรมซีเอ็นซี วิชาเทคโนโลยีซีเอ็นซี

2.3.5 การประเมินคุณภาพชุดฝึกปฏิบัติ

วัลลภ (2543 : 131-133) ได้กล่าวเกี่ยวกับการประเมินชุดฝึกไว้ว่า การประเมินชุดฝึกปฏิบัติเป็นการนำเอาหลักวิชาการหลายๆ ด้านมาใช้เพื่อให้ทราบถึงข้อดี ข้อเสีย ของชุดฝึกปฏิบัติซึ่งจะนำข้อมูลที่ได้รับจากการประเมินไปใช้ในการปรับปรุงแก้ไขชุดฝึกปฏิบัติได้ถูกต้องและเหมาะสม

การออกแบบสร้างชุดฝึกปฏิบัติให้มีความเหมาะสมในด้านต่างๆ มีคุณลักษณะเหมาะสมกับการใช้งาน สามารถทราบถึงคุณลักษณะด้านต่างๆ ได้โดยการประเมิน ซึ่งอาจจะกระทำควบคู่ในระหว่างกระบวนการออกแบบ หรือเมื่อสิ้นสุดการออกแบบสำเร็จเป็นงานต้นแบบ ก่อนการดำเนินการผลิตออกมา วัตถุประสงค์ในการประเมิน เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับข้อดีและข้อเสียในด้านต่างๆ แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการประเมินไปปรับปรุงพัฒนา เพื่อวางแผนในการพัฒนาเพิ่มเติมให้เกิดความสมบูรณ์ ประเด็นที่ควรประเมินมีดังต่อไปนี้

1. ขนาดเครื่องไม่เล็กไม่ใหญ่ มีขนาดเหมาะสมสอดคล้องกับมาตรฐานสะดวกต่อการเก็บรักษา

2. น้ำหนัก มีน้ำหนักเหมาะสมขนย้ายสะดวก

3. ชิ้นส่วนประกอบ ทำหน้าที่ได้แม่นยำ นอกจากหน้าที่หลักสามารถทำหน้าที่รอง มีรูปร่างง่ายต่อการผลิตเป็นมาตรฐาน หาอะไหล่ง่าย มีจำนวนชิ้นไม่มาก การเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนมีความมั่นคง รูปร่างแข็งแรงคงทนมีอายุการใช้งานเหมาะสม มีความเรียบร้อยสวยงาม

4. ชนิดของวัตถุ มีคุณสมบัติเหมาะกับประเภทของการใช้งาน เป็นวัตถุหาง่าย คุณสมบัติวัสดุมีความแข็งแรงคงทน ราคาไม่แพง ทนต่อสภาพแวดล้อมไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้

5. การดูแลรักษา ง่ายต่อการดูแลรักษา และช่วยบำรุง มีแบบการจัดเก็บที่ง่ายและความประสงค์ ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาไม่มากนัก

6. กระบวนการผลิต ผลิตง่าย ใช้เครื่องมือง่ายๆ มีแบบงานที่ดี แบบมาตรฐานวัสดุ (หมายเลขวัสดุ) ผลิตออกมามีความเรียบร้อยสวยงาม นำความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้ ชิ้นงานมีขนาด คุณภาพ สามารถเป็นต้นแบบในการผลิตได้

7. มาตรฐาน สอดคล้องกับมาตรฐานในหน่วยงาน มีความเป็นสากล

8. ความปลอดภัย มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้

พิสิฐและ ธีระพล (2529 : 171-173) กล่าวว่า การประเมินสื่อว่ามีคุณภาพหรือไม่สามารถนำมาใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่นั้น องค์ประกอบที่สำคัญคือ ผู้ประเมินและเครื่องมือที่ใช้ประเมิน ผู้ประเมินจะต้องมีความรู้ความสามารถ มีประสบการณ์ในด้านการประเมินเป็นอย่างดี เพื่อให้รู้ว่าที่ผลิตขึ้นมานั้นได้ตามผลลัพธ์ที่ต้องการ โดยหัวข้อในการประเมินมีรายละเอียดดังนี้

1. ประสิทธิภาพในการสื่อความหมาย (ด้านวิชาการ)
   - 1.1 ด้านวัตถุประสงค์
     - 1.1.1 สื่อครอบคลุมวัตถุประสงค์
     - 1.1.2 สื่อเหมาะสมกับระดับความยากง่ายของวัตถุประสงค์
   - 1.2 ด้านเนื้อหา
     - 1.2.1 เนื้อหาวิชาถูกต้องไม่มีจุดยืน
     - 1.2.2 เนื้อหาวิชาแยกย่อยได้
     - 1.2.3 เนื้อหาวิชาเรียงลำดับความยากง่าย
   - 1.3 ประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการสื่อความหมายบรรลุเป้าหมายตามวัตถุประสงค์
     - 1.3.1 บรรลุเป้าหมายตามวัตถุประสงค์
     - 1.3.2 สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดีและสั้นลง
     - 1.3.3 สามารถลดปริมาณการให้เนื้อหาแบบเลื่อนลอยให้มีความหมายมากขึ้น
     - 1.3.4 ช่วยเพิ่มกิจกรรมในการเรียนการสอนให้ผู้เรียนกระตือรือร้นมากขึ้น
     - 1.3.5 ดึงดูดความสนใจได้ดีขึ้น
2. องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับคน
   - 2.1 ด้านผู้เรียน สื่อที่ใช้เหมาะสมกับจำนวนผู้เรียน
   - 2.2 ด้านผู้สอน
     - 2.2.1 สื่อไม่จำเป็นต้องอาศัยความสามารถพิเศษในการใช้สอน
     - 2.2.2 สื่อที่ใช้เหมาะสมกับประสบการณ์ของผู้สอน
3. องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับความพร้อมและการนำไปใช้
   - 3.1 ด้านวัสดุและอุปกรณ์
     - 3.1.1 ใช้วัสดุราคาที่เหมาะสม
     - 3.1.2 ใช้วัสดุในท้องถิ่น
     - 3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้หาได้ทั่วไป
   - 3.2 ด้านเวลา
     - 3.2.1 เวลาที่ใช้ในการผลิตไม่มากนัก
     - 3.2.2 เวลาที่ใช้แสดงสื่อไม่มากเกินไป

3.3 ด้านการใช้งาน

3.3.1 สามารถนำไปใช้ได้สะดวก

3.3.2 ไม่ยุ่งยากในการเตรียมงาน

3.3.3 ไม่ต้องใช้อุปกรณ์พิเศษอื่นๆ ช่วยขณะสอน

จากการศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับการประเมินชุดฝึก ผู้วิจัยได้กำหนดรายการประเมินไว้ดังรายละเอียดดังนี้

1. ด้านใบงานประกอบชุดฝึกมีรายละเอียดดังนี้
   1.1 ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์
   1.2 ความเหมาะสมของลำดับขั้นการปฏิบัติงาน
   1.3 ความชัดเจนในคำอธิบายแต่ละขั้นตอน
   1.4 ความชัดเจนเหมาะสมของขนาดรูปภาพ
   1.5 ใบงานง่ายต่อการใช้งาน
   1.6 ความถูกต้องของเนื้อหาในใบงาน
2. ด้านการออกแบบสร้างชุดฝึก และการนำไปใช้งาน
   2.1 ขนาดของชุดฝึกมีความเหมาะสม
   2.2 รูปแบบของชุดฝึกก่อให้เกิดแรงจูงใจ
   2.3 ชุดฝึกเคลื่อนย้ายได้สะดวก
   2.4 ความเหมาะสมของตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์
   2.5 ชุดฝึกสามารถนำไปใช้ฝึกทักษะได้ครอบคลุมเนื้อหา
   2.6 ชุดฝึกมีความแข็งแรงทนทาน
   2.7 ความสะดวกในการดูแลรักษาและซ่อมบำรุง
   2.8 ชุดฝึกมีความปลอดภัยในขณะทำการปฏิบัติงาน
   2.9 ชุดฝึกมีคุณค่าทางวิชาการ
   2.10 กระบวนการผลิตผลิตได้ง่าย
   2.11 สะดวกในการปฏิบัติงาน

2.3.6 การหาประสิทธิภาพชุดฝึก

1. การทดสอบประสิทธิภาพตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2

มนตรี (2551 : 10-11) ได้กล่าวถึง การสอบประสิทธิภาพตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไว้ดังนี้

การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพกระทำได้โดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภท คือพฤติกรรมต่อเนื่อง(กระบวนการ) และพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (ผลลัพธ์) โดยกำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E_1 (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) E_2 (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์)

1) ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior) คือ ประเมินผลต่อเนื่องซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยหลายๆพฤติกรรม เรียกว่า “กระบวนการ” ของผู้เรียนที่สังเกตจากการประกอบกิจกรรมกลุ่ม (รายงานของกลุ่ม) และรายงานบุคคล ได้แก่งานที่มอบหมายและกิจกรรมอื่นใดที่ผู้สอนกำหนดไว้

2) ประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (Terminal Behavior) คือ ประเมินผลลัพธ์ของผู้เรียนโดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียนและการสอบไล่

ประสิทธิภาพของชุดการสอนหรือชุดฝึกจะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหมายว่าเรียนจะเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจ โดยกำหนดให้เป็นร้อยละของผลเฉลี่ยของคะแนนการทำงานและการประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมดต่อเปอร์เซ็นต์ของผลการสอบหลังเรียนของผู้เรียนทั้งหมดนั้นคือ E_1/E_2 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

หลักการพื้นฐานที่มาของแนวคิดการหาประสิทธิภาพชุดการสอนหรือชุดฝึก (E_1/E_2) มีแนวคิดพื้นฐานที่สำคัญประกอบด้วย

1) การสร้างการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้อย่างแข็งขันกระฉับกระเฉง โดยมีความเชื่อว่าการที่ผู้เรียนได้เป็นผู้ลงมือปฏิบัติเข้ามามีส่วนร่วมทั้งกายและใจจะทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงด้วยตนเองในระหว่างการเรียนซึ่งหาก กระบวนการเรียนจากชุดการสอนสามารถทำให้ผู้เรียนนำทั้งกายและใจมาร่วมในการเรียนรู้ได้ตลอดก็น่าเชื่อได้ว่าผลการเรียนรู้ขั้นสุดท้ายก็น่าจะดีตามไปด้วย ซึ่งแนวคิดดังกล่าวสอดคล้องกับหลักการของทฤษฎี

2) การจัดประสบการณ์การเรียนรู้แบบค่อยเป็นค่อยไปทีละเล็กทีละน้อย โดยการจัดเรียงลำดับเนื้อหาสาระจากง่ายไปหายาก จากสิ่งที่ซับซ้อนน้อยค่อยๆเพิ่มความซับซ้อนสะสมมากขึ้นตามลำดับ

3) การจัดประสบการณ์แห่งความสำเร็จ เพื่อสร้างความรู้สึกที่ดี ความรู้สึกภาคภูมิใจในตนเองให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียน สร้างให้ผู้เรียนรู้สึกตระหนักในศักยภาพของตนเอง เพื่อให้เกิดความมั่นใจมีพลังใจในการที่จะพยายามเรียนรู้ต่อไปอย่างมีพลังและกระตือรือร้นมีชีวิตชีวา

4) การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบทันทีทันใด เป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้รับทราบผลของการกระทำที่ตนเองได้กระทำลงไประหว่างการเรียนว่าผลของการกระทำดังกล่าวกระทำได้ถูกต้องมีคุณภาพเพียงใด มีจุดเด่น จุดอ่อน ตรงไหนบ้างซึ่งข้อมูลย้อนกลับจะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการปรับตัวเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมไปสู่ทิศทางที่เป็นเป้าหมายของการเรียนรู้ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ (2550 : 2) ได้กล่าวถึงการหาประสิทธิภาพนวัตกรรมดังนี้

1. ตัวเลขที่กำหนดนั้นหมายถึง E_1/E_2 โดยตัวเลขที่กำหนดขึ้นอยู่กับผู้วิจัยเป็นผู้กำหนดโดยต้องคำนึงถึงองค์ประกอบ ดังนี้

1.1 ธรรมชาติของรายวิชาหรือเนื้อหาความยากง่ายของรายวิชาหรือเนื้อหานั้น ถ้าง่ายก็ตั้งสูง เพราะผู้เรียนอาจจะสามารถผ่านได้ง่าย ถ้าเนื้อหายากก็ตั้งต่ำๆ เช่น คณิตศาสตร์จะตั้งประมาณ 70/70 หรือ 75/75 เพราะธรรมชาติของวิชานั้นเอง

1.2 สมรรถภาพของผู้เรียนว่าผู้เรียนมีเก่งกี่คน ปานกลางกี่คน อ่อนกี่คน ประเมินโดยภาพรวมว่าอยู่ในระดับไหน ถ้าในห้องเรียนนั้นมีนักเรียนเก่งอยู่มากประสิทธิภาพของสื่อของเราก็ต้องสามารถช่วยยกระดับความรู้ให้เข้าใกล้ 100 ให้มากที่สุดตามไปด้วย

2. ความหมายของ E_1/E_2

E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ (กระบวนการในที่นี้ หมายถึงกระบวนการการจัดการเรียนการสอนระหว่างเรียนทั้งหมด โดยคิดจากคะแนนหลังเรียนแต่ละหน่วยหรือบทของ

แต่ละเรื่อง) เช่น ตัวเลข 80 หมายถึง ผู้เรียนทั้งหมดได้ทำแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบย่อยได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ซึ่งหาได้จากสูตรผลรวมของคะแนน หารด้วยจำนวนผู้เรียนทั้งหมดคูณด้วย 100 หารด้วยผลรวมของคะแนนเต็มของแบบทดสอบทุกชุดก็จะได้ E_1

E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (ผลลัพธ์ในที่นี้หมายถึงหลังจากผู้เรียนเรียนจบกระบวนการโดยคิดคะแนนจากหลังเรียนได้มาจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์) ตัวเลข 80 หมายถึง ผู้เรียนทั้งหมดได้ทำแบบทดสอบหลังเรียน ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 หาได้จากสูตรผลรวมของคะแนนหารด้วยจำนวนผู้เรียนทั้งหมด คูณด้วย 100 แล้วหารด้วยผลรวมของคะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียนก็จะได้ E_2

2. ขั้นตอนการหาคุณภาพของนวัตกรรม

การหาคุณภาพของนวัตกรรม มีขั้นตอนหรือวิธีการดังนี้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. 2550 : 2)

2.1 การตรวจสอบเบื้องต้น เป็นการนำนวัตกรรมที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะเรื่องที่ทำนวัตกรรมนั้นโดยตรงอย่างน้อย 3 คนตรวจสอบ ถ้าผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน มีความเห็นสอดคล้องกัน 2 หรือ 3 คน แสดงว่าเนื้อหาและรูปแบบมีความถูกต้อง เที่ยงตรง และครอบคลุมจุดมุ่งหมายที่กำหนด ซึ่งการตรวจสอบความสมบูรณ์ถูกต้องโดยผู้เชี่ยวชาญก่อนที่จะนำไปทดลองใช้นั้นมักจะใช้ค่า IOC ในการพิจารณาคุณภาพของนวัตกรรมนั้น

กำหนดคะแนนของผู้เชี่ยวชาญอาจจะเป็น +1 หรือ 0 หรือ -1 ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าถูกต้อง/สอดคล้อง/ตรงกับจุดประสงค์

0 หมายถึง ไม่แต่ใจ

-1 หมายถึง แน่ใจว่ายังไม่ถูกต้อง/ไม่สอดคล้อง/ไม่ตรงจุดประสงค์

ค่าดัชนีนี้ความสอดคล้องที่ยอมรับได้ต้องมีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

2.2 การทดลองและพัฒนา เป็นการตรวจสอบคุณภาพของนวัตกรรมที่ใช้กันโดยทั่วไปเชื่อถือว่ามีมาตรฐานจะมี 3 ขั้นตอน ดังนี้

2.2.1 การทดลองแบบ 1 : 1 เป็นการนำนวัตกรรมที่สร้างขึ้นไปทดลองกับนักเรียน 3 คน ที่มีความสามารถแตกต่างกัน คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบการใช้งาน และความสอดคล้องเหมาะสมในด้านต่างๆ อย่างละเอียดจากการสังเกตพฤติกรรมการใช้ของนักเรียน และนำมาแก้ไขข้อบกพร่องที่พบให้สมบูรณ์

2.2.2 การทดลองกลุ่มเล็ก เป็นการนำนวัตกรรมที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้กับนักเรียนตั้ง 5-10 คน ที่มีความสามารถแตกต่างกันทั้งเก่ง ปานกลาง และอ่อน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของนวัตกรรมที่สร้างหรือพัฒนาขึ้น และนำผลมาแก้ไขอีกครั้งหนึ่ง

2.2.3 การทดลองกลุ่มใหญ่ เป็นการนำนวัตกรรมที่สร้างขึ้นไปทดลองกับนักเรียนตั้งแต่ 30 คน ขึ้นไป เพื่อประสิทธิภาพและประสิทธิผลของนวัตกรรม ซึ่งมีเกณฑ์การพิจารณาดังนี้

- หาเกณฑ์ประสิทธิภาพของนวัตกรรม ซึ่งเกณฑ์ที่ยอมรับว่านวัตกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ คือ ด้านความรู้ ความจำ E_1/E_2 จะต้องมีค่า 80/80 ขึ้นไป ส่วนในด้านทักษะปฏิบัติ E_1/E_2 ต้องมีค่า 70/70 ขึ้นไป โดยที่ E_1/E_2 ต้องไม่แตกต่างกันเกินกว่าร้อยละ 5 เมื่อ

E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ

N คือ จำนวนนักเรียน

E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่ได้จากคะแนนเฉลี่ยของการทำแบบทดสอบหลังเรียนของนักเรียนทั้งหมด

B คือ คะแนนเต็มของการสอบหลังเรียน

- หาค่าดัชนีประสิทธิภาพของนวัตกรรม โดยคิดวิเคราะห์จากคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทำได้กับคะแนนเต็มทั้งก่อนเรียน และหลังเรียน ซึ่งเกณฑ์การยอมรับว่านวัตกรรมมีประสิทธิผลช่วยทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้จริงจะต้องมีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

บุญชม (2553 : 36) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (Achievement Test) หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ความสามารถของบุคคลในด้านวิชาการซึ่งเป็นผลจากการเรียนรู้ในเนื้อหาสาระ และตามจุดประสงค์ของวิชาหรือเนื้อหาที่สอบนั้น

2.4.1 ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วาโร (2551 : 212-215) กล่าวถึงแบบทดสอบไว้ว่า แบบทดสอบนั้นสามารถแบ่งได้หลายประเภทแล้วแต่ว่าจะยึดอะไรเป็นเกณฑ์ในการแบ่ง ในที่นี้แบ่งตามลักษณะการเขียนตอบซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. แบบทดสอบปรนัย (Objective) แบ่งออกเป็นส่วนย่อยๆ ได้ 5 แบบ คือ แบบทดสอบแบบตอบสั้นๆ แบบถูกผิด แบบเติมคำ แบบจับคู่ และแบบเลือกตอบ

2. แบบทดสอบอัตนัย (Subjective) หรือแบบทดสอบความเรียง หรือแบบทดสอบเรียงความ (Essay) หมายถึง แบบทดสอบที่กำหนดปัญหา แล้วให้ผู้ตอบเขียนตอบตามความรู้สึกที่มี

2.4.2 หลักการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วาโร (2551 : 213) ได้กล่าวถึงหลักการสร้างแบบทดสอบไว้ดังนี้

1. แบบทดสอบปรนัย (Objective Test) ลักษณะโดยทั่วไปของแบบทดสอบปรนัยจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ คำถามและคำตอบ ตัวคำถามของแบบทดสอบปรนัยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ตอบได้แสดงความรู้ความสามารถต่างๆ ตามที่ผู้ถามต้องการ ซึ่งจะวัดตั้งแต่ความจำผิวเผินไปจนถึงวัดพฤติกรรมที่ลึกซึ้งคือการประเมินค่า คำถามแต่ละข้อจะถามเฉพาะจุดเล็กๆ ของเนื้อหา ดังนั้นจึงมีจำนวนข้อมาก ส่วนคำตอบของคำถามประเภทนี้ผู้ตอบต้องใช้เวลาในการคิดและการตอบเป็นส่วนใหญ่การเขียนตอบจะใช้เวลาน้อยซึ่งอาจเขียนเป็นประโยคสั้นๆ หรือทำเครื่องหมายบนคำตอบที่ต้องการสาระสำคัญของผู้ตอบที่ต้องปฏิบัติมีดังนี้

1.1 ต้องอ่านข้อสอบที่มีทั้งคำถามและคำตอบที่สมบูรณ์ ทำให้ผู้ตอบไม่มีอิสระในการแสดงความคิดเห็นในคำตอบนั้นเลย

1.2 เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดจากตัวเลือกที่ผู้เขียนข้อสอบกำหนดมาให้

1.3 ต้องตอบคำถามจากข้อสอบหลายข้อ

แบบทดสอบปรนัยสามารถแบ่งแยกย่อยได้ 5 ประเภท คือแบบเติมคำ แบบจับคู่ แบบถูก-ผิด แบบตอบสั้นๆ และแบบเลือกตอบ ซึ่งในที่นี้จะขอเสนอรายละเอียดเพียงประเภทเดียวคือแบบทดสอบแบบเลือกตอบ ทั้งนี้เพราะว่าเป็นที่นิยมกันมากซึ่งมีหลายหน่วยงานที่สร้างแบบทดสอบประเภทนี้ในรายวิชาต่างๆ จนเป็นมาตรฐาน

ข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice Test) ลักษณะข้อสอบจะประกอบด้วยโจทย์หรือข้อความที่เป็นประโยคที่สมบูรณ์เป็นตัวคำถาม เพื่อวัดความรู้ความสามารถ และตัวเลือกตั้งแต่ 3 ตัวเลือกขึ้นไปอีก 1 ชุด รวมเป็น 1 ข้อ ในตัวเลือกนั้นจะมีทั้งคำตอบถูก และคำตอบผิดที่เป็นตัวลวงมาให้ผู้สอบพิจารณา

หลักการสร้างข้อสอบแบบเลือกตอบ

1. วิเคราะห์จุดประสงค์ เนื้อหาวิชา โดยจะวิเคราะห์ดูว่ามีหัวข้อเนื้อหาใดบ้างที่ต้องการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และแต่ละหัวข้อเหล่านั้นต้องการให้ผู้เรียนเกิดพฤติกรรมอะไร
2. กำหนดพฤติกรรมย่อยที่จะออกข้อสอบ
3. กำหนดรูปแบบของข้อคำถาม และศึกษาวิธีการเขียนข้อสอบ
4. ลงมือเขียนข้อสอบตามจุดประสงค์ที่ได้กำหนดไว้
5. นำข้อสอบที่ได้เขียนไว้ในขั้นที่ 4 มาพิจารณาทบทวนโดยพิจารณาในเรื่องความถูกต้องตามหลักวิชา ความชัดเจนของภาษา
6. ให้ผู้เชียวชาญพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา
7. พิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง
8. ทดลองใช้ วิเคราะห์คุณภาพ และปรับปรุง

ข้อดีของข้อสอบแบบเลือกตอบ

1. วัดพฤติกรรมทางการศึกษาได้หลายด้าน ตั้งแต่ความรู้ความจำไปจนถึงการประเมินค่า
2. เป็นข้อสอบที่ตรวจให้คะแนนง่าย ถูกต้อง รวดเร็ว และมีความเป็นปรนัย
3. สามารถควบคุมความยากง่ายของข้อสอบได้
4. เป็นข้อสอบที่ครูสามารถวินิจฉัยสาเหตุแห่งการทำข้อสอบผิดว่าเนื่องมาจากสาเหตุอะไรบ้าง โดยพิจารณาจากตัวเลือกต่างๆ จากกระดาษคำตอบ
5. มีความเชื่อมั่นสูง เพราะมีจำนวนข้อสอบมากและตอบถูกโดยการเดามีน้อย
6. สามารถใช้สัญลักษณ์ รูปภาพ หรือกราฟมาเขียนข้อสอบได้

ข้อจำกัดของข้อสอบแบบเลือกตอบ

1. สร้างข้อสอบให้ดีทำได้ยากและใช้เวลาในการสร้างนาน
2. ไม่เหมาะที่จะวัดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การเสนอแนวคิดหรือทักษะการเขียน
3. สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูงในการสร้างข้อสอบ

2. ข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง (Subjective or Easy) ข้อสอบอัตนัยมีเฉพาะคำถามเปิดโอกาสให้ผู้สอบได้สามารถแสดงออกโดยใช้ภาษาของตนเองเขียนตอบตามเสรีภาพ ตามความรู้และความคิดเห็นของแต่ละคน

หลักการสร้างข้อสอบอัตนัย

1. เขียนคำชี้แจงให้ชัดแจนเกี่ยวกับการตอบคำถาม เวลาที่ใช้สอบ และคะแนนเต็มในแต่ละข้อ
2. ควรใช้คำถามในสิ่งที่ข้อสอบอัตนัยสามารถวัดได้ดีที่สุด เช่น การบรรยาย การแสดงข้อคิดเห็น และข้อวิจารณ์ต่างๆ และพยายามหลีกเลี่ยงคำถามที่เป็นความรู้ความจำ
3. การออกข้อสอบ ควรคำนึงถึงความสำคัญของวัตถุประสงค์ที่ได้วางไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตรโดยเลือกถามเฉพาะจุดที่สำคัญๆ ของเรื่อง
4. พยายามให้ความยาวของข้อสอบ (จำนวนข้อสอบ) พอเหมาะกับเวลาที่กำหนดให้เพราะผู้สอบต้องใช้เวลาในการรวบรวมและจัดระบบความคิดเห็นและเขียนตอบ
5. ไม่ควรให้มีการเลือกตอบเป็นบางข้อ เช่น มี 5 ข้อให้เลือกทำ 4 ข้อ เพราะอาจมีการได้เปรียบเสียเปรียบอันเนื่องมาจากข้อสอบมีความยากง่ายไม่เท่ากัน ทำให้คะแนนที่ได้เปรียบเทียบกันไม่ได้ อีกทั้งยังเป็นการไม่ยุติธรรมสำหรับผู้ที่ตอบคำถามได้ทุกข้อ

หลักการตรวจให้คะแนนข้อสอบอัตนัย

1. สร้างรายการคำตอบให้สมบูรณ์ และกำหนดคะแนนของแต่ละคำตอบ
2. ควรให้คะแนนคำตอบที่เป็นการรวบรวมความคิด ลักษณะการเขียนชัดเจน การอธิบายความถูกต้องของแต่ละคน
3. ควรตรวจข้อสอบของผู้เรียนทีละข้อพร้อมๆ กันไปทุกคน เสร็จแล้วจึงค่อยตรวจข้อต่อไป
4. ควรประเมินผลงานตามที่ตอบ ไม่ใช่ตามความรู้สึก หรือความประทับใจของผู้ตรวจ
5. ถ้าเป็นไปได้ควรจะมีผู้ตรวจอย่างน้อย 2 คน ตรวจข้อสอบข้อเดียวกันเพื่อตรวจสอบความยุติธรรมในการให้คะแนน

ข้อดีของข้อสอบอัตนัย

1. สามารถวัดกระบวนการคิด และความสามารถในการเขียนได้เป็นอย่างดี
2. วัดความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการเขียนได้เป็นอย่างดี
3. สามารถวัดเจตคติ ข้อคิดเห็นต่างๆ ได้ดี
4. มีความสะดวกและง่ายต่อการออกข้อสอบ
5. ผู้ตอบมีอิสระในการแสดงความคิดเห็นอย่างเต็มที่

ข้อเสียของข้อสอบอัตนัย

1. การให้คะแนนไม่แน่นอน คะแนนที่ได้ขึ้นอยู่กับผู้ตรวจ เช่น อารมณ์ เจตคติ ลายมือ
2. ขาดความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา เพราะออกข้อสอบได้น้อย จึงทำให้ข้อสอบไม่ครอบคลุมเนื้อหา
3. ตรวจให้คะแนนยาก และใช้เวลาในการตรวจมาก

สุราษฎร์ (2552 : 107-111) ได้ให้ข้อเสนอแนะในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนในวิชาต่างๆ โดยมีลำดับขั้นตอนในการจัดสร้างแบบทดสอบดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอนทั้งหมดของวิชา วิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอนเพื่อตรวจดูว่า วัตถุประสงค์การสอนแต่ละข้อ ต้องการเน้นให้ผู้เรียนมีพฤติกรรมสูงถึงระดับใดและมีความสำคัญต่อการเรียนการสอนเพียงใด การวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอนควรพิจารณาถึงสิ่งต่างๆ ดังต่อไปนี้

(1) ระดับความสามารถทางสติปัญญาที่ระบุไว้ตามวัตถุประสงค์การสอน

(2) ระดับความสำคัญของวัตถุประสงค์การสอน

(3) คะแนนหรือน้ำหนักแทนความสำคัญของวัตถุประสงค์การสอน

การวัดผลสัมฤทธิ์มีข้อจำกัดเรื่องเวลา จึงจำเป็นต้องตัดบางวัตถุประสงค์ที่สำคัญน้อยออกไป สร้างเฉพาะข้อสอบวัดที่สำคัญและจำเป็นจริงๆ โดยเขียนวัตถุประสงค์ทั้งหมดของรายวิชานั้นๆ ลงในตารางวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอน (Objective Listing Sheet) ตรวจสอบดูว่าวัตถุประสงค์แต่ละข้อเน้นให้ผู้เรียนมีพฤติกรรมในการเรียนรู้สูงถึงระดับใด ใช้สัญลักษณ์แทนความสามารถทางสติปัญญาในระดับพื้นคืนความรู้ ระดับนำความรู้ไปใช้งาน ระดับส่งถ่ายความรู้ตามลำดับ และระดับความสำคัญของวัตถุประสงค์การสอนแต่ละหัวข้อ ให้ใช้สัญลักษณ์แทนความสำคัญเป็น X I O และน้ำหนักตามความสำคัญเป็น 3 2 1 แต้ม สำหรับวัตถุประสงค์การสอนที่มีความสำคัญมาก มีความสำคัญรองลงมา และมีความสำคัญน้อย ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 2-1 ตารางวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอน

หัวข้อเรื่อง	**วัตถุประสงค์การเรียนรู้**	**ISL**	**XXO**	**321**	**แต้ม**
1.	1	R	X	1	
	2 (เขียนข้อความของวัตถุประสงค์การสอน)	R	X	3	
	3	A	X	3	**13**
	4	A	X	3	
	5	T	X	3	
2.	1	R	I	2	
	2	A	I	2	**10**
	3	A	X	3	
	4	A	X	3	
3.	1	R	O	1	
	2	R	O	1	
	3	A	I	2	**10**
	4	T	X	3	
	5	A	X	3	
4.	1	R	I	2	
	2	R	I	2	
	3	A	X	3	**15**
	4	A	X	3	
	5	T	X	3	
	6	A	I	2	
รวม				**48**	**48**

2. สร้างตารางวิเคราะห์ออกข้อสอบ (Test Blueprint) ตารางวิเคราะห์ออกข้อสอบเป็นแผนผัง สำหรับครูใช้ในการพิจารณาถึงความเหมาะสมในการออกข้อสอบวัดผลตามวัตถุประสงค์ต่างๆ ของแต่ละหัวข้อเรื่อง ซึ่งมีส่วนประกอบสำคัญ ดังนี้

(1) เนื้อหา ได้แก่ หัวข้อเรื่องและวัตถุประสงค์การสอนต่างๆ ที่ระบุเอาไว้แต่ละหัวข้อ

(2) รายการความสามารถทางสติปัญญา (Interllectual Skill) ระดับต่างๆ ซึ่งกำหนดจากวัตถุประสงค์การสอนแต่ละข้อที่ต้องการ

(3) จำนวนของข้อสอบซึ่งวัดพฤติกรรมตามระดับ และจำนวนของวัตถุประสงค์การสอน ส่วนจำนวนข้อสอบที่จะวัดนั้นมีความสัมพันธ์อยู่กับเวลาที่กำหนดไว้ สำหรับการสอบวิชานั้นๆ เวลาที่ใช้สอบมากจำนวนข้อสอบที่จะวัดก็มีจำนวนมากด้วยในขั้นต้นการคำนวณจำนวนข้อของข้อสอบ โดยคิดว่าแต่ละนาทีให้ออกข้อสอบเป็นแบบปรนัยเลือกตอบ 1 ข้อ ส่วนจะปรับปรุงข้อมูลในตารางเพื่อออกข้อสอบเป็นแบบอัตนัยร่วมด้วยนั้น ก็ทำให้หลังจากได้พิจารณาแล้วเห็นว่าวัตถุประสงค์การสอนข้อนั้นควรที่จะออกข้อสอบเป็นแบบอัตนัย

เมื่อได้จำนวนข้อสอบแล้วนำมา คำนวณหาจำนวนข้อสอบ โดยเทียบจำนวนข้อสอบกับคะแนนแต้มสำคัญ จะได้อัตราส่วนของคะแนนแต้มสำคัญต่อข้อสอบ 1 ข้อ จากนั้นพิจารณาวัตถุประสงค์การสอนในแต่ละหัวข้อเรื่อง จากการเทียบอัตราส่วนคะแนนแต้มสำคัญกับข้อสอบดังแสดงในตารางที่ 2

3. เลือกประเภทของข้อสอบที่เหมาะสมกับข้อสอบ เพื่อใช้วัดความสามารถทางสติปัญญาของผู้เรียน ซึ่งอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือข้อสอบแบบอัตนัยและข้อสอบแบบปรนัย โดยข้อสอบทั้งสองประเภทนี้ มีความเหมาะสมในการใช้วัดผลที่แตกต่างกันดังต่อไปนี้

(1) ข้อสอบแบบปรนัย ใช้วัดความสามารถทางสติปัญญาระดับฟื้นความรู้ (Racalled) และการประยุกต์ความรู้ (Appied Knowledge) ได้ดี อาจใช้ข้อสอบถูกผิด จับคู่หรือเลือกตอบวัดก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของวิชาที่วัด

(2) ข้อสอบแบบอัตนัย ใช้ความสามารถทางสติปัญญาได้ทุกระดับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งระดับการส่งถ่ายความรู้ (Transferred Knowledge) การใช้ข้อสอบแบบอัตนัยจะทำได้ค่อนข้างง่าย ตัดปัญหาการเดาของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ 2-2 ตารางวิเคราะห์ออกข้อสอบ (Test Blueprint)

	Level of Inteltechial Skill			แต้ม	ข้อสอบ	Note
	Rocall (R)	**Apple (A)**	**Transfer (T)**			
Topic 1 1. 2. 3. 4. 5.	 O X(1)	 X(1) X(1)	 X(1)	13	4	 ตัด
Topic 2 1. 2. 3. 4.	 I(1)	 I X(1) X(1)		10	3	 ตัด
Topic 3 1. 2. 3. 4. 5.	 O O	 I(1) X(1)	 X(1)	10	3	 ตัด ตัด
Topic 4 1. 2. 3. 4. 5. 6.	 I(1) I(1)	 X(1) X(1) I	 X(1)	**15**	**5**	 ตัด
แต้มรวม	**12**	**27**	**9**	**48**		
ข้อสอบ	**4**	**8**	**3**		**15**	

ข้อสอบ 15 ข้อ มีแต้มความสำคัญเท่ากับ 48 แต้ม ข้อสอบ 1 ข้อ มีแต้มความสำคัญเท่ากับ 3.2 แต้ม

ประสงค์ (2544 : 40) กล่าวว่าหลักการสร้างข้อสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

1. วิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ครูสร้างขึ้นนั้น สำหรับบทเรียนหนึ่งๆ จะประกอบด้วยพฤติกรรม ที่จะให้นักเรียนแสดงออกหลายๆ รูปแบบ เช่นทางด้านสติปัญญา ทางด้านทักษะปฏิบัติ และทางด้านจิตใจ ซึ่งใ นแต่ละพิสัยยังแบ่งออกได้หลายระดับต่างๆ กัน ดังนั้นครูจะต้องทำการวิเคราะห์เพื่อสรุปพฤติกรรมที่ต้องการทั้งหมดแล้วเลือกพฤติกรรมที่เหมาะสมนำไปออกข้อสอบต่อไป

2. กำหนดรูปแบบของข้อสอบว่าจะออกข้อสอบแบบใด เช่น แบบให้อธิบาย เติมคำ แบบเลือกตอบ แบบกาถูก-กาผิด เป็นต้น

3. เตรียมงานและเขียนข้อสอบฉบับร่างโดยเขียนฉบับร่างให้มากข้อกว่าต้องการจริง จากนั้นคัดเลือกข้อที่คาดว่าถูกต้อง และเหมาะสมไปใช้จริงแล้วจะต้องวิเคราะห์ผลอีกครั้งหนึ่งหลักจากสอบเสร็จแล้ว

4. วิเคราะห์ข้อสอบก่อนนำไปใช้จริง เมื่อสร้างข้อสอบเสร็จแล้วควรมีการทบทวนตรวจทาน ในด้านความยากง่ายของข้อคำถามเบื้องต้น ตรวจดูความถูกต้องของภาษาที่ใช้ คำสั่ง เฉลย ครูควรจะแก้ไขปรับปรุงข้อสอบก่อนนำไปใช้

จากนั้นขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่มีผู้กล่าวไว้ข้างต้น สรุปได้ว่า ควรสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ให้ครอบคลุมและ ตรงตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ เน้นการวัดความสามารถ และระดับทางสติปัญญา ตั้งคำถามให้สอดคล้องเนื้อหาวิชาที่ เรียน มีความชัดเจน และถูกต้อง ในข้อคำถาม ตามหลักวิชาการ นอกจากนี้ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ ควรจะมี ค่าความยากง่าย ที่เหมาะสม จำนวนของแบบทดสอบ ต้องเหมาะสมกับ เวลาในการ ทำแบบทดสอบของผู้เรียน

2.4.3 หลักการสร้างแบบทดสอบปรนัยแบบเลือกตอบ

สุราษฎร์ (2530 : 70-75) ได้แบ่งหลักการสร้างแบบทดสอบแบบปรนัยแบบเลือกตอบออกเป็น 2 ประเภทตามลักษณะการสร้างดังนี้

1. การสร้างปัญหาหรือคำถาม

(1) เขียนคำถามให้สมบูรณ์ โดยการใช้คำที่แสดงลักษณะการถามมาประกอบ เช่น คำว่าอะไร เพราะเหตุใด และเมื่อไร เป็นต้น

(2) หากเขียนแบบทดสอบเป็นแบบเอาตัวเลือกมาต่อตัวนำแล้ว จะต้องอ่านแล้วเข้าใจง่าย ได้ความหมายสมบูรณ์

(3) ถามให้ตรงจุดที่จะถามให้เด่นชัด คือ อ่านคำถามแล้วตีความได้ว่า ผู้สอนมุ่งถามเรื่องอะไร ได้ความสมบูรณ์

(4) อย่าใช้คำถามปฏิเสธเพราะคำถามดังกล่าวตีความได้ยาก

(5) หลีกเลี่ยงการใช้คำที่อาจนำคำตอบ เช่น คำหรือข้อความที่เป็นคำตอบรวมในคำถามแล้ว ซึ่งจะทำให้ผู้สอบหาคำตอบได้ง่าย หรืออาจตอบถูกโดยไม่ได้ใช้ความรู้ความคิดจากการเรียนวิชานั้นๆ เลย

(6) ควรสร้างคำถามให้สั้น กะทัดรัด เอาแต่ใจความสำคัญ

2. การสร้างตัวเลือก

(1) เขียนตัวเลือกให้เป็นพวกเดียวกัน หมายความว่า ตัวเลือกทั้งห ลายที่สร้างขึ้นจะต้องมีขอบข่ายอยู่ในประเภทหรือกลุ่มเดียวกัน หรือมีคุณลักษณะบางอย่างร่วมกัน

(2) ตัวเลือกควรสั้น ชัดเจน ประหยัดคำ อ่านได้ใจความสมบูรณ์

(3) ตัวเลือกทุกตัวจะต้องให้เป็นอิสระแก่กัน ถูกหรือผิดแยกกันเด็ดขาด โดยไม่คลุมเครือ และจะต้องไม่แตกต่างกันจนเด่นชัดมากเกินไป

(4) ตัวเลือกทุกตัวต้องให้ใช้ประโยชน์ได้ คือ มีคุณค่าใสการจูงใจให้ผู้สอบได้เลือกตอบ

(5) ควรให้ตัวเลือกทุกตัวยาวเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน เพราะตัวเลือกที่ยากหรือสั้นที่สุดกลับเป็นคำตอบไปด้วย จึงกลายเป็นการแนะนำคำตอบ

(6) ตัวเลือกจะต้องถูกหรือผิดตามหลักวิชาการ ไม่ใช่ถูกหรือผิดตามสมัยนิยมหรือเป็นความถูกต้องตามความคิดของกลุ่มบุคคล

(7) อย่าให้คำถามหรือตัวเลือกข้อต้นๆ ไปมีอิทธิพลกับคำตอบข้อต่อไป เพราะทำให้ข้อสอบเหล่านั้นขาดคุณค่าและไม่สามารถวัดในสิ่งที่ต้องการได้

(8) ให้ที่อยู่ของตัวเลือก เป็นตัวเลือกอยู่ในลักษณะกลุ่ม คือ ให้กระจายคำตอบจากข้อ ก. ถึง ง. หรือ จ. อย่าให้คำตอบอยู่ในข้อที่ซ้ำๆ กัน เพราะจะทำให้ผู้สอบเดาคำตอบได้

ประสงค์ (2544 : 40) ได้ให้หลักเกณฑ์การสร้างข้อสอบแบบเลือกตอบไว้ดังนี้

1. ในตัวคำถามควรมีใจความที่สำคัญบรรจุอยู่ เพื่อให้นักเรียนได้เกิดแนวคิดก่อนที่จะอ่านถึงตัวเลือกต่างๆ

2. ควรหลีกเลี่ยงการใช้คำซ้ำกันในพวกตัวเลือกต่างๆ เพื่อประหยัดเวลาในการอ่านของนักเรียน

3. คำถามแต่ละข้อควรเป็นอิสระ ไม่คาบเกี่ยวกัน เพื่อมิให้ผู้ตอบสามารถนำข้อมูลจากข้อหนึ่งไปตอบข้อสอบอีกข้อหนึ่งได้

4. ในแต่ละข้อ ควรถามเรื่องที่สำคัญเพียงเรื่องเดียว

5. ควรหลีกเลี่ยงคำถามเชิงปฏิเสธ

6. ไม่ควรให้คำตอบที่ถูกต้องยาวกว่าตัวลวงอื่น

7. ตัวเลือกทุกตัวต้องมีเหตุผลที่เป็นไปได้

8. ควรลำดับตัวเลือกที่เป็นจำนวนเลขให้เป็นระเบียบ

9. คำถามจะต้องชัดเจนไม่คลุมเครือและกว้าง

10. ในกรณีที่ไม่สามารถเขียนตัวเลือกให้ครบจำนวน ควรหลีกเลี่ยงการใช้ตัวเลือกที่เขียนว่า “ถูกหมดทุกข้อ” “สองข้อแรกถูก” “ถูกเฉพาะข้อ ค . และข้อ ง. เพราะจะทำให้ข้อสอบด้อยคุณภาพลงไป

11. ข้อสอบแต่ละข้อควรมีตัวเลือกที่ถูกเพียงคำตอบเดียว

12. คำถามที่เป็นข้อความไม่สมบูรณ์แบบข้อสอบเติมคำไม่ควรเว้นว รรคที่ต้องการให้เติมในตอนต้นประโยค ควรให้เติมในตำแหน่งหลังสุด

13. ไม่ควรเขียนตัวเลือกว่า “ไม่มีคำตอบถูก” “ผิดหมดทุกข้อ” ในการสอบเกี่ยวกับวิชาคำนวณ เพื่อลดอิทธิพลการเดา

14. พยายามหลีกเลี่ยงการใช้คำว่า เสมอ โดยเฉพาะ เท่านั้น ไม่เคยเพราะคำเหล่านี้ทำให้นักเรียนเกิดความรู้สึกว่าตัวเลือกนั้นผิด และจะไม่เลือกตอบ

15. ควรหลีกเลี่ยงการใช้คำศัพท์หรือภาษาที่ไม่เคยเรียน

16. ในข้อสอบชุดเดียวกันควรมีจำนวนตัวเลือกในข้อสอบแต่ละข้อเท่ากัน โดยทั่วไปควรใช้ตัวเลือกอย่างน้อย 4 ตัวเลือก

17. ตำแหน่งของตัวเลือกที่เป็นคำตอบควรอยู่อย่างกระจาย ไม่ควรให้คำตอบอยู่ในตัวเลือกหนึ่งมากๆ

18. ไม่ควรเขียนตัวเลือกเป็นคำๆ เดียว หรือข้อมูลเดียว ซึ่งจะทำให้ข้อสอบวัดแต่ความจำและอาจทำให้คลุมเครือ และมีข้อโต้แย้งในคำตอบได้

19. หลีกเลี่ยงคำหรือข้อความที่ชี้แนะคำตอบ

2.4.4 การสร้างแบบทดสอบวัดผลภาคปฏิบัติ

สุราษฎร์ (2552 : 109-110) ได้ให้ข้อเสนอแนะในการสร้างแบบทดสอบวัดผลภาคปฏิบัติไว้ดังนี้

ข้อสอบที่ใช้วัดความสามารถในการทำงานหรือการปฏิบัติงานนั้น นอกจากจะต้องมีใบสั่งงาน (Job Sheet) หรือคำสั่งให้ปฏิบัติงานที่ชัดเจนแล้ว เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่จัดให้ผู้สอบแต่ละคนใช้ ควรจะต้องมีลักษณะและคุณภาพเช่นเดียวกัน ส่วนเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บที่แท้จริงได้มากที่สุด ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วอาจต้องใช้เครื่องมือหลายๆ อย่างประกอบกัน เช่น บันทึกพฤติกรรมบุคคล แบบสังเกตการณ์ ซึ่งอาจทำเป็น Check List และ/หรือ Rating Scale สำหรับเก็บข้อมูลพฤติกรรมผู้เรียน เป็นต้น

ข้อสอบที่ใช้วัดผลภาคปฏิบัติ คือ ข้อสอบที่ผู้เรียนจะต้องลงมือทำกันจริงๆ ซึ่งจะให้ข้อมูลที่ชัดเจนว่า หลังจากการเรียนการสอนหรือการฝึกหัดจบลงเรียบร้อยแล้ว ผู้เรียนมีความสามารถอยู่ในระดับไหน จึงมีข้อควรระวังอยู่ที่ว่าข้อสอบวัดผลภาคปฏิบัติ เป็นคนละอย่างกันกับการสั่งงานในขั้น Application ซึ่งเป็นการฝึกหัดทักษะภาคปฏิบัติในระหว่างการเรียนการสอน เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ตามกระบวนการเรียนรู้รูปแบบ MIAP ข้อสอบวัดผลภาคปฏิบัติจะต้องวัดผลผู้เรียนได้ครบทั้งกระบวนการในการทำงาน ซึ่งจะเริ่มตั้งแต่การวัดความรู้ในการทำงาน การเตรียมงาน การทำงานที่กำหนดให้ และการพิจารณาดูผลงานที่ทำด้วย ดังนั้นจึงไม่น่าแปลกใจว่าบางครั้งก่อนที่จะลงมือปฏิบัติงานจริง จะต้องมีการวัดผลภาคทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทำงานนั้นๆ รวมอยู่ด้วย สำหรับตัวข้อสอบภาคปฏิบัตินั้น ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยรูปภาพ แบบงาน วัสดุที่ใช้ทำ ชิ้นงาน ขนาดวัตถุดิบที่จะทำชิ้นงาน คำสั่ง รวมถึงข้อควรระวังต่างๆ ที่จะให้ผู้เรียนลงมือทำ อยู่ในเอกสารเพียงหน้าเดียวก็ได้ ทั้งนี้ข้อสอบภาคปฏิบัติมีลักษณะอย่างไรก็ขึ้นอยู่กับว่างานที่จะให้ผู้เรียนปฏิบัตินั้นเป็นอะไร

อย่างไรก็ดี ข้อสอบวัดผลทางปฏิบัตินั้น จำเป็นต้องใช้วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ร่วมด้วย ฉะนั้นสิ่งสำคัญที่จะต้องพิจารณาถึงอยู่เสมอ ก็คือ (1) เครื่องไม้เครื่องมือในการสอบของผู้สอบแต่ละคนควรจะเป็นแบบเดียวกันหรือมีคุณภาพใกล้เคียงกันมากที่สุด การปฏิบัติการสอบควรจะอยู่ภายในอาณาบริเวณการทำงานที่เหมือนๆ กัน และ (2) ในการสอบครูจะต้องสังเกตการณ์ทำงานของผู้สอบโดยใกล้ชิด ดังนั้นตัวข้อสอบภาคปฏิบัติอาจต้องมีเครื่องมือช่วยเก็บข้อมูลอย่างอื่นสำหรับครูใช้ควบคู่กันไปด้วย เช่น แบบประเมินผลงาน เป็นต้น

จากการสร้างแบบทดสอบวัดผลภาคปฏิบัติ สรุปได้ว่า ในแบบทดสอบจะต้องประกอบไปด้วย ใบสั่งงาน (Job Sheet) คำสั่งให้ปฏิบัติที่ชัดเจน มีรูปภาพหรือแบบงานประกอบ ระบุชื่องานที่ให้ผู้เรียนทดสอบ เวลา การทดสอบ ตารางบันทึกผลการทดสอบ จุดตรวจ ระดับคะแนน ที่จะให้ผู้เรียนลงมือทำ อยู่ในเอกสารเพียงหน้าเดียวก็ได้ ทั้งนี้ข้อสอบภาคปฏิบัติมีลักษณะอย่างไรก็ขึ้นอยู่กับว่างานที่จะให้ผู้เรียนปฏิบัตินั้นเป็นอะไรหรือขึ้นอยู่กับรายวิชานั้นๆ

2.4.5 การสร้างแบบประเมินผลภาคปฏิบัติ

สุราษฎร์ (2530 : 173-177) กล่าวว่าสิ่งที่จะวัดและประเมินผลการปฏิบัติผู้เรียนจะประกอบด้วย การวัดและประเมินผลความสามารถในการเตรียมงาน ความสามารถในการปฏิบัติงานและคุณภาพของผลงานหรือชิ้นงานที่ได้ การวัดและประเมินผลภาคปฏิบัติน้ำหนักส่วนใหญ่จะอยู่ที่ภาคปฏิบัติและผลงานที่ทำออกมา ตลอดจนการวัดตรวจสอบความตระหนักความรับผิดชอบในการทำงานด้วย ดังนั้นในการสร้างใบประเมินผลส่วนใหญ่จะมีรายการวัดผลและประเมินผลดังนี้

1. ในด้านความรู้ความเข้าใจเนื้อหาทางด้านทฤษฎี เป็นการวัดเนื้อหาความรู้ที่เกี่ยวข้อ งสัมพันธ์กับการปฏิบัติงานไปใช้ เช่น การอ่านแบบในใบงาน การอ่านทำความเข้าใจไดอะแกรม สัญลักษณ์ การเตรียมงาน การวิเคราะห์งาน เป็นต้น

2. ในด้านความสามารถในการปฏิบัติงาน เป็นการตรวจสอบตั้งแต่เริ่มเตรียมงาน การทำงานตามขั้นตอน ความถูกต้องและความปลอดภัยในการใช้เครื่องจักร เครื่องมืออุปกรณ์รวมถึงการดูแลรักษา ระยะเวลาในการทำงานตั้งแต่ต้นจนกระทั่งสำเร็จและอาจพิจารณาถึงทางด้านเจตคติในการทำงานร่วมกับผู้อื่นด้วย

3. ด้านคุณภาพของผลงานหรือชิ้นงาน เป็นการตรวจสอบความเที่ยงตรงของงาน เช่น ผิว ขนาด รูปร่าง น้ำหนัก เป็นต้น รวมถึงลักษณะการทำงาน หรือการใช้งานว่ามีความสมบูรณ์ขนาดไหน ซึ่งการพิจารณาถึงคุณภาพของชิ้นงาน หรือผลงานที่ทำได้

2.4.6 การให้คะแนนงานปฏิบัติ

สุราษฎร์ (2530 : 114-115) กล่าวว่าการให้คะแนนและประเมินผลงานปฏิบัติแบ่งได้เป็น 4 ประเด็น ดังต่อไปนี้

1. วิธีการให้คะแนน

การให้คะแนนงานปฏิบัติ ทำได้ 2 ลักษณะ คือ การพิจารณาจุดต่างๆ แล้วให้คะแนน และโดยการใช้เครื่องมือไปวัดแล้วให้คะแนน ซึ่งมีหลักการให้คะแนนดังนี้

1.1 โดยการพิจารณาแล้วให้คะแนน (Subjective Valuation) เป็นการให้คะแนนโดยอาศัยการสังเกต ใช้ความคิดเห็น ความรู้สึก พิจารณาจุดที่วัดผล เช่น การเตรียมเครื่องมือ การใช้เครื่องจักร ความรับผิดชอบ ความสะอาด ความสำเร็จของงาน คุณภาพการใช้งานเป็นต้น

คะแนน	คุณภาพผลงาน
10	ผลงานดี ลักษณะส่วนใหญ่ดี ผลงานใช้งานได้ดี
6	ผลงานพอใช้ ลักษณะพอใช้ ผลงานพอใช้งานได้
1	ผลงานไม่ดี ลักษณะไม่ดี ผลงานใช้งานไม่ได้
0	กรณีไม่มีผลงานออกมาเลย

1.2 โดยการใช้เครื่องมือวัดเทียบแล้วให้คะแนน (Objective Valuation) เป็นการให้คะแนนโดยพิจาณาที่ขนาดของงาน (หรือชิ้นงาน) จุดที่วัด เช่น ขนาดความยาว ความหยาบผิว ขนาดมุม เป็นต้น ซึ่งสามารถใช้เครื่องมือวัดไปวัดหรือตรวจสอบขนาดได้

คะแนน	คุณภาพผลงาน
10	ขนาดอยู่ในพิกัดที่กำหนดได้
7	ขนาดอยู่นอกพิกัดไม่เกิน $\pm$ 25 % ของขนาดกำหนด
3	ขนาดอยู่นอกพิกัดไม่เกิน $\pm$ 50 % ของขนาดกำหนด
1	ขนาดอยู่นอกพิกัดเกินกว่า $\pm$50 % ของขนาดกำหนด
0	กรณีไม่มีผลงานออกมาเลย

2. ตัวคูณ (Factor)

ตัวคูณ คือค่าน้ำหนักของจุดที่นำมาพิจารณา ด้วยเหตุที่ชิ้นงานแต่ละชิ้นหรือการทำงานแต่ละงานแต่ละส่วนมีความสำคัญไม่เท่ากัน จุดที่เน้นมากจะมีน้ำหนักคะแนนความสำคัญมาก จุดที่ไม่ค่อยสำคัญก็จะมีน้ำหนักคะแนนน้อย โดยใช้ข้อมูล 1-5 เพิ่มความสำคัญของแต่ละจุด

3. เวลาในการทำงาน (Working Speed)

เวลาที่ใช้ในการสอบปฏิบัติเป็นเวลาเฉลี่ยสำหรับการทำงานนั้นให้สำเร็จอาจต่อเวลาสอบได้อีก แต่ไม่ควรเกิน 10 % ของเวลากำหนด เวลาที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงมีผลต่อการให้คะแนน คือ

(1) การเพิ่มจะเพิ่มเฉพาะผู้ที่ได้คะแนนจากการสอบ เกินกว่า 75 % เท่านั้น

(2) ในแต่ละ 2 % ของเวลาที่เร็วหรือช้ากว่าเวลากำหนด จะเพิ่มหรือลด 1 คะแนน

(3) การเพิ่มหรือลดคะแนน ไม่ควรเกินกว่า 5 คะแนน สำหรับผู้สอบแต่ละคน

4. วิธีประเมินผลงานปฏิบัติ

การประเมินผลเป็นการจัดระดับว่าผู้เรียนคนนั้นมีความสามารถอยู่ในระดับใด ส่วนใหญ่จะเป็นการประเมินผลแบบอิงเกณฑ์ ซึ่งหากเป็นการจัดระดับคะแนนจากคำนวณเปอร์เซ็นต์ที่ทำได้จากการสอบ การคำนวณทำได้ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ที่ทำได้} = \frac{\text{คะแนนที่ได้}}{\text{คะแนนเต็ม}} \times 100$$

ส่วนการเทียบเปอร์เซ็นต์กับเกณฑ์ มีดังนี้

เปอร์เซ็นต์	ระดับคะแนน	คุณภาพผลงาน
90 ขึ้นไป	A	ดีทุกจุด ใช้งานได้ ทำงานได้
75 ถึง 89	B	อยู่ในขั้นใช้ได้ และทำงานได้
60 ถึง 74	C	อยู่ในระดับปานกลาง
30 ถึง 59	D	อยู่ในระดับต่ำใช้งานไม่ได้
ต่ำกว่า 30	E	งานไม่สำเร็จผล ไม่มีผลงานออกมา

จากที่กล่าวข้างต้นผู้วิจัยได้จัดทำใบประเมินผลภาคปฏิบัติ โดยเลือกรูปแบบการให้คะแนนโดยพิจาณาที่ขนาดของงาน (หรือชิ้นงาน) จุดที่วัด เช่น ขนาดความยาว ขนาดความโต

ความหยาบผิว เป็นต้น ซึ่งสามารถใช้เครื่องมือวัดไปวัดหรือตรวจสอบขนาดได้ ซึ่งการให้คะแนนแบบนี้เหมาะสมกับงานที่เป็นภาคปฏิบัติ

2.4.7 คุณลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี

สุราษฎร์ (2552 : 106) กล่าวว่าเครื่องมือวัดผล เป็นตัวกลางในการแปลงพฤติกรรมของผู้เรียนออกมาเป็นคะแนน ซึ่งความถูกต้องเป็นจริงจะมีมากหรือน้อยแค่ไหนนั้น ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของเครื่องมือด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณสมบัติในด้านความเที่ยงตรง (Validity) ของเครื่องมือ ซึ่งหากเป็นการสร้างข้อสอบวัดผลทางทฤษฎีแล้ว คุณสมบัติที่สำคัญๆ ที่ควรจะพิจารณาถึงมี ดังนี้

1. ความเที่ยงตรง (Validity)

ความเที่ยงตรงของข้อสอบ เป็นคุณสมบัติที่บ่งบอกว่าข้อสอบที่สร้างขึ้นมานี้สามารถวัดในสิ่งที่ต้องการวัดได้จริงตามวัตถุประสงค์การสอนหรือไม่ ซึ่งจะพิจารณาได้จาก

1) ข้อสอบจะต้องวัดพฤติกรรมผู้เรียนได้ตรงตามพฤติกรรมที่วัตถุประสงค์ต้องการ เช่น วัตถุประสงค์การสอนต้องการให้ผู้เรียนคำนวณความแข็งแรงของคาน ข้อสอบก็จะต้องให้ผู้เรียนได้คำนวณ ไม่ใช่อธิบายวิธีการคำนวณความแข็งแรงของคาน

(2) ข้อสอบจะต้องมีระดับความยากเหมาะสมกับระดับของ วัตถุประสงค์การสอน เช่น วัตถุประสงค์เป็นระดับ Applied Knowledge ข้อสอบก็จะต้องวัดให้ถึงขั้นการ Applied Knowledge ด้วย

(3) ข้อสอบจะต้องมีจำนวนข้อวัดครอบคลุมหรือเป็นตัวแทนที่ดีของวัตถุประสงค์การสอนข้อนั้น จะไม่วัดเพียงบางจุดหรือในบางประเด็นเท่านั้น

2. ความเป็นปรนัยเท่านั้น (Objectivity)

ความเป็นปรนัยของข้อสอบเป็นคุณสมบัติภายในตัวข้อสอบ ซึ่งเราอาจพิจารณาคุณสมบัติได้ในสองประเด็นหลักๆ คือ

(1) ข้อสอบนั้นจะต้องมีคำถามที่ชัดเจน ผู้สอบอ่านแล้วสามารถเข้าใจได้ตรงกันว่าข้อสอบถามเพื่อให้ตอบอย่างไร มีข้อน่าสังเกตว่าข้อความซึ่งใช้เป็นคำถามนั้น ควรที่จะเป็นคำหรือประโยคง่ายๆ ถ้าหากเป็นคำที่แปลมาจากภาษาอื่นก็ควรที่จะวงเล็บคำภาษาเดิมเอาไว้ด้วยเพื่อความชัดเจนมากขึ้น

(2) การให้คะแนนคำตอบมีมาตรฐานแน่นอนไม่ว่าจะตรวจที่ไหน เมื่อไรหรือว่าใครเป็นผู้ตรวจก็ตาม จะได้คะแนนคงที่แน่นอนไม่เปลี่ยนแปลง การได้คะแนนมากหรือน้อยไม่ขึ้นอยู่กับวิจารณญาณของผู้ตรวจ แต่ขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้เรียนเอง ซึ่งข้อสอบปรนัยส่วนใหญ่จะมีคุณสมบัติเหล่านี้อยู่แล้ว

3. ความสะดวกในการทำ (Practicality)

ความสะดวกในการทำข้อสอบ ก็เป็นคุณสมบัติส่วนหนึ่งของข้อสอบที่จะบ่งบอกถึงความคล่องตัวในการใช้ กล่าวคือ ข้อสอบที่ดีนั้นการจัดพิมพ์จะต้องถูกต้องชัดเจนจัดหน้ากระดาษคำถามและคำตอบเหมาะสม ผู้สอบไม่ต้องพลิกไปมาหรือทำให้เกิดความสับสนขณะทำข้อสอบ

2.4.8 การพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สำนักทดสอบทางการศึกษาสำนักงานคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2550 : 3-4) กล่าวถึงขั้นตอนการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบที่เป็นมาตรฐาน ไว้ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของการประเมินคุณภาพการศึกษาขั้นพื้นฐานเป็นการประเมินเพื่อพัฒนาคุณภาพการศึกษา

2. ศึกษาทฤษฎี วิธีการ เอกสารหลักสูตรและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ได้เครื่องมือสำหรับใช้ในการประเมิน ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินคุณภาพการศึกษาขั้นพื้นฐาน คือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (General Achievement Test หรือ GAT)

3. กำหนดกรอบโครงสร้างและรูปแบบของการวัด โดยคณะกรรมการซึ่งประกอบด้วยครูผู้สอน ศึกษานิเทศก์ นักวิชาการ นักวัดผล และผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องทางการศึกษา

4. สร้างข้อสอบโดยคณะกรรมการซึ่งประกอบด้วยครูผู้สอน ศึกษานิเทศก์ นักวัดผล นักวิชาการ และผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องทางการศึกษาตามกรอบโครงสร้างและรูปแบบที่กำหนด ข้อสอบทุกข้อที่สร้างขึ้นจะได้รับการวิพากษ์วิจารณ์เพื่อให้ได้ข้อสอบที่มีคุณลักษณะที่ดี และได้รับการตรวจสอบความเที่ยงตรงโดยคณะกรรมการทุกข้อ

5. นำแบบทดสอบที่ได้ไปทดลองในภาคสนาม (Try out) ครั้งที่ 1 กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) ให้ได้ตัวแทนของสังกัดและขนาดโรงเรียน

6. วิเคราะห์หาคุณภาพของข้อสอบโดยนำผลที่ได้จากผลทดสอบมาวิเคราะห์ประมวลผลเพื่อหาค่าสถิติต่างๆ เช่น ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ค่าความเชื่อมั่น เป็นต้น โดยนำค่าสถิติ ที่ได้มาใช้พิจารณาเพื่อปรับปรุงแ ละพัฒนาข้อสอบให้ได้ข้อสอบที่ดีมีคุณภาพ ข้อสอบที่ใช้ได้จะต้องมีค่าสถิติ ดังนี้

6.1 ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20-0.80

6.2 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

6.3 ตัวลวงทุกตัวจะต้องมีจำนวนคนเลือกตอบอย่างน้อย 5 %

7. นำแบบทดสอบที่ได้รับการพิจารณาปรับปรุงและพัฒนา (จากการทดลองครั้งที่ 1) ไปทดลองในภาคสนาม (Try out) ครั้งที่ 2 กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้นแต่จำนวนกลุ่มตัวอย่างจะมากกว่าการทดลองครั้งที่ 1

8. นำผลที่ได้จากการทดลองครั้งที่ 2 มาวิเคราะห์ประมวลผล (เช่นเดียวกับข้อ 6) เพื่อให้ได้แบบทดสอบที่เป็นมาตรฐานสำหรับใช้ในการประเมิน ดังนี้

8.1 แบบทดสอบที่มีค่าความยากง่ายเหมาะสม คือ มีข้อสอบค่อนข้างง่าย ประมาณ 25 % (เฉลี่ยทั้งฉบับมีค่าความยากง่ายประมาณ 0.5 โดยค่าความยากง่ายที่ใช้จะอยู่ในระหว่าง 0.20-0.80

8.2 แบบทดสอบมีค่าอำนาจจำแนกที่ดี ข้อสอบแต่ละข้อจะมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ยิ่งค่าอำนาจจำแนกมากยิ่งดี คือ สามารถจำแนกได้ดี

8.3 แบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ที่ดีมีค่าค่อนข้างสูงประมาณ 0.70-0.80

8.4 ครูผู้สอน นักวิชาการ นักวัดผล และผู้เชี่ยวชาญได้ตรวจสอบความเที่ยงตรง (Validity) โดยพิจารณาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) แบบทดสอบแต่ละฉบับที่ใช้ในการประเมินคุณภาพการศึกษาขั้นพื้นฐานมีค่าความเที่ยงตรงต่อหลักสูตรทั้งหมด (ค่า IOC เท่ากับ 1.00)

9. กำหนดเกณฑ์การประเมิน (คะแนนจุดตัด) โดยคณะกรรมการประกอบด้วยครูผู้สอน ผู้เชี่ยวชาญในด้านหลักสูตรและการวัดผล การกำหนดคะแนนจุดตัดจะกำหนด 2 จุด คือ

9.1 คะแนนจุดตัดขั้นผ่าน (B1) หมายถึง คะแนนของนักเรียนที่อยู่คาบเส้น (Borderline) ของเกณฑ์ผ่าน หรือผู้ที่สามารถถึงเกณฑ์ผ่านพอดี คะแนนจุดตัดขั้นผ่าน (B1) จะเป็นจุดแบ่งกลุ่มนักเรียนที่ต้องปรับปรุงแก้ไขกับกลุ่มนักเรียนที่อยู่ระดับพอใช้ขึ้นไป

9.2 คะแนนจุดตัดขั้นสูง (B2) หมายถึง คะแนนของนักเรียนที่อยู่คาบเส้น (Borderline) ของเกณฑ์พอใช้กับเกณฑ์ดี หรือผู้ที่สามารถถึงเกณฑ์พอดี คะแนนจุดตัดขั้นสูง (B2) จะเป็นจุดแบ่งกลุ่มนักเรียนที่มีความสามารถระดับพอใช้กับกลุ่มนักเรียนที่มีความสามารถในระดับสูงหรือระดับดี การกำหนดคะแนนจุดตัดมีลักษณะดังนี้

ไม่ผ่าน/ปรับปรุง	**ปานกลาง/พอใช้**	**สูง/ดี**
	B1 **B2**	

10. จัดพิมพ์ต้นฉบับแบบทดสอบฉบับใช้จริงสำหรับให้โรงพิมพ์ดำเนินการพิมพ์ต่อไป จากขั้นตอนการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบดังกล่าวข้างต้น แบบทดสอบที่ใช้ประเมินนักเรียนในการประเมินคุณภาพการศึกษาขั้นพื้นฐานทุกฉบับ จึงเป็นแบบทดสอบมาตรฐานที่สามารถวัดได้อย่างน่าเชื่อถือและเที่ยงตรง

สรุปได้ว่า แบบทดสอบที่มีคุณภาพ มีความตรงสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ มีค่าความยากง่าย มีค่าอำนาจจำแนก และมีค่าความเชื่อมั่นตามเกณฑ์ที่กำหนด สามารถใช้เป็นเครื่องมือที่เชื่อถือได้ในการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อทราบผลการพัฒนาการเรียนการสอนโดยพิจารณาจากคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียน

2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ

2.5.1 ความหมายของความพึงพอใจ

ราชบัณฑิตยสถาน ได้ให้ความหมายของคำว่า ความพึงพอใจ หมายถึงพอใจ ชอบใจ

รพีพร (2550 : 12) ได้สรุปความหมายของความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกยินดี เจตคติที่ดีของบุคคลเมื่อได้รับการตอบสนองตามความต้องการของตน ทำให้เกิดความรู้สึกที่ดี

สมหมาย (2551 : 6) ได้สรุปความหมายของความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้ สึกที่เกิดจากความสมดุล หรือความสอดคล้องระหว่างสิ่งที่คาดหวัง และสิ่งที่ได้รับจริง หรือจากการที่ความต้องการได้รับการตอบสนองหรือประสบการณ์ที่เข้าไปใช้บริการ และประสบการณ์นั้นตรงตามคาดหวัง

จากความหมายที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกที่พอใจที่มีต่อบุคคลหรือสิ่งจูงใจในด้านต่างๆ เมื่อได้รับการตอบสนองตามความต้องการของตนหรือความต้องการที่บุคคลหรือสิ่งจูงใจคาดหวัง

2.5.2 ทฤษฎีเกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

นักวิชาการได้พัฒนาทฤษฎีที่อธิบายองค์ประกอบของความพึงพอใจ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจกับปัจจัยอื่นๆ ไว้หลายทฤษฎี โดยทฤษฎีที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือ ทฤษฎีลำดับความต้องการของมนุษย์ของมาสโลว์

มาสโลว์ (Maslow) ได้เป็นผู้วางรากฐานจิตวิทยามนุษยนิยม ได้อธิบายว่าทำไมคนจึงถูกผลักดันโดยความต้องการบางอย่าง ณ เวลาหนึ่ง ทำไมคนหนึ่งจึงทุ่มเทเวลาและพลังงานอย่างมากเพื่อให้ได้มาซึ่งความปลอดภัยของตนเอง แต่อีกคนหนึ่งกลับทำสิ่งเหล่านั้นเพื่อให้ได้รับการยกย่องนับถือจากผู้อื่น คำตอบของมาสโลว์ คือ ความต้องการของมนุษย์จะถูกเรียงตามลำดับจากสิ่งที่กดดันมากที่สุดไปถึงน้อยที่สุดโดยจัดลำดับขั้นความต้องการตามความสำคัญ (สุรางค์, 2533 : 158 - 159)

1. ความต้องการทางกาย (Physiological Needs) เป็นความต้องการพื้นฐาน คือ อาหาร ที่พัก อากาศ ยารักษาโรค
2. ความต้องการความปลอดภัย (Safety Needs) เป็นการต้องการที่เหนือกว่าความต้องการเพื่อความอยู่รอด เป็นความต้องการในด้านความปลอดภัยจากอันตราย
3. ความต้องการทางสังคม (Social Needs) เป็นความต้องการการยอมรับจากเพื่อน
4. ความต้องการการยกย่อง (Esteem Needs) เป็นความต้องการในการยกย่องส่วนตัวความนับถือ และสถานะทางสังคม
5. ความต้องการให้คนประสบความสำเร็จ (Seft – Actualization) เป็นความต้องการสูงสุดของแต่ละบุคคล ความต้องการการทำทุกสิ่งทุกอย่างได้สำเร็จ

บุคคลพยายามที่สร้างความพึงพอใจให้กับความต้องการที่สำคัญที่สุดเป็นอันดับแรกก่อน เมื่อความต้องการนั้นได้รับความพึงพอใจ ความต้องการนั้นก็จะหมดลงและเป็นตัวกระตุ้นให้บุคคลพยายามสร้างความพึงพอใจกับความต้องการที่สำคัญที่สุดลำดับต่อไป ตัวอย่างเช่น คนที่อดอยาก (ความต้องการทางกาย) จะไม่สนใจต่องานศิลปะชิ้นล่าสุด (ความต้องการสูงสุด) หรือไม่ต้องการการยกย่องจากผู้อื่น หรือไม่ต้องการแม้แต่อากาศที่บริสุทธิ์ (ความปลอดภัย) แต่เมื่อความต้องการแต่ละขั้นได้รับความพึงพอใจแล้วก็จะมีความต้องการในขั้นลำดับต่อไป

การวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการศึกษา ความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการศึกษาและเกิดผลได้หรือไม่จะต้องพิจารณาถึงลักษณะของการให้บริการขององค์การประกอบด้วยระดับความรู้สึกของผู้ใช้บริการในมิติต่างๆ ของแต่ละบุคคล ดังนั้น ในการวัดความพึงพอใจต่อการจัดการศึกษาอาจจะทำได้หลายวิธี ดังนี้

1. การใช้แบบสอบถาม ซึ่งเป็นวิธีการที่นิยมกันอย่างแพร่หลายวิธีหนึ่งในการขอร้องหรือขอความร่วมมือจากกลุ่มบุคคลที่ต้องการวัด แสดงความคิดลงในแบบฟอร์มที่กำหนดคำตอบไว้ให้เลือกตอบหรือเป็นคำตอบอิสระ โดยคำถามที่ถามถึงความพึงพอใจในด้านต่างๆ ที่หน่วยงานกำลังให้บริการอยู่ เช่น ลักษณะการให้บริการ สถานที่ ระยะเวลาในการให้บริการ บุคคลที่ให้บริการ เป็นต้น

2. การสัมภาษณ์ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่วัดระดับความพึงพอใจของผู้มาใช้บริการซึ่งเป็นวิธีการที่ต้องอาศัยเทคนิค และความชำนาญพิเศษของผู้สัมภาษณ์ตอบคำถามให้ตรงกับข้อเท็จจริง การวัดความพึงพอใจ โดยวิธีการที่ประหยัดและมีประสิทธิภาพอีกอย่างหนึ่ง

3. การสังเกต เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะทำให้ทราบถึงระดับความพึงพอใจของผู้มาใช้บริการได้โดยการสังเกตจากพฤติกรรมทั้งก่อนมารับบริการ ขณะรับบริการและหลังจากที่ได้รับบริการแล้ว เช่น การสังเกตกิริยา ท่าทาง การพูด และสีหน้า การวัดความพึงพอใจโดยวิธีนี้ผู้วัดจะต้องทำอย่างจริงจังและมีแบบแผนที่แน่นอน จึงจะสามารถประเมินถึงความพึงพอใจของผู้มาบริการได้อย่างถูกต้องจะเห็นได้ว่าการวัดความพึงพอใจต่อการรับบริการนั้นสามารถได้หลายวิธี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสะดวก ความเหมาะสม ตลอดจนจุดมุ่งหมายหรือเป้าหมายของการวัดด้วย จึ่งจะส่งผลให้การวัดนั้นมีประสิทธิภาพน่าเชื่อถือ

โดยมีแนวทางการวัดดังนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์ให้ชัดเจนว่าต้องการประเมินไปเพื่อประโยชน์อะไร เช่นหากต้องการเพียงเพื่อทราบความพึงพอใจในสถานการณ์ปัจจุบันเพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการตัดสินใจ ในประเด็นใดประเด็นหนึ่งโดยเฉพาะก็ไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงการวางกรอบการวัดอย่างต่อเนื่อง

2. กำหนดปัจจัยที่จะใช้วัดความพึงพอใจ โดยกำหนดว่าจะใช้ปัจจัยใดบ้างมาเป็นตัวชี้วัดคะแนนความพึงพอใจโดยรวม และควรให้น้ำหนักแต่ละปัจจัยเท่าไร เช่น ในการวัดความพึงพอใจของนักเรียนของครู ปัจจัยที่ใช้วัดก็แยกเป็น 2 กลุ่มหลักๆ คือ การเรียนของนักเรียนหรือการ

สอนของครูเป็นต้น การได้มาซึ่งปัจจัยที่จะใช้เป็นตัวชี้วัดเป็นขั้นตอนที่ต้องอาศัยความร่วมมือระดมความเห็นจากหลายฝ่ายและควรทำการทดสอบปัจจัยเหล่านี้ก่อนนำมาทำการประเมินจริง เพื่อให้แน่ใจว่าปัจจัยที่กำหนดไม่ซ้ำซ้อนกันเกินไปหรือขาดปัจจัยสำคัญบางตัวไป รวมถึงควรทำการประเมินความสำคัญของปัจจัยแต่ละตัวเพื่อนำมาใช้ถ่วงน้ำหนักในการวัดความพึงพอใจรวมด้วย

3. กำหนดเกณฑ์ในการวัดปกติแล้วจะใช้แบบมาตรประมาณค่า (Ratting Scale) ด้วยการให้คะแนน 5 ระดับ โดย 5 คือพึงพอใจมากที่สุด 4 คือพึงพอใจมาก 3 คือพึงพอใจปานกลาง 2 คือพึงพอใจน้อย 1 คือไม่พึงพอใจ (บุญใจ, 2555 : 90)

4. กำหนดวิธีวัดความพึงพอใจ ในขั้นนี้ก็คือขั้นของการทำวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) ที่ต้องการกำหนดวิธีการสุ่มตัวอย่างในเชิงสถิติเพื่อการกำหนดขนาดของตัวอย่างที่ใช้ในการวัดว่าควรมีจำนวนเท่าไรโดยอาศัยเทคนิคการวิจัยเป็นตัวกำหนดวิธีการวัด

สรุปได้ว่า ความพึงพอใจเป็นความรู้สึกที่พอใจที่มีต่อบุคคลหรือสิ่งจูงใจในด้านต่างๆ เมื่อได้รับการตอบสนองตามความต้องการของตนหรือความต้องการที่บุคคลหรือสิ่งจูงใจคาดหวัง การวัดความพึงพอใจเป็นการเปรียบเทียบได้กับความเข้าใจทั่วๆ ไป ซึ่งปกติจะวัดได้โดยการสอบถามจากบุคคลที่ต้องการจะถามมีเครื่องมือที่ต้องการจะใช้ในการวัดหลายๆ อย่าง มีการกำหนดวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน กำหนดปัจจัยที่จะใช้วัดความพึงพอใจ กำหนดกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการวัด กำหนดวิธีการวัดความพึงพอใจ รวมทั้งกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการวัด ปกติแล้วจะใช้ Likert Scale ด้วยการให้คะแนนความพึงพอใจในแต่ละระดับ จากระดับ 1 ถึงระดับ 5 เป็นความพึงพอใจมากที่สุด ระดับ 5 เป็นความพึงพอใจมาก ระดับ 3 เป็นความพึงพอใจปานกลาง ระดับ 2 เป็นความพึงพอใจน้อย และระดับ 1 เป็นความพึงพอใจน้อยที่สุด

2.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับเทคโนโลยีซีเอ็นซี

จักรินทร์ (2557) ได้กล่าวถึง ทฤษฎีเกี่ยวกับเทคโนโลยีซีเอ็นซี ไว้ดังนี้

2.6.1 หลักการทำงานของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

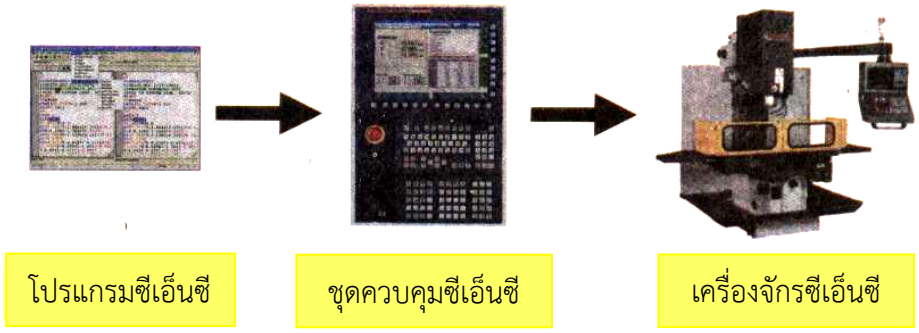
หลักการทำงานของเครื่องจักรกลซีเอ็นซีไว้ว่าเครื่องจักรกลซีเอ็นซี (CNC : Computer Numerical Control) คือ เครื่องจักรกลการผลิตที่มีคอมพิวเตอร์หรือไมโครโปรเซสเซอร์สำหรับควบคุมการทำงาน โดยมี

อักษร C ย่อมาจาก Computer หมายถึง คอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งบนเครื่องจักร

อักษร N ย่อมาจาก Numerical หมายถึง ตัวเลข หรือสัญลักษณ์ หรือโค้ด เช่น A, B, C, 1, 2, 3

อักษร C ย่อมาจาก Control หมายถึง การควบคุมโดยกำหนดค่า หรือตำแหน่งจริงที่ต้องการ เพื่อให้เครื่องจักรทำงานได้ค่าตามที่กำหนด

การทำงานของเครื่องจักรกลซีเอ็นซีจะคล้ายกับเครื่องจักรกลทั่วไป เพียงแต่ในเครื่องจักรกลซีเอ็นซีมีระบบควบคุม ที่ทำงานในขั้นตอนต่าง ๆ แทนผู้ปฏิบัติงาน โดยผู้ปฏิบัติงานจะต้องป้อนคำสั่งที่สร้างขึ้นหรือเรียกว่า โปรแกรมเอ็นซี (Program NC) ให้ชุดควบคุมเครื่อง (Controller) เพื่อสั่งให้เครื่องจักรซีเอ็นซีทำงานตามขั้นตอนต่าง ๆ ต่อไป ดังภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 แสดงหลักการทำงานของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

2.6.2 ประเภทของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

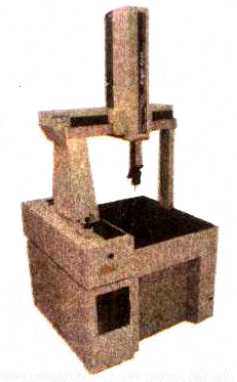
ในปัจจุบันเทคโนโลยีซีเอ็นซีถูกนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตหลายชนิดซึ่งสามารถจำแนกได้ 5 ประเภทดังนี้

2.6.2.1 งานตัดเฉือนผิวโลหะ

งานตัดเฉือนผิวโลหะ (Metal Cutting) เป็นประเภทที่นำระบบซีเอ็นซีมาใช้งานมากที่สุดประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย เครื่องกลึงซีเอ็นซี 27 เปอร์เซ็นต์ เครื่องกัดซีเอ็นซี 13 เปอร์เซ็นต์

2.6.2.2 งานประยุกต์ใช้สำหรับงานพิเศษหรืองานเฉพาะอย่าง

งานประยุกต์ใช้สำหรับงานพิเศษหรืองานเฉพาะอย่าง (Special Purpose Application) เป็นการนำซีเอ็นซีมาใช้กับงานที่มีลักษณะพิเศษเฉพาะอย่าง เช่น เครื่องวัดจุดโคออร์ดิเนต (Coordinate Measuring Machine) งานประกอบชิ้นส่วน (Assembly) และงานขนถ่ายวัสดุ (Material Handling) ดังภาพที่ 2-2 เครื่องวัดจุดโคออร์ดิเนตควบคุมด้วยระบบซีเอ็นซี



ภาพที่ 2-2 แสดงเครื่องวัดจุดโคออร์ดิเนตที่ควบคุมด้วยระบบซีเอ็นซี

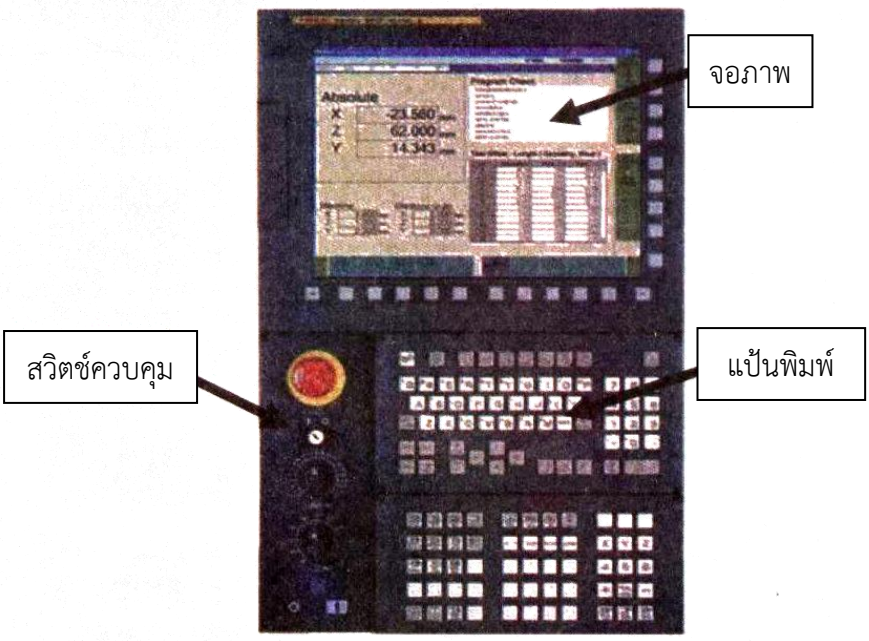
2.6.3 โครสร้างของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

เครื่องจักรกลซีเอ็นซีมีส่วนประกอบ 3 ส่วนหลัก ได้แก่

2.6.3.1 ชุดควบคุม

ชุดควบคุม (Controller) ของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี เป็นระบบคอมพิวเตอร์ที่สามารถจัดเก็บโปรแกรม และแก้ไขดัดแปลงโปรแกรมได้ คอมพิวเตอร์จะเข้าใจโปรแกรมที่ป้อนและทำการควบคุมเครื่องจักรให้ทำงานตามคำสั่งในโปรแกรมดังกล่าว ดังภาพที่ 2-3

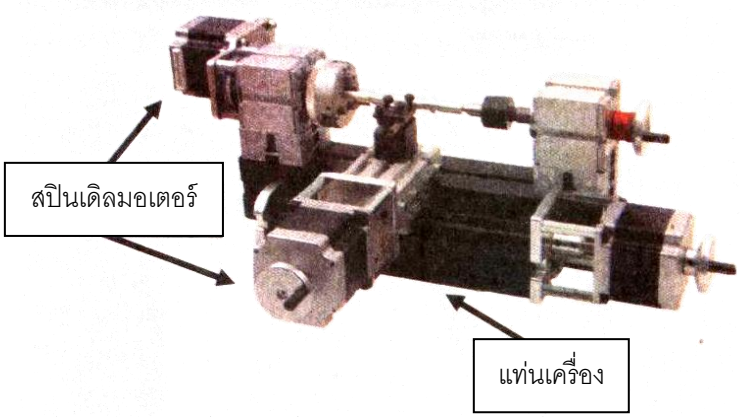
ชุดควบคุมประกอบด้วยแผงควบคุม (Control Panel) จอภาพ (Monitor) แป้นพิมพ์ (Keypad) และปุ่มสวิตซ์ควบคุมต่าง ๆ เช่น ความเร็วรอบของสปินเดิล อัตราป้อน (Feed) เป็นต้น



ภาพที่ 2-3 แสดงชุดควบคุม (Controller)

2.6.3.2 กลไกการเคลื่อนที่

กลไกการเคลื่อนที่ (Drive Mechanisms) ได้แก่ มอเตอร์ ซึ่งเป็นเซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) ควบคุมการเคลื่อนที่ของแกนต่าง ๆ โดยใช้บอลสกรู (Ball Screws) แปลงการเคลื่อนที่เชิงมุม (Angular Motion) เป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้น (Linear Motion) โดยมีตำแหน่งหรือระยะทางการเคลื่อนที่และความเร็วถูกควบคุมโดยรับสัญญาณจากชุดควบคุม (Controller) นอกจากนี้ยังมีรางนำทาง (Guide Way) รองรับการเคลื่อนที่ของแกนต่าง ๆ ดังภาพที่ 2-4



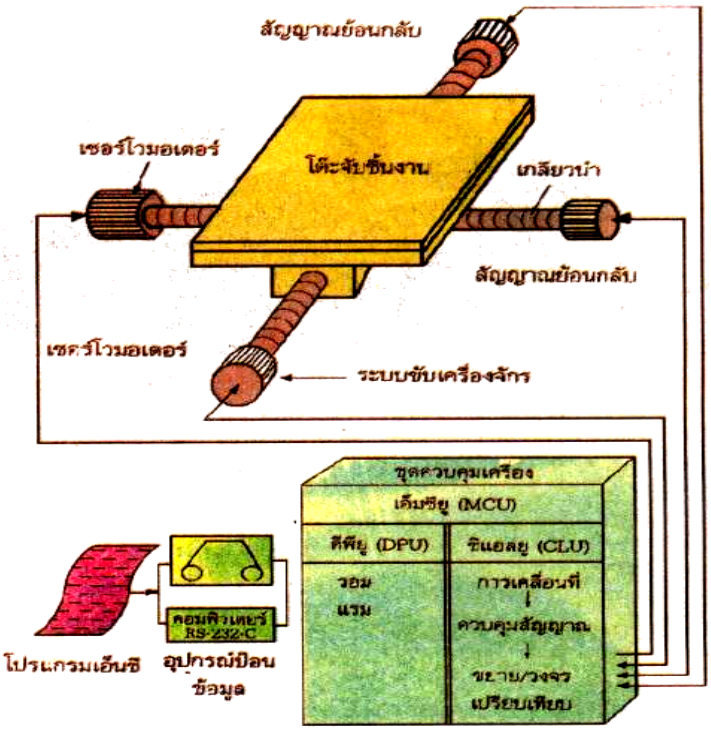
ภาพที่ 2-4 แสดงตัวเครื่องจักร (Machine Body)

(ที่มา : http://www.unimateducation.com)

2.6.4 องค์ประกอบระบบควบคุมของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

ระบบควบคุมเครื่องจักรกลซีเอ็นซี คือการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรด้วยคำสั่งเชิงตัวเลขและตัวอักษรด้วยคอมพิวเตอร์ โดยคอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมเครื่องจักรเก็บข้อมูลหรือช่วยในการป้อนข้อมูลเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขโปรแกรม

ในปัจจุบันเครื่องจักรที่ควบคุมด้วยระบบซีเอ็นซีนี้ สามารถป้อนข้อมูลทางมือได้ ทำให้สามารถเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขโปรแกรมหรือต้องการแทรกข้อมูลได้สะดวก หรือถ้าต้องการแทรกข้อมูล การให้ขนาดใหม่ การเปลี่ยนความเร็วรอบ การเปลี่ยนความเร็วตัดและอัตราป้อน สามารถทำได้ง่าย ระบบซีเอ็นซีมีส่วนประกอบที่สำคัญ 5 ส่วน ดังภาพที่ 2-5



ภาพที่ 2-5 แสดงองค์ประกอบของระบบซีเอ็นซี

จากภาพที่ 2-5 องค์ประกอบของระบบซีเอ็นซีมีดังนี้

2.6.4.1 ส่วนที่เป็นโปรแกรมสั่งงาน (Part Program)

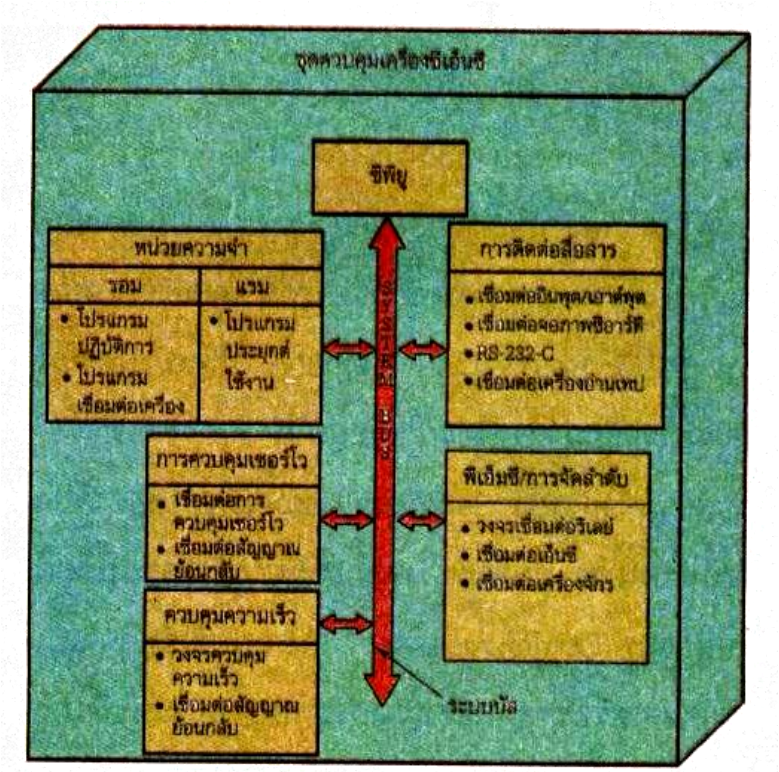
โปรแกรมสั่งงานในระบบซีเอ็นซีจะมีลักษณะเป็นแถว โดยในแต่ละแถวจะมีรหัสคำสั่ง (NC Code) ที่เขียนไว้ในรูปของตัวเลข ตัวอักษร และสัญลักษณ์ ซึ่งรหัสคำสั่งในแต่ละแถวนี้จะแทนตำแหน่งการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดบนเครื่องจักรกลซีเอ็นซี เพื่อใช้สำหรับการขึ้นรูปชิ้นส่วน ตัวอย่างของโปรแกรมสั่งงาน เช่น N10, G00, X100, Y100, Z10, M04, S1500 เป็นต้น

2.6.4.2 ส่วนที่ใช้ป้อนข้อมูลของโปรแกรม (Program Input Device)

การป้อนข้อมูลของโปรแกรมในเครื่องจักรซีเอ็นซีที่เป็นแบบซอฟต์ไวร์ (Solf Wire) นั้น จะใช้วิธีการป้อนเข้าไปเก็บไว้ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ที่ชุดควบคุมเครื่องด้วยสายส่งสัญญาณ (Interface Bus) เช่น RS-232-C โดยไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องอ่านเทปแปลรหัสคำสั่งเหมือนกับเครื่องในระบบเอ็นซี

2.6.4.3 ส่วนหน่วยควบคุมการทำงาน (Controller or Machine Control Unit : MCU)

หน่วยควบคุมการทำงานเป็นส่วนที่สำคัญของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี มีส่วนประกอบดังภาพที่ 2-6



ภาพที่ 2-6 แสดงไดอะแกรมทำงานของหน่วยควบคุมเครื่องซีเอ็นซี

จากภาพที่ 2-6 ไดอะแกรมทำงานของหน่วยควบคุมเครื่องซีเอ็นซี ประกอบด้วย

1. หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมด ซีพียูประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ คือ

(1) ส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุม (Control Section) มีหน้าที่ติดต่อกับหน่วยรับข้อมูลเข้าเพื่อนำมาควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ทั้งหมดในคอมพิวเตอร์ และนำเข้าข้อมูลจากหน่วยความจำมาแปลรหัส หรือแปลคำสั่งเพื่อส่งสัญญาณข้อมูลของระบบควบคุมที่แปลรหัสเสร็จออกไปยังหน่วยส่งข้อมูลออก

(2) ส่วนจัดการทางตรรกศาสตร์ (Arithmetic Logic Section) มีหน้าที่คำนวณข้อมูลที่เกี่ยวกับตรรกะหรือคณิตศาสตร์ เช่น การบวก และการลบ เป็นต้น

(3) ส่วนที่เป็นหน่วยความจำชั่วคราว มีหน้าที่นำข้อมูลจากหน่วยรับข้อมูลมาเรียงลำดับไว้เพื่อส่งไปยังหน่วยอื่น เช่น หน่วยจัดการทางตรรกศาสตร์ ทั้งนี้เพื่อให้หน่วยอื่น ๆ ทำงานอยู่ตลอดเวลา ไม่เกิดภาวะรอข้อมูล

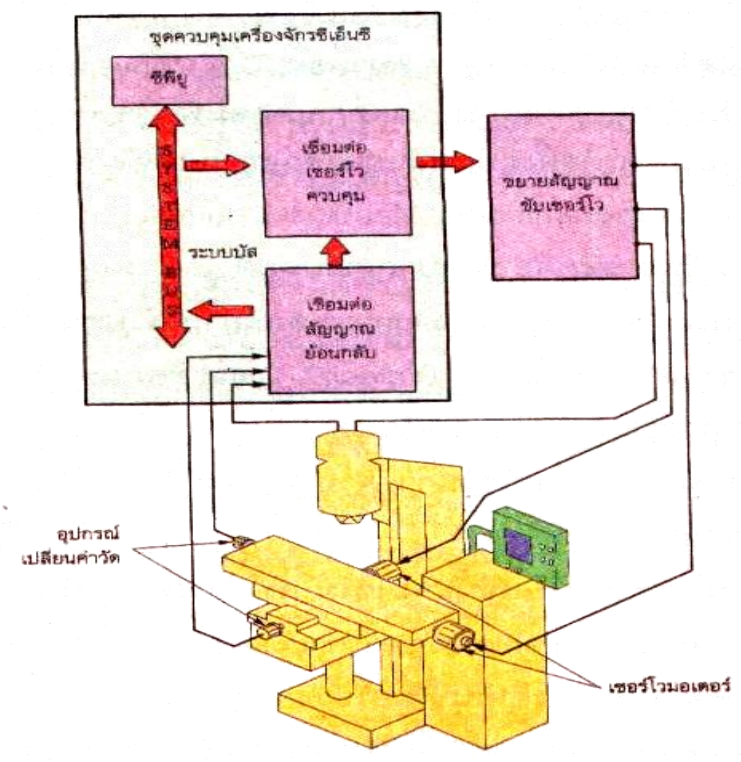
2. หน่วยความจำ (Memory) เนื่องจากหน่วยความจำของหน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียูของคอมพิวเตอร์มีจำกัด ดังนั้น จำเป็นจะต้องหาหน่วยความจำที่มีขนาดใหญ่สำหรับเก็บข้อมูลของโปรแกรม หน่วยความจำของคอมพิวเตอร์แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

(1) หน่วยความจำหลัก (Primary Memory) ได้แก่ หน่วยความจำประเภทแรม (RAM : Random Access Memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่สามารถอ่านและเขียนหรือลบข้อมูลได้ตลอดเวลา และหน่วยความจำประเภทรอม (ROM: Ready Only Memory) เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลอย่างถาวรและอ่านได้อย่างเดียว ไม่สามารถเขียน ลบหรือแก้ไขข้อมูลได้

(2) หน่วยความจำสำรอง (Secondary Memory) โดยทั่วไปแล้วหน่วยความจำประเภทนี้จะใช้เป็นหน่วยเก็บข้อมูลของโปรแกรม ยกตัวอย่างเช่น ฮาร์ดดิสก์ ฟลอปปี้ดิสก์ เทปแม่เหล็ก เป็นต้น

3. การติดต่อสื่อสาร (Communication) ในระบบซีเอ็นซีจำเป็นต้องมีการติดต่อสื่อสารกันระหว่างหน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู และส่วนประกอบของระบบอื่น ๆ ซึ่งอยู่ภายนอกของเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยทั่วไปแล้วในระบบซีเอ็นซีจะมีการติดต่อสื่อสารโดยผ่านระบบบัส ในส่วนของการรับข้อมูลนั้น ช่างควบคุมเครื่องจะติดต่อสื่อสารเพื่อควบคุมระบบซีเอ็นซีผ่านทางจอภาพ และแผงควบคุมการทำงานของเครื่อง หรือใช้วิธีการส่งข้อมูลทางเทปกระดาษ เทปแม่เหล็ก แผ่นดิสก์ เป็นต้น

4. การควบคุมการขับเคลื่อน (Servo Drive Control) การควบคุมเครื่องจักรในระบบซีเอ็นซีนั้น จำเป็นต้องอาศัยระบบการแปลงและควบคุมสัญญาณพัลส์ที่ถูกส่งมาจากระบบซีเอ็นซีไปเป็นสัญญาณสำหรับควบคุมการขับเคลื่อนของมอเตอร์ โดยการควบคุมการขับเซอร์โวจะมีระบบย่อยอยู่ 2 ระบบ คือ ระบบควบคุมการเชื่อมต่อเซอร์โว (Servo Control Interface) และระบบเชื่อมต่อสัญญาณย้อนกลับ (Feedback Interface) ดังภาพที่ 2-7



ภาพที่ 2-7 แสดงการควบคุมการขับเซอร์โว

จากภาพที่ 2-7 ระบบควบคุมการเชื่อมต่อเซอร์โวจะเป็นส่วนที่ใช้ควบคุมตำแหน่งและความเร็วในการขับเคลื่อนมอเตอร์ แต่เนื่องจากสัญญาณควบคุมที่ส่งมาจากระบบซีเอ็นซีและระบบควบคุมการเชื่อมต่อเซอร์โวมีกำลังต่ำ ดังนั้นก่อนที่จะส่งสัญญาณควบคุมไปยังมอเตอร์จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการขยายคลื่นสัญญาณโดยใช้ชุดขยายสัญญาณขับเซอร์โว (Servo Drive Amplifier) โดยที่ชุดขยายสัญญาณขับเซอร์โวจะไม่เป็นส่วนประกอบของชุดควบคุมระบบซีเอ็นซี แต่จะเป็นชุดประกอบของระบบควบคุมการขับมอเตอร์ ส่วนระบบเชื่อมต่อสัญญาณย้อนกลับ (Feedback Interface) จะมีอุปกรณ์เปลี่ยนค่าวัด (Encode or Resolver) ซึ่งมีหน้าที่บันทึกตำแหน่งการเคลื่อนที่เพื่อส่งข้อมูลกลับไปยังหน่วยประมวลผลกลางและวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของชุดควบคุมเซอร์โว ซึ่งระบบควบคุมก็จะใช้สัญญาณนี้ไปคำนวณหาระยะทางในการเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อนต่อไป

5. การควบคุมความเร็วรอบของเพลาจับยึดเครื่องมือตัด (Spindle Speed Control) ส่วนมากจะควบคุมด้วยคำสั่ง S ในโปรแกรมซีเอ็นซี แต่ในระบบควบคุมการขับเซอร์โวที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นจำเป็นต้องอาศัยระบบควบคุมความเร็วรอบของเพลาขับเคลื่อน เช่น การควบคุมความเร็วรอบของเพลาขับในระบบเชื่อมต่อสัญญาณย้อนกลับ เป็นต้น บางครั้งในระบบซีเอ็นซีจำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์แปลงสัญญาณจากสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก (D/A Converter) ทั้งนี้เนื่องจากสัญญาณที่ใช้ควบคุมการหมุนของมอเตอร์เป็นสัญญาณแบบอนาลอก แต่คอมพิวเตอร์ของระบบซีเอ็นซีจะส่งสัญญาณแบบดิจิตอล ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์แปลงสัญญาณเพื่อให้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้

6. พีเอ็มซี (PMC: Programmable Machine Controller) การควบคุมสัญญาณที่ส่งไปเพื่อควบคุมระบบซีเอ็นซีแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ สัญญาณควบคุมตัวเลข (Numerical Control Signals) และสัญญาณควบคุมลำดับ (Sequence Control Signals) สัญญาณควบคุม

ตัวเลขจะใช้ควบคุมข้อมูลของตำแหน่ง (Position Data) ข้อมูลของความเร็ว (Velocity Data) ข้อมูลของการวางตำแหน่งเครื่องมือตัด (Tool Offset) ข้อมูลเกี่ยวกับการชดเชยรัศมีของเครื่องมือตัด (Compensation Data) และข้อมูลของค่าตัวแปรอื่น ๆ ส่วนสัญญาณควบคุมลำดับนี้จะใช้ในการควบคุมลำดับขั้นการทำงานของเครื่องจักร โดยจะมีหน่วยอินพุต/เอาต์พุตที่ส่งสัญญาณแบบดิจิตอล

ส่วนการควบคุมในระบบซีเอ็นซีนั้นจะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ของคอมพิวเตอร์ร่วมกับหน่วยประมวลผลของพีแอลซี (PLC : Programmable Logic Controller) ซึ่งพีแอลซีหรือพีซี (PC : Programmable Control) เป็นระบบการควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซีโดยใช้วิธีการเขียนโปรแกรมในลักษณะเช่นเดียวกันกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และพีแอลซีที่ใช้ควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซีเรียกว่า “พีเอ็มซี (PMC: Programmable Machine Controller)” ซึ่งจะทำหน้าที่เชื่อมต่อกับระบบควบคุมต่อไปนี้คือ

(1) การเปลี่ยนเครื่องมือโดยอัตโนมัติ (Automatic Tool Change)
(2) ควบคุมระบบน้ำหล่อเย็น (Coolant Control)
(3) เชื่อมต่อลิมิตสวิตซ์ (Limit Switch Interface)
(4) ควบคุมระบบจับยึดชิ้นงาน (Clamping System Control)
(5) เชื่อมต่ออินพุต/เอาต์พุตโปรแกรมเอ็นซี (NC I/O Interface)
(6) การหยุดฉุกเฉิน (Emergency Stop)
(7) เชื่อมต่ออินพุต/เอาต์พุตกับเครื่องจักร (Machine I/O Interface)
(8) อื่น ๆ

2.6.4.4 ส่วนระบบการขับเคลื่อน (Drive System)

การควบคุมการขับเคลื่อนในระบบซีเอ็นซี แบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ ใช้มอเตอร์แบบเป็นขั้น (Stepping Motor) ใช้มอเตอร์กระแสตรง (DC Servo Motor) ใช้มอเตอร์กระแสสลับ (AC Servo Motor) และระบบไฮดรอลิก (Hydraulic Servo Drive)

2.6.4.5 ส่วนวัดระยะและส่งสัญญาณกลับ (Feedback System)

เครื่องจักรกลที่ถูกออกแบบมาเพื่อควบคุมด้วยระบบซีเอ็นซีจะมีลักษณะควบคุม 2 ลักษณะ คือ แบบวงจรรอบเปิด และแบบวงจรรอบปิด หรือการผสมผสานระหว่างวงจรรอบเปิดและแบบวงจรรอบปิด โดยเครื่องจักรที่ตำแหน่งที่โปรแกรมไว้จะมีสัญญาณจับเพื่อควบคุมให้โต๊ะจับชิ้นงานหรือเครื่องมือตัดหยุด

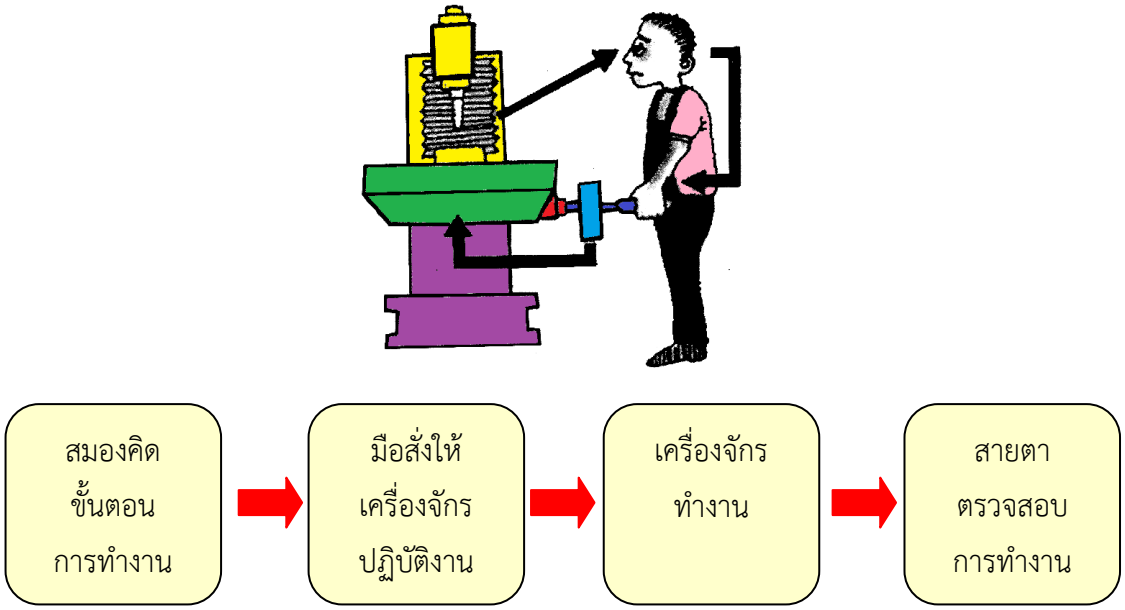
นอกจากส่วนประกอบพื้นฐานดังกล่าวแล้ว ในปัจจุบันเครื่องจักรซีเอ็นซีมีการเพิ่มอุปกรณ์อำนวยความสะดวกสำหรับผู้ปฏิบัติงานอีกมากมาย เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตให้มากขึ้น การควบคุมแบบวงจรรอบเปิดจะมีสัญญาณส่งไปยังมอเตอร์ ทำให้โต๊ะงานเคลื่อนที่ไปตามที่โปรแกรมไว้ ซึ่งการควบคุมด้วยระบบนี้จะไม่มีระบบตรวจสอบสัญญาณย้อนกลับ ทำให้ไม่สามารถตรวจสอบได้ว่าสัญญาณที่ส่งมานั้นได้ทำหรือยัง หรือมีข้อผิดพลาดอย่างไร ส่วนการควบคุมแบบวงจรรอบปิดจะมีระบบตรวจสอบสัญญาณย้อนกลับเมื่อโต๊ะงานหรือเครื่องมือตัดเคลื่อนที่ถึง

2.6.5. ระบบควบคุมอัตโนมัติและโครงสร้างการควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี

ดำรงค์ (2556) ได้กล่าวถึง ระบบควบคุมอัตโนมัติและโครงสร้างการควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี ไว้ดังนี้

2.6.5.1 ระบบควบคุมที่ใช้งานเครื่องจักรต่างๆ มีอยู่ 2 ระบบ คือ

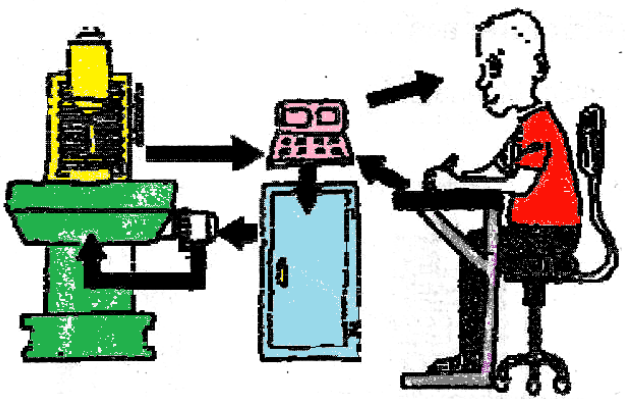
1. ระบบควบคุมแบบ Manual มีวัฏจักรในการทำงานดังภาพที่ 2-8



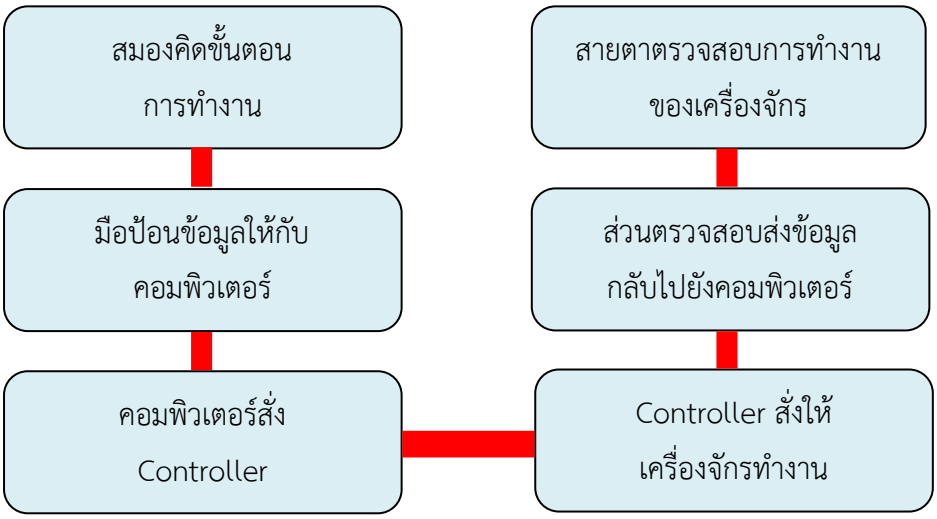
ภาพที่ 2-8 แสดงการปฏิบัติงานกับเครื่องจักร Manual

ระบบนี้ผู้ควบคุมและเครื่องจักรถ่ายทอดคำสั่งโดยตรง ดังนั้นหากเกิดข้อผิดพลาดในการทำงาน ผู้ควบคุมสามารถแก้ไขหรือหยุดการทำงานเพื่อตรวจสอบได้ทันทีทันใด แต่ในขณะที่เครื่องจักรกำลังทำงาน ผู้ควบคุมไม่สามารถตรวจสอบการทำงานได้อย่างละเอียด เช่น ไม่สามารถวัดขนาดชิ้นงานได้ เนื่องจากเป็นการตรวจสอบด้วยประสาทสัมผัสทั้ง 5 ของมนุษย์ เป็นต้น

2. ระบบควบคุมแบบ Automatic มีวัฏจักรในการทำงานดังภาพที่ 2-9



ภาพที่ 2-9 แสดงการปฏิบัติงานแบบ Automatic



ภาพที่ 2-10 แสดงรูปแบบการปฏิบัติงานกับเครื่องจักร Automatic

ระบบการควบคุมอัตโนมัติ ถ้าดูจากรูปการปฏิบัติงาน จะเห็นว่าผู้ควบคุมทำหน้าที่ในส่วนการคิดขั้นตอนการทำงาน ป้อนข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์และตรวจสอบการทำงานของเครื่องจักรเท่านั้น ส่วนการสั่งงานเป็นหน้าที่ของระบบควบคุม ที่ประกอบด้วยชุดควบคุมและคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่ถ่ายทอดสัญญาณข้อมูลให้กับเครื่องจักร ดังนั้นการทำงานที่เกิดขึ้นมีการผิดพลาด ระบบจะไม่สามารถหยุดเองได้ถ้าคำสั่งที่ถูกถ่ายทอดไปให้กับระบบนั้นผิดพลาดเอง เช่น สั่งงานผิด กำหนดขั้นตอนผิด ฯลฯ หากผู้ควบคุมระบบไม่มีความรอบคอบให้ถี่ถ้วนในการปฏิบัติงาน หรือขาดความชำนาญในการวางแผน กระบวนการผลิตของเครื่องจักรนั้น ๆ อย่างเพียงพอ ก็จะเกิดความเสียหายกับเครื่องมือเครื่องจักรและผู้ปฏิบัติงานได้

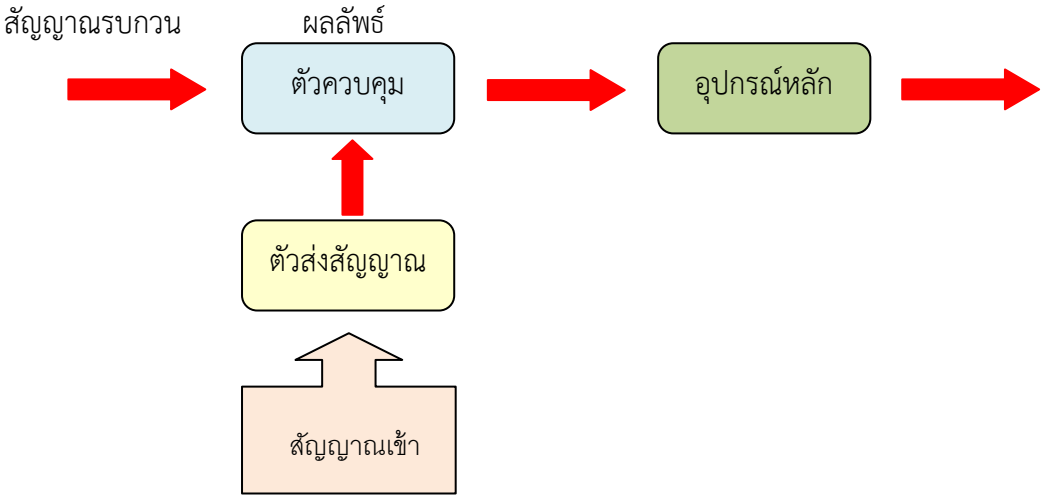
จากระบบการทำงานทั้ง 2 แบบจะเห็นว่า ผู้ทำหน้าที่ควบคุมเครื่องจักรมีหน้าที่แตกต่างกัน ทำให้ต้องมีการทบทวนหน้าที่ของผู้ปฏิบัติงานกับเครื่องจักรให้ดี จะได้ไม่เกิดข้อผิดพลาดในการปฏิบัติงาน อันจะนำมาซึ่งความเสียหายแก่เครื่องมือเครื่องจักรและตัวผู้ปฏิบัติงานเอง

ชนิดของระบบควบคุมอัตโนมัติ มีลักษณะการทำงานอยู่ 2 รูปแบบ

(1) ระบบควบคุมแบบ Open Loop ควบคุมอัตโนมัติแบบ Open Loop มีส่วนประกอบของระบบดังนี้

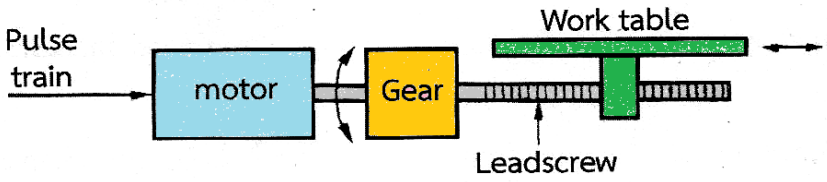
- ตัวส่งสัญญาณทำหน้าที่รับสัญญาณจากนอกระบบเข้าสู่ระบบเพื่อทำการจัดเก็บข้อมูลและส่งสัญญาณต่อไปให้กับตัวควบคุม
- ตัวควบคุมทำหน้าที่ รับสัญญาณจากตัวส่งสัญญาณเพื่อดำเนินการสั่งงานให้อุปกรณ์หลักทำงาน
- อุปกรณ์หลัก ทำหน้าที่ สร้างงานให้เกิดขึ้นหรือเป็นส่วนที่ทำให้เกิดผลลัพธ์ของระบบ

วัฏจักรการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติแบบ Open Loop



ภาพที่ 2-11 แสดงโครงสร้างระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ Open Loop

จากรูปแบบของระบบจะเห็นว่าสัญญาณที่ส่งเข้าระบบกับผลลัพธ์ ไม่มีความสัมพันธ์กัน ดังนั้น หากกระบวนการผิดพลาดหรือมีสัญญาณรบกวนจากนอกระบบเข้าสู่ระบบอาจทำให้ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นไม่เป็นไปตามเป้าหมายของผู้ควบคุมระบบได้ เช่น ผู้ควบคุมระบบต้องการให้เกิดการเคลื่อนที่ไปทางซ้ายมือ เป็น ระยะทาง เท่ากับ 10 มม. เป็นต้น หลังจากป้อนข้อมูลเข้าสู่ระบบแล้ว ระบบก็สั่งให้เครื่องจักรเคลื่อนที่ตามที่ผู้ควบคุมได้โปรแกรมให้กับระบบ ส่วนควบคุมก็ทำหน้าที่คำนวณจำนวนรอบของการหมุนของเกลียวที่จะขับเครื่องจักรให้เคลื่อนที่ไปทางซ้าย เมื่อได้จำนวนรอบแล้วก็สั่งให้เครื่องจักรเคลื่อนที่ เครื่องจักรก็เคลื่อนที่ไปตามที่สัญญาณถูกส่งมาให้ แต่ในทางปฏิบัติ มีหลายสาเหตุที่จะทำให้เครื่องจักรเคลื่อนที่ไม่ได้ตามระยะทางที่กำหนด เช่นระบบสัญญาณค่าความฝืด การสึกหรอของชิ้นส่วนเครื่องจักร สิ่งเหล่านี้คือสัญญาณที่เข้ารบกวนระบบทำให้ระบบเกิดข้อผิดพลาดได้ทั้งนั้น



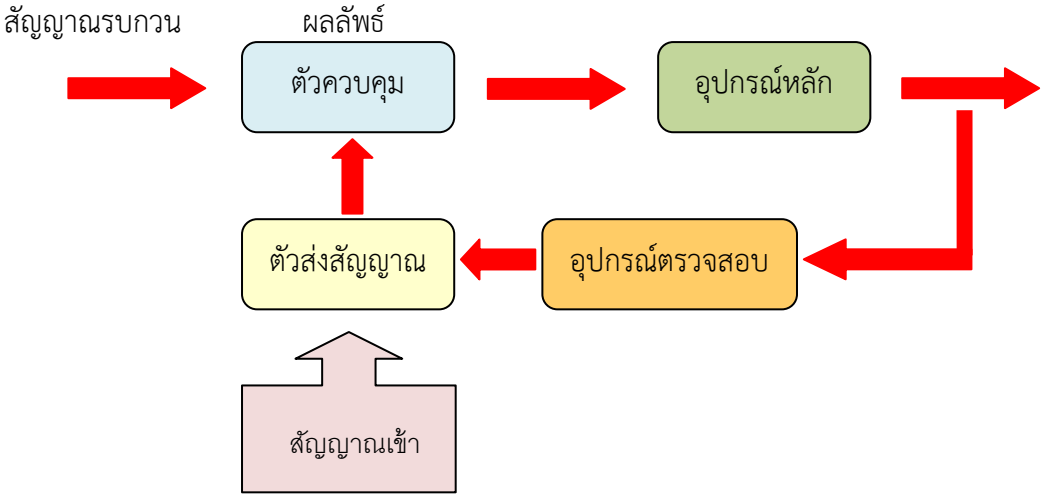
ภาพที่ 2-12 แสดงตัวอย่างระบบควบคุมอัตโนมัติแบบ Open Loop

จากการพบข้อผิดพลาดของระบบดังกล่าว จึงมีผู้คิดค้นระบบที่สมบูรณ์มากกว่ามาใช้งานเพื่อแก้ไขปัญหาเครื่องสัญญาณรบกวน

(2) ระบบควบคุมแบบ Close Loop ระบบควบคุมอัตโนมัติแบบ Close Loop คือระบบที่ถูกคิดค้นขึ้นมาเพื่อแก้ไขปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวน มีส่วนประกอบของระบบ ดังนี้คือ

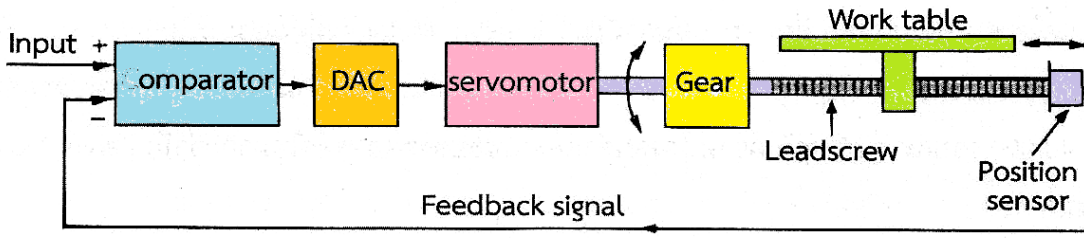
- ตัวส่งสัญญาณ ทำหน้าที่รับสัญญาณจากนอกระบบเข้าสู่ระบบเพื่อทำการจัดเก็บข้อมูลและส่งสัญญาณต่อไปให้กับตัวควบคุม
- ตัวควบคุมทำหน้าที่รับสัญญาณจากตัวส่งสัญญาณเพื่อดำเนินการสั่งงานให้อุปกรณ์หลักทำงาน
- อุปกรณ์หลัก ทำหน้าที่สร้างงานให้เกิดขึ้นหรือเป็นส่วนที่ทำให้เกิดผลลัพธ์ของระบบ
- อุปกรณ์ตรวจสอบ ทำหน้าที่ตรวจสอบผลการปฏิบัติงานหรือผลลัพธ์ที่เกิดจากการปฏิบัติงานของอุปกรณ์หลัก แล้วส่งกลับไปยังส่วนควบคุมเพื่อทำการเปรียบเทียบค่าและทำการปรับชดเชยค่าหรือสัญญาณให้ได้ผลลัพธ์เท่ากับสัญญาณที่ถูกส่งเข้าสู่ระบบ

วัฏจักรการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติแบบ Close Loop



ภาพที่ 2-13 แสดงโครงสร้างระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ Close Loop

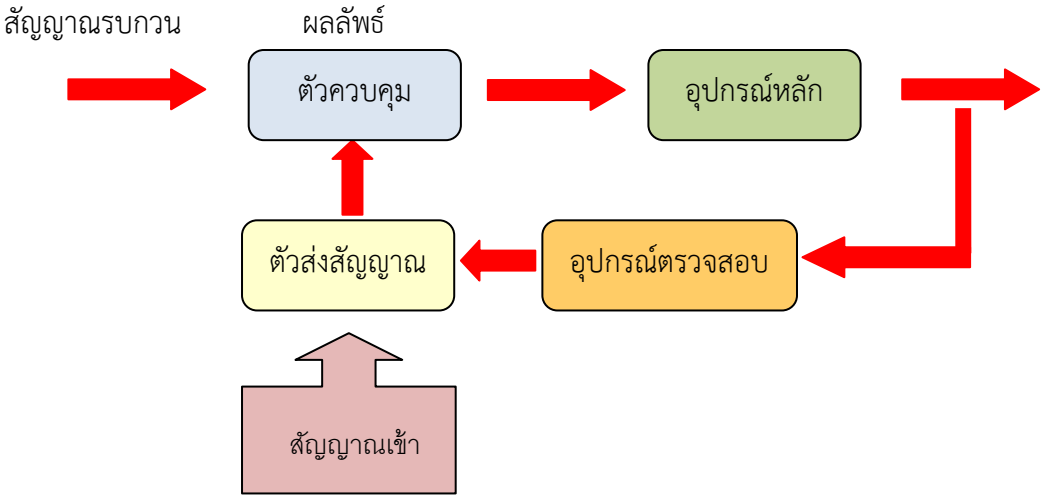
จากรูปแบบของระบบจะเห็นว่าสัญญาณที่ส่งเข้าระบบกับผลลัพธ์มีความสัมพันธ์กัน ดังนั้นหากกระบวนการผิดพลาดหรือมีสัญญาณรบกวนจากนอกระบบเข้าสู่ระบบอาจทำให้ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นไม่เป็นไปตามเป้าหมายของผู้ควบคุมระบบ ผู้ควบคุมระบบต้องการให้เกิดการเคลื่อนที่ไปทางซ้ายเป็นระยะทางเท่ากับ 10 มม. หลังจากป้อนข้อมูลเข้าสู่ระบบแล้ว ระบบก็สั่งให้เครื่องจักรเคลื่อนที่ตามที่ผู้ควบคุมได้โปรแกรมให้กับระบบ ส่วนควบคุมก็ทำหน้าที่คำนวณจำนวนรอบของการหมุนเกลียวที่จะขับเครื่องจักรได้เคลื่อนที่ไปทางซ้าย เมื่อได้จำนวนรอบแล้วก็สั่งให้เครื่องจักรเคลื่อนที่ เครื่องจักรก็เคลื่อนที่ไปตามที่สัญญาณถูกส่งมาให้ เมื่อเครื่องจักรเคลื่อนที่อุปกรณ์ตรวจสอบก็จะทำหน้าที่วัดระยะและทิศทางการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรไปพร้อมๆ กับการเคลื่อนที่ แล้วส่งข้อมูลย้อนกลับไปให้กับส่วนควบคุมทำหน้าที่ตรวจสอบความถูกต้องของระยะทางที่เครื่องจักรได้เคลื่อนที่ไป และเมื่อส่วนควบคุมได้รับสัญญาณตรวจสอบของอุปกรณ์ตรวจสอบและประมวลผลแล้วว่ามีค่าเท่ากับ สัญญาณเข้าสู่ระบบก็สั่งให้เครื่องจักรหยุดการเคลื่อนที่ กระบวนการทำงานก็จะสมบูรณ์และถูกต้อง



ภาพที่ 2-14 แสดงตัวอย่างระบบควบคุมอัตโนมัติแบบ Close Loop

5.1.2 โครงสร้างการควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี

เครื่องจักรซีเอ็นซี เป็นเครื่องจักรที่มีระบบการควบคุมเป็นระบบอัตโนมัติ ดังนั้นจึงมีโครงสร้างการควบคุมการทำงานเหมือนกับระบบอัตโนมัติทั่วไป ที่ใช้งานในภาคอุตสาหกรรมจะเป็นระบบควบคุมอัตโนมัติ Close Loop เพราะมีการตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์หลัก ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากอุปกรณ์หลักมีความเที่ยงตรงสูง ถ้านำระบบมาเปรียบเทียบกันแล้วจะได้โครงสร้างระบบการควบคุมของเครื่องจักรซีเอ็นซี ดังภาพที่ 2-15



ภาพที่ 2-15 แสดงโครงสร้างระบบการควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี

2.6.6 การควบคุมการวัดและตรวจสอบของเครื่องจักรซีเอ็นซี

ระบบการวัดและการตรวจสอบของเครื่องจักรซีเอ็นซี มีการวัดและตรวจสอบอยู่ 2 จุดใหญ่ๆ ดังนี้

2.6.6.1 การตรวจสอบความเร็วรอบของเพลาหลัก (Spindle)

เครื่องจักรซีเอ็นซี มีความแตกต่างจากเครื่องระบบ Manual อยู่หลายอย่างด้วยกัน แต่ที่มีผลต่อการปฏิบัติงานของผู้ควบคุมอย่างหนึ่งก็คือ ระบบต้นกำลังและส่งกำลังของเพลาหลัก (Spindle) เนื่องจากเครื่องจักรซีเอ็นซี ได้เปลี่ยนระบบต้นกำลังมาใช้ Servo Motor ซึ่งมีคุณสมบัติในการสร้าง

แรงบิดได้สูงสุดที่ความเร็วรอบการใช้งานประมาณ 70-100 รอบนาที และให้ความเร็วรอบสูงสุดได้ประมาณ 30,000-40,000 รอบนาที (ปัจจุบันความเร็วรอบต่ำสุดและรอบสูงสุดอาจทำให้มากกว่านี้) Servo Motor มีอยู่ 2 ชนิดดังนี้

1. DC Servo ส่วนใหญ่จะมีการใช้งานมากในเครื่องจักรรุ่นเก่าๆ
2. Ac Servo เป็นระบบขับเคลื่อนที่ใช้มอเตอร์เอซี ซึ่งมีทั้งอินดัดชั่นมอเตอร์และซิงโครนัสมอเตอร์ ปัจจุบันเป็นที่นิยมมาก เนื่องจากเอซีมอเตอร์ต้องการดูแลบำรุงรักษาและเอซีเซอร์โวไดรว์กินกระแสน้อยกว่าดีซีเซอร์โวค่อนข้างมาก

ภาพที่ 2-16 แสดงลักษณะของเอซีเซอร์โวมอเตอร์

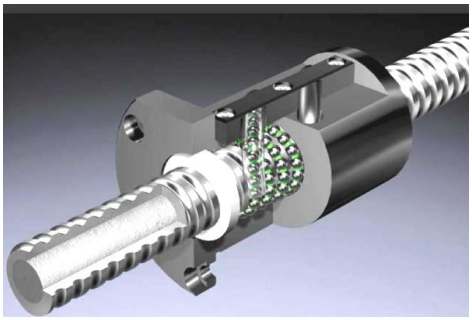
ผลของการเปลี่ยนระบบต้นกำลังขับมาใช้ Servo Motor ของเครื่องจักรซีเอ็นซี มีผลทำให้การปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของเพลาหลัก (Spindle) เครื่องจักรซีเอ็นซี ไม่ต้องผ่านระบบทดกำลังทางกล (เฟือง สายพาน) จึงไม่ต้องปิดการหมุนของเพลาหลัก (Spindle) หมายถึง การเปลี่ยนความเร็วรอบเครื่องจักรซีเอ็นซีสามารถกระทำเวลาใดก็ได้ และสามารถเปลี่ยนได้ทุกค่าความเร็วรอบ (ไม่เป็นขั้น)

ประกอบกับ Servo Motor มีระบบขับเคลื่อนเซอร์โว (Servo Drive System) เป็นตัวควบคุมการทำงาน ทำให้สามารถรับสัญญาณที่ถูกส่งกลับมาจากอุปกรณ์ป้อนกลับสัญญาณ ซึ่งอาจเป็นเอนโคดเดอร์ รีโซลเวอร์ อุปกรณ์นี้จะทำหน้าที่ตรวจนับความเร็วรอบของ Servo Motor ขณะที่ทำงานแล้วส่งสัญญาณกลับไปยัง Servo Drive System เพื่อให้ตรวจสอบความถูกต้องและปรับแก้ไขเมื่อผิดพลาด ด้วยองค์ประกอบเหล่านี้ ผู้ควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี จึงสามารถใช้ความเร็วตัดสูงสุดของเครื่องมือตัด (Cutting Tool) ในการปฏิบัติงานได้ โดยไม่ต้องกังวลในเรื่องความเสียหายของเครื่องมือตัด (Cutting Tool) อันเนื่องมาจากความเร็วรอบของเพลาหลัก (Spindle) ส่วนในด้านการทำงานที่ต้องการความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด (Cutting Tool) กับการหมุนของเพลาหลัก ก็สามารถทำได้อย่างถูกต้องและแม่นยำด้วยระบบการทำงานของอุปกรณ์ดังกล่าว

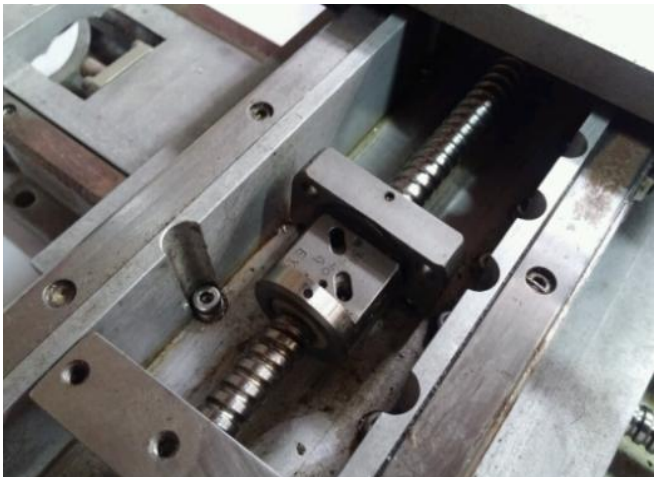
1. การวัดและการตรวจสอบการเคลื่อนที่ของแกนต่างๆ ของเครื่องจักร

การเคลื่อนที่ของเครื่องจักรซีเอ็นซี ในแนวแกนต่างๆ เกิดจากระบบควบคุมอัตโนมัติ ตามคำสั่งในโปรแกรมเอ็นซี การขับป้อนจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อน อาจพาให้ชิ้นงานเคลื่อนที่หรือด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Servo Drive System) จากภายนอก

หัวใจระบบขับป้อนของเครื่องจักรซีเอ็นซี คือ การส่งกำลังขับด้วยบอลสกรู บอลสกรูประกอบด้วยสกรูและนอตที่มีลักษณะเป็นเกลียวกลม เมื่อมอเตอร์หมุนขับสกรู นอตก็จะเคลื่อนที่ไปตลอดความยาวของสกรูทำให้แท่นเลื่อนและโต๊ะงานเคลื่อนที่ไปตามรางเลื่อน การต่อกำลังระหว่างมอเตอร์กับบอลสกรูจะมีชุดคลัตช์ความฝืดเป็นตัวเชื่อมการทำงาน



ภาพที่ 2-17 แสดงโครงสร้างของ Ball Screw

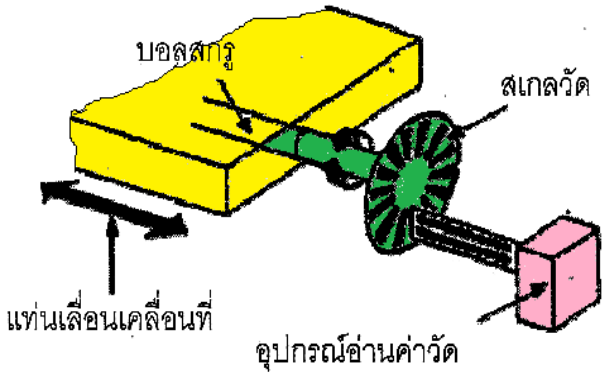


ภาพที่ 2-18 แสดงลักษณะการใช้งานและโครงสร้างของ Ball Screw

2. ระบบวัดขนาด (Measuring System)

การวัดตำแหน่งของแท่นเลื่อนหรือส่วนการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรซีเอ็นซี สามารถที่จะวัดได้ทั้งโดยตรงและโดยอ้อม

(1) การวัดตำแหน่งทางตรง วิธีนี้จะใช้สแกนวัดยึดติดกับส่วนที่เคลื่อนที่ เช่น แท่นเลื่อนหรือทำงาน ฯลฯ โดยตรง อุปกรณ์อ่านข้อมูลในการวัดโดยใช้หลักการของแสง คือ ใช้วิธียิงแสงไปที่แผ่นสะท้อนแสงหรือทะลุผ่านไปตกกระทบที่ตัวรับแสง แล้วแปลงข้อมูลนี้เป็นสัญญาณไฟฟ้าและส่งกลับไปยังระบบควบคุม อุปกรณ์ที่ใช้มีชื่อเรียกว่า บรรทัดวัดละเอียด (Linear Scale) ข้อดีของการวัดละเอียดโดยตรงก็คือ ระบบกลไกในการขับเคลื่อนเพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่จะไม่มีผลต่อความถูกต้องของการวัดตำแหน่ง แต่เนื่องจากการทำงานเหมือนไม้บรรทัด จึงต้องใช้ความยาวของบรรทัดวัดละเอียดเท่ากับหรือมากกว่าระยะทางการเคลื่อนที่ของส่วนเคลื่อนที่ที่ต้องการวัด

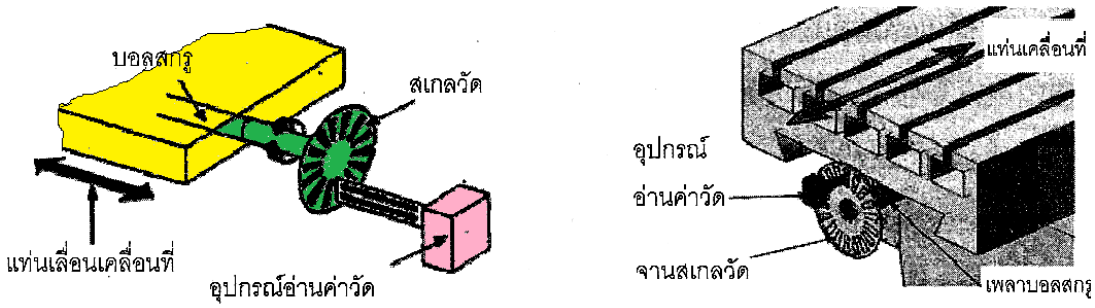


ภาพที่ 2-19 แสดงลักษณะการใช้งานและโครงสร้างของ Linear Scale

2) การวัดตำแหน่งทางอ้อมเป็นการวัดการเคลื่อนที่ของส่วนที่เคลื่อนที่ เช่น แท่นเลื่อนหรือโต๊ะงาน เป็นต้น โดยการวัดตำแหน่งจะใช้วิธีการวัดผ่านระบบการขับเคลื่อนที่อยู่ใกล้กับส่วนที่เคลื่อนที่มากที่สุดซึ่งอุปกรณ์ขับเคลื่อนที่อยู่ใกล้กับส่วนที่เคลื่อนที่มากที่สุดก็คือ บอลสกรู (Ball Screw) โดยใช้หลักการของแสงคือใช้วิธียิงแสงไปที่แผ่นสะท้อนแสงหรือช่องว่างเพื่อให้แสงสะท้อนหรือทะลุผ่าน ไปตกกระทบที่ตัวรับแสงและหาส่งต่อไปยังระบบควบคุมของเครื่อง ระบบควบคุมก็จะใช้สัญญาณที่ได้รับนี้ไปคำนวณระยะทางการเคลื่อนที่ของส่วนที่เคลื่อนที่

ข้อสังเกตของการวัดตำแหน่งทางอ้อม

- เป็นการวัดตำแหน่งที่วัดผ่านระบบการขับเคลื่อน ดังนั้นประสิทธิภาพของระบบการขับเคลื่อนจะมีผลต่อความถูกต้องของระยะทางการเคลื่อนที่ที่วัดได้
- ใช้วิธีวัดการหมุนของ (Ball Screw) ดังนั้นอุปกรณ์ที่ใช้ (Encoder) ก็คือ อุปกรณ์ที่ใช้วัดจำนวนรอบการหมุนของ (Ball Screw) นั่นเองทำให้อุปกรณ์ดังกล่าวสามารถใช้กับระยะการเคลื่อนที่เท่าไรก็ได้



ภาพที่ 2-20 แสดงลักษณะการวัดตำแหน่งแบบทางอ้อม

2.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับมินิซีเอ็นซี

2.7.1 หลักการทำงานของมินิซีเอ็นซี

CNCprog.blogspot.com ได้กล่าวถึง หลักการทำงานของมินิซีเอ็นซี ไว้ดังต่อไปนี้ Mini CNC คือ เครื่องจักร CNC ขนาดเล็ก มีหลักการทำงานเหมือนกับเครื่อง CNC ขนาดใหญ่หรือที่ใช้ทั่วโดยทั่วไปตามโรงงานอุตสาหกรรม เพียงแต่ว่า Function ต่างๆ บางส่วนที่ไม่จำเป็นอาจจะถูกตัดออกไป ด้วยเหตุผลต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องราคา , ความซับซ้อนในการออกแบบ , ความต้องการในการใช้งาน, ค่าความละเอียดและความแม่นยำ และอื่นๆ. โดยที่ส่วนประกอบหลักยังอยู่ครบ เช่น สามารถควบคุมการด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ , สามารถปรับ Speed, Feed ได้, ควบคุมการเคลื่อนที่ด้วย Step Motor ทั้งในแกน X-Y สำหรับเครื่องประเภท 2 แกน และ แกน X-Y-Z สำหรับเครื่องประเภท 3 แกน

หลักการทำงานของ Mini CNC

ภาพที่ 2-21 แสดงหลักการทำงานของ Mini CNC

ปัจจุบันเครื่อง Mini CNC ได้ถูกพัฒนาและนำมาใช้กับงานหลากหลายประเภท เช่น งานกลึง , งานกัด, งานเซาะร่อง, การตัดพลาสม่า เป็นต้น

ภาพที่ 2-22 แสดงเครื่องกลึง Mini CNC

2.7.2 ความแตกต่างระหว่าง Mini CNC กับ CNC

ตามที่ได้กล่าวในหัวข้อ Mini CNC คืออะไร เหตุผลหลักที่ทำให้ต้องมี Mini CNC น่าจะเป็นเรื่องของราคาเป็นหลัก ดังนั้นเครื่อง Mini CNC จึงมีส่วนที่แตกต่างจาก CNC ทั่วๆ ไป ดังนี้

1. ขนาด มีการย่อส่วนเครื่อง CNC ให้มีขนาดเล็กลง ทำให้มีราคาที่ต่ำลงหลายเท่าตัว

2. Function การใช้งานเสริมหลายๆ อย่างที่ถูกตัดออกไป เพื่อลดต้นทุนในการผลิต โดยที่ไม่มีผลต่อการใช้งาน

3. ความแม่นยำหรือความละเอียด เครื่อง Mini CNC แทบจะ 100% จะมีค่าความแม่นยำหรือความละเอียดในกาขึ้นรูปชิ้นงานที่ต่ำกว่าเครื่อง CNC ขนาดใหญ่ แต่ก็ไม่ใช่เหตุผลที่เราต้องมานั่งกังวล เนื่องจากว่า งานส่วนมากที่ใช้เครื่อง Mini CNC ผลิตค่าความละเอียดไม่สูงจนเกินไป

4. ราคา เครื่อง CNC ทั่วไปมีราคาตั้งแต่หลักบาทแสนขึ้นไปจนถึงหลักสิบล้านบาท ส่วน Mini CNC มีราคาตั้งแต่หลักหมื่นขึ้นไป

5. อื่นๆ เช่น Software ที่ใช้งานในการควบคุมเครื่อง Mini CNC อาจไม่ทันสมัยเท่ากับเครื่อง CNC ใหญ่ ซึ่งมีการพัฒนาปรับปรุงจากผลิตรายใหญ่ในต่างประเทศ. ส่วน Mini CNC ส่วนมากผลิตภายในประเทศ

CNC และ Mini CNC มีหลักการทำงานที่เหมือนกัน คือ ประกอบไปด้วย

1. Computer และ Software ควบคุม CNC ที่ส่วนนี้จะทำหน้าที่ควบคุมโปรแกรมการทำงาน

2. Parallel Port ส่วนนี้จะทำหน้าที่แปลงสัญญาณจาก คอมพิวเตอร์ ให้อยู่ในรูปแบบสัญญาณของเครื่องจักร

2.7.3 โครงสร้างของ Mini CNC

1. โครงสร้าง เป็นส่วนที่ต้องรองรับทั้งอุปกรณ์ที่ติดตั้ง , วางชิ้นงาน, และรับโหลดที่เกิดขึ้นขณะขึ้นรูปชิ้นงาน ดังนั้นการออกแบบโครงสร้างของเครื่อง Mini CNC ควรออกแบบที่วัสดุที่ทนต่อการรับน้ำหนักและแรงเสียดทานสูง โดยเฉพาะเครื่องจักร 3 แกน ขนาดและวัสดุ และการออกแบบจะต้องออกแบบโดยคำนึงถึงเวลาที่ใช้งานจริงให้มากที่สุด

2. ชุดส่งกำลัง ประกอบด้วยอุปกรณ์ในการส่งกำลังเช่น Ball Screw, สายพาน, Slide Bar, Feed Screw เป็นต้น วัสดุที่ใช้ต้องสามารถทนต่อการเสียดสีและแรงบิดที่สูงได้ เพราะถ้ามีการสึกหรอกจะส่งผลโดยตรงกับความแม่นยำ (Accuracy) ของชิ้นงาน

3. ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ ประกอบด้วย Step Motor, Servo Motor มีหน้าที่ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของแกนต่างๆ

4. ชุดโปรแกรมควบคุมการทำงาน ทำหน้าที่สั่งการให้เครื่อง Mini CNC เคลื่อนที่ไปในทิศทางและระยะต่างๆ ตามที่กำหนด โปรแกรมที่นิยมใช้ในปัจจุบัน เช่น March 3

จากทฤษฎีที่กล่าวไว้เกี่ยวกับหลักการของมินิซีเอ็นซี ผู้วิจัยจึงนำมาพัฒนาชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี โดยนำเครื่องกลึงธรรมดามาปรับซ่อมและติดตั้งอุปกรณ์ ได้แก่ Ball Screw, Step Motor และใช้ Computer และ Software March 3 ควบคุมการทำงานของชุดฝึก

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บรรเจิด (2557) ได้ทำการวิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึก ระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ดีเซลแบบคอมมอนเรลด้วยอิเล็กทรอนิกส์ ได้นำไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 จำนวน 28 คน โดยแบ่งผู้เรียนออกเป็นสองกลุ่ม คือกลุ่มทดลองเรียนด้วยชุดฝึกที่สร้างขึ้น และกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีการสอนตามแผนการสอน ผลปรากฏว่าชุดฝึกที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 84.58/82.79 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดฝึกที่สร้างขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนตามแผนการสอน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

บรรลือ (2547) ได้ทำวิจัยสร้างชุดฝึกปฏิบัติงานกลึงเบื้องต้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนฝึกทักษะปฏิบัติงานกลึงเบื้องต้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาความเหมาะสมชุดฝึกโดยผู้เชี่ยวชาญ ผลการวิจัยพบว่าชุดฝึกปฏิบัติงานกลึงเบื้องต้นมีความเหมาะสมในระดับดี สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนฝึกทักษะปฏิบัติงานกลึงเบื้องต้นได้

เอกสิทธิ์ (2547) ได้ทำการวิจัยสร้างชุดฝึกทักษะลับดอกสว่านและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทักษะการลับดอกสว่านระหว่างกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยชุดฝึกทักษะลับดอกสว่านที่สร้างขึ้นกับกลุ่มควบคลุมที่ฝึกทักษะลับดอกสว่านแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่าคะแนนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคลุมที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ชุมพล (2547) ได้ทำวิจัยการสร้างชุดฝึกปฏิบัติเจียระไนเพลากลมต้นแบบบนเครื่องกลึง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นสื่อในการเรียนการสอนนำไป หาคุณภาพกับผู้เชี่ยวชาญ ผลการวิจัยปรากฏว่าชุดฝึกปฏิบัติเจียระไนเพลากลมต้นแบบบนเครื่องกลึงมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนเรื่องงานเจียระไนเพลากลมได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะเพียงพอที่จะนำไปใช้ในการทำงาน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่กี่ยวข้อง สามารถนำมาเป็นแนวทางในการวิจัย ได้ดังนี้

1. ชุดฝึกที่พัฒนาขึ้น ควรสามารถใช้ฝึกปฏิบัติได้หลายหัวข้อการเรียนของผู้เรียน ใช้เป็นสื่อประกอบการ เรียนการสอนได้ทั้งทฤษฎีและปฏิบัติ และควรมีความปลอดภัย ต่อการฝึกปฏิบัติ ของผู้เรียนและความคุ้มค่าต่อการลงทุนในการพัฒนาจัดทำ

2. ชุดฝึกที่ พัฒนาขึ้น ควร ส่งเสริมให้เกิดความรู้แล ะทักษะภายในเวลาที่กำหนด และสื่อความหมายได้ตรงตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้

ดังนั้น ผู้วิจัยเห็นว่าการ พัฒนาชุดฝึกเพื่อใช้ในการเรียนการสอนสามารถที่จะนำไปแก้ปัญหาการขาดสื่อการเรียนการสอนในรายวิชา ผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี รหัสวิชา 2101-2109 หัวข้อ ผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี อีกทั้งยังใช้สำหรับเป็นแนวทางในการพัฒนาชุดฝึกต่างๆ ในรายวิชาอื่นๆ ได้อีกด้วย