บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง และหาประสิทธิภาพชุดประลองการส่งกำลังด้วยเฟือง ผู้วิจัยได้แบ่งรายละเอียดต่างๆ เพื่อศึกษางานวิจัยออกเป็น 5 หัวข้อเรื่องดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับเฟือง

2.2 ความหมายของการประลอง

2.3 การออกแบบและการสร้างชุดประลอง

2.4 การวัดและการประเมินผล

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับเฟือง (GEARS)

เฟืองเป็นชิ้นส่วนเครื่องกลที่สามารถส่งกำลังได้โดยไม่ลื่นไถล ทั้งนี้เนื่องจากใช้ซี่ฟันเป็นตัวส่งผ่านการเคลื่อนที่แบบสัมผัสตรงระหว่างตัวขับกับตัวตาม นอกจากนี้ยังสามารถทำให้เกิดความเร็วเชิงมุมคงที่และการสัมผัสที่ผิวเป็นแบบ (Rolling Contact) ด้วยการออกแบบให้ซี่ฟันมีลักษณะโค้ง จากคุณสมบัติพิเศษข้างต้นของเฟือง จึงถูกนำไปใช้ในงานส่งกำลังทางกลมากมาย เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะงานต่างๆ เฟืองจึงถูกพัฒนาให้มีรูปร่างลักษณะที่แตกต่างกันตามความเหมาะสมในงานนั้นๆ ถึงแม้เฟืองแต่ละชนิดจะมีลักษณะแตกต่างกันก็ตาม แต่ก็ยังคงมีเอกลักษณ์เฉพาะของเฟือง ดังนี้

1. ส่งกำลังโดยใช้ฟัน
2. ผิวฟันเฟืองสัมผัสกันแบบ (Rolling Contact)
3. ให้อัตราส่วนความเร็วเชิงมุมคงที่

เฟืองเป็นตัวส่งกำลังที่แข็งแรงที่สุดมีอัตราทดที่แน่นอนที่สุด และให้ประสิทธิภาพการส่งกำลังสูงสุด การส่งกำลังระหว่างเพลา นอกเหนือจากสายพานและโซ่แล้ว ยังมีวิธีการส่งกำลังอีกวิธีหนึ่งก็คือเฟือง เฟืองจัดว่าเป็นระบบส่งกำลังที่แข็งแรงและทนทานที่สุด และจะพบเห็นมากในระบบส่งกำลังของรถยนต์ ไม่ว่าจะเป็นเกียร์เปลี่ยนความเร็วเฟืองท้ายรถยนต์ ตลอดจนเครื่องมือกลต่างๆ เช่น เครื่องกลึง เครื่องกัด เครื่องตัด ไส เครื่องเจาะล้วนแล้วแต่ใช้เฟืองเป็นส่วนประกอบ

ในการส่งกำลังทั้งสิ้น นอกจากนี้เครื่องจักรขนาดใหญ่ใช้งานหนักต่างก็ใช้เฟืองส่งกำลังเช่นเดียวกัน เพราะมีข้อดีหลายอย่างคือ

1. อัตราทดคงที่แน่นอน ไม่มีการลื่นไถล (Slip)
2. สามารถใช้งานที่อัตราทดสูงๆ ได้
3. มีความแข็งแรงทนทานสูง
4. สามารถใช้กับงานที่มีอุณหภูมิสูงได้
5. สมรรถนะประสิทธิภาพในการส่งกำลังสูงกว่าชนิดอื่นๆ

ส่วนข้อเสียของเฟือง ก็มีเช่นกันคือ

1. ความยุ่งยากในการออกแบบเฟือง อัตราทดและการกัดเฟืองให้ได้ตามที่กำหนด
2. ราคาแพงกว่าการส่งกำลังด้วยวิธีอื่น
3. เสียค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง และบำรุงรักษามากกว่า
4. ถ้าระยะห่างระหว่างเพลาขับกับเพลาตามมีระยะห่างมาก ก็จะทำให้ขนาดเฟืองส่งกำลังมีขนาดใหญ่มากเช่นกัน

ดังนั้นการส่งกำลังด้วยเฟือง จึงเหมาะกับงานส่งกำลังขนาดใหญ่ใช้งานหนัก หรืองานที่มีความเร็วสูงๆ ขณะเดียวกันการส่งกำลังด้วยเฟืองก็มีราคาแพงและจะมีราคาแพงยิ่งขึ้นถ้าเป็นเฟืองที่ต้องการความละเอียดและความถูกต้องแม่นยำสูง ฉะนั้นสิ่งที่สำคัญก็คือการกำหนดค่าพิกัดความเผื่อที่เหมาะสมกับการใช้งาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเฟืองที่ใช้ในงานเครื่องมือวัด และเครื่องคอมพิวเตอร์จะต้องมีอัตราทดความเร็วที่จะต้องเที่ยงตรงสูงจึงทำให้เฟืองเหล่านี้มีราคาค่อนข้างสูง ส่วนเฟืองที่ใช้ส่งกำลังความเร็วต่ำการใช้งานไม่สำคัญมากนัก เช่น เฟืองเปิด การกัดทำเฟืองอาจจะมีคุณภาพมาตรฐานต่ำจะทำให้ราคาไม่สูงมากนัก แต่ก็ถือว่ามีราคาสูงกว่าการส่งกำลังด้วยอุปกรณ์ชนิดอื่น สำหรับรูปแบบของฟันเฟืองขนาดและคุณภาพที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม จะกำหนดตามมาตรฐานของสมาคมผู้ผลิตเฟืองแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (American Gear Manufactures Association; AGMA)

2.1.1 ลักษณะการส่งกำลังของเฟือง

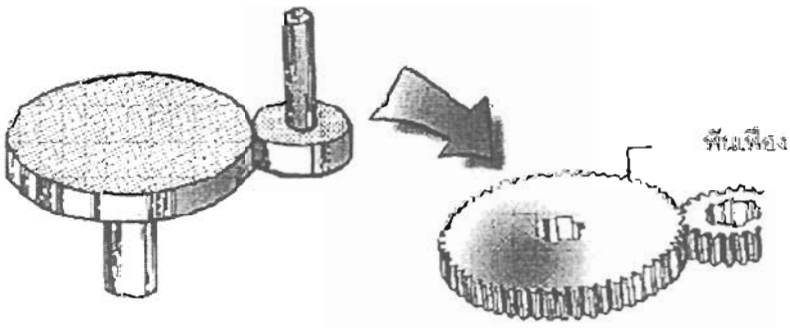
เป็นการพัฒนามาจากการใช้ล้อเสียดทาน โดยการสร้างรูปแบบฟันเฟืองขึ้นที่ผิวของล้อเสียดทาน ซึ่งฟันของล้อหนึ่งสามารถที่จะขบกันเข้าร่องฟันของล้ออีกตัวหนึ่งได้ ในกรณีนี้จำเป็นที่เพลาทั้งสองจะหมุนส่งกำลังใกล้กันมากๆ เพื่อให้ฟันเฟืองขบกันได้อย่างไรก็ตามการส่งกำลังขับด้วยวิธี การนี้จะกำจัดการลื่นไถล ขณะส่งกำลังขับได้ และยังทำให้อัตราความเร็วอยู่ในพิกัดที่คงที่อีกด้วย

ภาพที่ 2-1 การส่งกำลังขับของล้อฟัน 2 ตัว

จากรูปแบบของฟันตามความคิดนี้ได้ถูกนำมาดัดแปลง ให้มีรูปร่างของฟันที่มีความโค้งได้ถูกต้อง และให้มีประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น รวมทั้งมีลักษณะการส่งกำลังขับที่ราบเรียบอีกด้วย

2.1.2 หลักการของเฟือง

การถ่ายทอดการหมุนจากต้นกำลังนั้นทำได้หลายวิธี เช่นด้วยการใช้สายพาน โซ่ ล้อ ความฝืด เป็นต้น ล้อความฝืดก็คือ ล้อสองล้อที่ถูกกดให้ติดกัน เมื่อล้อหนึ่งหมุน หรือเป็นล้อขับก็จะทำให้อีกล้อหนึ่งหมุนตาม เพราะผิวหน้าของล้อทั้งสองเกิดความฝืด เนื่องจากการสัมผัส แต่ถ้าหากมีภาระมากๆ เช่น มีการส่งกำลังสูงๆ จะทำให้เกิดการลื่นไถล การส่งกำลังจึงไม่แม่นยำเพื่อที่ จะแก้ไขข้อเสียเหล่านี้จึงได้มีการนำเอาฟันเฟืองมาติดไว้ที่ผิวของล้อโดยรอบล้อ จึงมีลักษณะเป็นล้อฟันเฟือง ซึ่งต่อๆ มาเราจึงเรียกว่า "เฟือง" ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่สามารถส่งกำลังหรือถ่ายทอดการหมุนได้แม่นยำเที่ยงตรง และไม่มีการลื่นไถล ดังภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-2 หลักการของเฟือง

2.1.3 ชนิดของฟันเฟือง

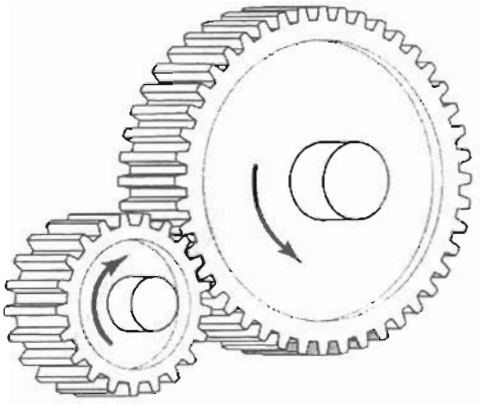
เฟืองที่นำมาใช้ในการส่งกำลังของเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม มีอยู่ด้วยกันหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดนั้นถูกนำไปใช้งานตามลักษณะของงานแตกต่างกัน แต่ที่นิยมใช้เป็นส่วนมากก็คือ เฟืองตรง เฟืองเฉียง เฟืองดอกจอก เฟืองหนอน และเฟืองสะพาน

โดยในส่วนของเนื้อหานี้ จะเป็นเนื้อหาความรู้ในเรื่องการส่งกำลังด้วยเฟือง โดยมีเฟืองชนิดต่างๆ คือ 1. เฟืองตรง 2. เฟืองเฉียง 3. เฟืองดอกจอก

2.1.3.1 เฟืองตรง (Spur Gear)

เป็นเฟืองที่ใช้ส่งกำลังขับ ระหว่างเพลาสองเพลาที่ขนานกันของฟันเฟือง ชนิดนี้มีลักษณะตรงและขนานกับตัวของมันเอง เมื่อเฟืองสองตัวมีขนาดแตกต่างกันขับกัน เฟืองตัวใหญ่เรียกว่า เกียร์เฟือง ตัวเล็กเรียกว่า พีเนียน เฟืองตรงจะใช้กำลังขับสำหรับงานที่ต้องการความเร็วขับที่ไม่มากนัก

ในการส่งกำลังด้วยเฟืองตรงนี้ สิ่งที่น่าสังเกตคือ เพลาของชุดเฟืองที่ขบกันก็คือเพลาของเฟืองตามและเพลาของเฟืองขับนั้น จะต้องขนานกันและอยู่ในแนวศูนย์เดียวกัน ไม่ว่าขนาดของเฟืองนั้นจะมีขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ก็ตาม ลักษณะของฟันเฟืองจะถูกขึ้นรูปเป็นระบบ ดีพี (Diameter Pitch) หรือระบบ โมดุล (Module) ที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันนี้ เฟืองที่จะขบกันได้จะต้องเป็นระบบเดียวกัน คือ ดีพี หรือ โมดุล เท่านั้น เนื่องจากการคำนวณหาค่าโมดุล ($m = d_o/z$) ส่วนการคำนวณหาค่า ($DP=d_o/z$) เป็นส่วนกลับของค่าจำนวนฟันเฟืองและวงกลมพิตช์ที่ใช้คำนวณ ทิศทางของการหมุนส่งกำลังจะกระทำได้ทั้งสองทิศทาง คือ ตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา

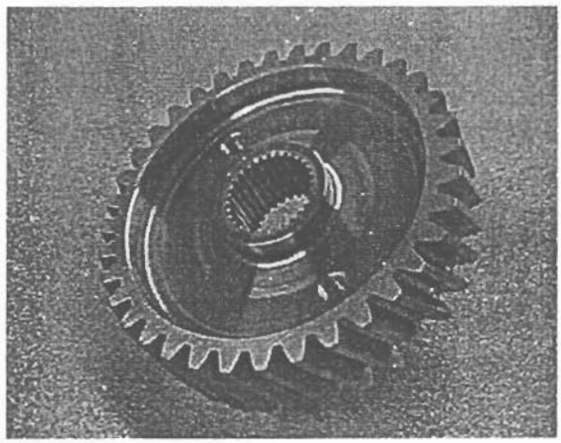


ภาพที่ 2-3 เฟืองตรง

2.1.3.2 เฟืองเฉียง (Helical Gear)

ใช้สำหรับการส่งกำลังระหว่างเพลาที่ขนานกันหรือเพลาทำมุมต่อกัน เฟืองเฉียงมีลักษณะการขับที่เรียบและมีเสียงเงียบกว่าเฟืองตรงในขณะที่มีขนาด และระยะการขบเท่ากัน อย่างไรก็ตาม เมื่อเฟืองนี้หมุน จะทำให้เกิดแรงที่ปลายเพลา (End Thrust) จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้แบริ่งรองรับเพลาเพื่อแก้ปัญหา

เมื่อฟันของเฟืองที่ทำการตัดอยู่ในรูปบิดเฉียงหรือบิดเป็นเกลียว เราเรียกเฟืองชนิดนี้ว่า สไปรัสเกียร์



ภาพที่ 2-4 ลักษณะเฟืองเฉียง

อย่างไรก็ดี เมื่อเฟืองเฉียงสองตัวขบกัน ความแตกต่างของการเคลื่อนไหวขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของตำแหน่งเฟือง นั่นคือเมื่อเฟืองเฉียงสองตัวขบกันเพลาทั้งสองขนานกัน เราเรียกเฟืองเฉียงชนิดนี้ว่า (Helical Gear) เมื่อเพลาทั้งสองไม่ขนานกัน และไม่ตัดผ่านกัน เรียกว่า สไปรัลเกียร์ แต่ถ้าว่าถึงการจำกัดความแล้วเฟือง Helical และเฟือง Spiral มีความหมายเหมือนกัน และการใช้เฟืองชนิดนี้ ก็ตัดสินใจได้ยากว่าเป็นเฟือง Helical หรือ Spiral ซึ่งโดยปกติแล้วถ้าเฟืองสองตัวขบขับกันได้ก็จะสามารถใช้งานได้เหมือนกัน

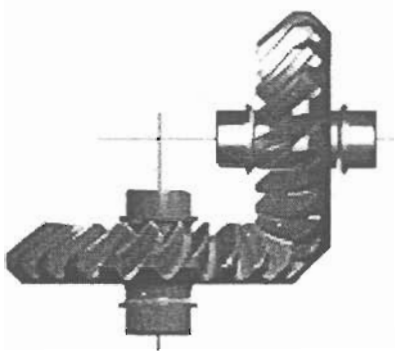
การส่งถ่ายกำลังของเฟืองเฉียงนั้น จะคล้ายกับการส่งกำลังด้วยเฟืองตรงแต่ทำงานได้กว้างกว่า เสียงเงียบ เกิดการสึกหรอน้อย เพราะขบพร้อมๆ กันหลายๆ ฟัน เพลาเอียงทำมุมต่างๆ กันได้ตามความต้องการใช้งาน ไม่ว่าเอียงไปทางซ้ายหรือขวา

ข้อดีของชุดเฟืองเฉียง จะทำงานในลักษณะเพลาขนาน เอียงทำมุม และทำมุมฉากกันได้ ต่างกับชุดเฟืองตรง แต่ลักษณะการขนานของเพลาจะเหมือนกัน แนวเฟืองจะตั้งฉากกับเพลาทุกครั้ง

ที่ทำการประกอบเข้ากับเพลาเหมือนกับเฟืองตรง ขณะขบกันมีการส่งกำลังจะมีเสียงเงียบกว่าเฟืองตรง เพราะขบพร้อมๆ กันหลายฟัน โอกาสการสึกหรอของฟันมีน้อยกว่า

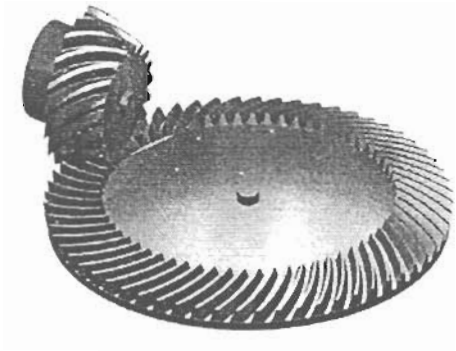
2.1.3.3 เฟืองดอกจอก (Bevel Gear)

เมื่อเพลาสองเพลาวางทำมุมต่อกัน เส้นแนวแกนตัดกันเป็นมุม 90 องศา ปกติจะใช้เฟืองดอกจอกเป็นตัวส่งกำลัง เมื่อเพลาทำมุมฉากและเฟืองสองตัวมีขนาดเท่ากัน เราเรียกเฟืองดอกจอกชนิดนี้ว่า (Miter Gear) การส่งกำลังขับของเฟืองดอกจอกไม่จำเป็นที่เพลาจะทำมุมฉากเสมอไป แกนเพลาอาจจะตัดกันเป็นมุมฉากหรือน้อยกว่าก็ได้



ภาพที่ 2-5 เฟืองดอกจอกที่เพลาทำมุมฉากต่อกันและไม่ทำมุมฉากต่อกัน

เราเรียกเฟืองดอกจอกชนิดนี้ว่า (Angular Bevel Gear) โดยปกติเฟืองดอกจอกจะมีฟันตรงคล้ายกับเฟืองตรงมาก แต่ยังมีเฟืองดอกจอกอีกชนิดหนึ่ง มีรูปแบบของฟันบิดเฉียง ดังภาพที่ 2-5 เรียกเฟืองดอกจอกชนิดนี้ว่า (Hypoid Gear) เพลาของเฟืองชนิดนี้จะทำมุม 90 องศาต่อกัน แต่ไม่อยู่ในแนวแกนเดียวกัน ดังนั้นเพลาทั้งสองจึงไม่ตัดกันเฟืองดอกจอกชนิดฟันบิดเฉียงนี้ใช้กับการส่งกำลังในรถยนต์



ภาพที่ 2-6 เฟืองดอกจอกที่เพลาไม่อยู่ในแนวแกนเดียวกัน

เฟืองดอกจอก (Bevel Gear) เป็นเฟืองที่ได้รับการพัฒนามาจากเฟืองฟันตรง และเฟืองฟันเฉียง มีลักษณะเป็นรูปกรวย ใช้ส่งกำลังได้ในแนวดิ่งและแนวนอน มีทั้งแบบฟันตรงและฟันเฉียง การใช้เฟืองดอกจอกส่งกำลังได้ผลดี คือ ใช้ส่งกำลังในที่แคบๆ ได้ดี เมื่อเทียบกับเฟืองชนิดอื่นๆ มุมที่ใช้ขบกันจะแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ มุม 90 องศา มุมน้อยกว่า 90 องศา และมุมมากกว่า 90 องศา การเลือกใช้ขึ้นอยู่กับงานแต่ละประเภท

การส่งกำลังจะทำได้สูง เพราะขนาดของเฟืองเล็กตัวหนึ่งขบกับเฟืองขนาดใหญ่กว่าตัวหนึ่ง งานที่ใช้เฟืองชนิดนี้มากก็คือ การส่งกำลังของกระปุกเกียร์รถยนต์เปลี่ยนทิศทางการส่งกำลังจากแนวนอนมาเป็นแนวดิ่ง และเอียงทำมุมต่างๆ กันได้ ในเครื่องจักรกลต่างๆ นิยมใช้เฟืองดอกจอกในการเปลี่ยนทิศทางการทำงานที่รับกำลังขับจากมอเตอร์

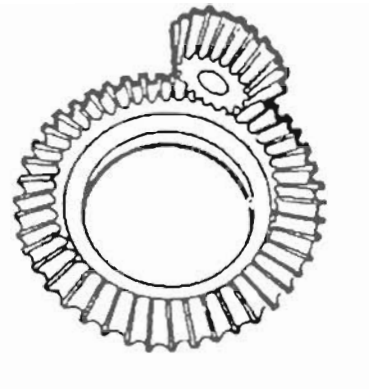
ลักษณะของฟันเฟืองดอกจอก นอกจากจะเป็นแบบฟันตรงแล้ว ยังมีฟันโค้งเอียงอีกด้วย ช่วยให้การทำงานมีเสียงดังน้อยลง ไม่กินเนื้อที่ของห้องเกียร์มาก ซึ่งห้องเกียร์ที่มีเนื้อน้อยหรือบริเวณแคบๆ ส่วนใหญ่จะใช้เฟืองส่งกำลังที่มีขนาดเล็กที่ใช้งานทั่วๆ ไป

เฟืองดอกจอกฟันตรง (Straight Bevel Gear) เป็นเฟืองดอกจอกชนิดธรรมดาที่ใช้กันมากที่สุด แนวยอดฟันจะพุ่งจากด้านโตของฟันเข้าหาจุดตัดของเพลาเหมือนรูปกรวย ความสูงและความหนาของฟันจะเรียวลงจากด้านโตของฟันหรือของนอก

เฟืองดอกจอกฟันสไปรัล (Spiral Bevel Gear) มีความสัมพันธ์เหมือนเฟืองดอกจอกฟันตรง เฟืองดอกจอกฟันสไปรัลจะให้อัตราส่วนสัมผัสมากขึ้น สามารถส่งถ่ายโหลดได้มากกว่า รอบสูงกว่า และมีเสียงดังน้อยกว่าเฟืองฟันตรง แต่ราคาแพงกว่า

เฟืองดอกจอกฟันตรง (Straight Bevel)

เป็นเฟืองส่งกำลังแบบแกนเพลาตั้งฉากกันแบบง่ายๆ ทั้งเฟืองตัวขับ และเฟืองตัวตามจะเป็นเฟืองฟันตรง ดังนั้นการออกแบบแบริ่งรองรับเพลาจะต้องยึดแน่นคงที่และรักษารอยสัมผัสของฟันเฟืองทั้ง 2 ให้เหมาะสมถูกต้องเสมอ



ภาพที่ 2-7 เฟืองดอกจอกฟันตรง (Straight Bevel)

ข้อดี เนื่องจากลักษณะของเฟืองเป็นฟันตรงทำให้ออกแบบการกัดขึ้นรูปฟันจะง่ายกว่าเฟืองแบบอื่นๆ ราคาจึงถูก

ข้อเสีย มีเสียงดัง กระแทกเกิดการสึกหรอสูง

เฟืองดอกจอกฟันเฉียง (Spiral Bevel)

เฟืองดอกจอกฟันเฉียง (Spiral Bevel) เป็นเฟืองส่งกำลังที่ออกแบบให้รับแรงได้สูง การทำงานนุ่มนวล สม่ำเสมอ มีเสียงดังน้อยกว่าเฟืองดอกจอกฟันตรง แต่ราคาของเฟืองส่งกำลังประเภทนี้จะสูงกว่า ลักษณะของแนวแกนจะทำมุมตั้งฉากกัน เช่นเดียวกันเฟืองดอกจอกฟันตรง แต่แรงกระทำในแนวแกนเพลาจะสูงมากเนื่องจากเป็นเฟืองฟันเฉียง ในแนวทางเดียวกับการหมุนของเพลา การรับแรงของฟันเฟืองจะกระจายบนฟันเฟืองตั้งแต่ 2 ฟัน หรือมากกว่าขึ้นอยู่กับมุมเอียงของฟัน

ภาพที่ 2-8 เฟืองดอกจอกฟันเฉียง (Spiral Bevel)

2.2 ความหมายของการประลอง

จากการศึกษารายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับชุดประลอง เรื่อง การส่งกำลังด้วยเฟือง จากเอกสารและงานวิจัยต่างๆ พอสรุปความหมายของการประลองได้ดังนี้ คือ

การประลองหมายถึง การทดลอง (Laboratory) ในห้องทดลองเป็นการปฏิบัติอย่างหนึ่งที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้หลักการ และข้อเท็จจริงจากการที่คนอื่นๆ ได้ค้นพบไว้แล้วเป็นการทบทวนและย้ำว่ามันเป็นไปตามที่ได้มีผู้ศึกษาไว้อย่างไรบ้าง เป็นการพิสูจน์ทฤษฎีที่ได้ศึกษามาแล้วในชั้นเรียน ส่วนใหญ่จะฝึกปฏิบัติในสิ่งที่คนอื่นฝึกและได้ผลมาแล้ว (สุชาติ, 2526 : 22)

การประลองเป็นวิธีการสอนอย่างหนึ่ง ที่ช่วยให้ผู้เรียนแสดงออกในด้านการเรียนรู้และด้านทักษะด้วยตนเอง จากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนที่ทำการประลองด้วยตนเองแล้วทำการวิเคราะห์ผลจากการประลองเพื่อหาข้อเท็จจริงที่ปรากฏขึ้นในระหว่างการทดลอง (สุชาติ, 2533 : 12)

การประลอง หมายถึง วิธีการสอนแบบปฏิบัติการหรือการทดลอง เป็นวิธีการสอนที่ทำให้เกิดประสบการณ์ที่ใหม่ๆ และข้อเท็จจริงจากการปฏิบัตินั้นเอง วิธีการนี้นักศึกษาจะเป็นผู้ปฏิบัติการทดลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งไม่เหมือนกับวิธีการสอนแบบสาธิตที่ครูเท่านั้นจะเป็นผู้ดำเนินการทดลองในขณะที่นักศึกษาเป็นผู้ดู วิธีการสอนแบบนี้อาจเรียกว่าวิธีการค้นคว้า (Research Methods) ก็ได้ (ละออ, 2520 : 75) จากความหมายของการประลองที่นักศึกษาหลายๆ ท่านได้กล่าวสรุปไว้ว่า การประลองเป็นวิธีสอนอย่างหนึ่งที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เพื่อให้เกิดการเรียนรู้และทักษะจากการสังเกตสิ่งที่ได้ทำไป ขณะทำการทดลอง และสรุปวิเคราะห์ผลจากการประลองเพื่อนำมาพิสูจน์กฎเกณฑ์ที่ได้ศึกษามาแล้วว่าเป็นจริงและมีเหตุผลใดๆ ตามทฤษฎี

การสอนแบบประลองหมายถึง กระบวนการการสอนที่ใช้ประสบการณ์ตรงของนักศึกษา ทำให้เกิดประสบการณ์ใหม่ๆ จากผลผลิตและข้อเท็จจริงจากการสังเกตและการปฏิบัติการทดลอง เป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่ม ในบางครั้งจะทดลองเพื่อพิสูจน์กฎเกณฑ์ที่บุคคลอื่นค้นพบแล้ว เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของกฎเกณฑ์นั้น (กาญจนา, 2524 : 86)

มนต์ชัย (2530 : 67) ได้กล่าวว่าเป็นอุปกรณ์ช่วยสอนที่ใช้ประกอบการสอนเพื่อแสดงเนื้อหาที่เป็นกฎ, สูตร หรือทฤษฎีกำหนดไว้แล้วหรือเพื่อใช้ทดลองหาความสัมพันธ์ เพื่อสร้างกฎเกณฑ์ขึ้นใหม่ ปัจจุบันได้มีการใช้ชุดทดลองในลักษณะของการสาธิตหน้าชั้นเรียน โดยเฉพาะการสอนวิชาประลอง หรือแม้แต่การเรียนวิชาปกติในชั้นเรียนก็ตาม เนื่องจากผู้สอน ได้เล็งเห็นประโยชน์ของชุดทดลองที่มีต่อการเรียนการสอนว่าทำให้การเรียนรู้เห็นจริงได้ นอกจากนี้ยังทำให้ผู้เรียนมีกิจกรรมร่วมในบทเรียนค่อนข้างสูง

วัลลภ (2543 : 108) ได้ให้ความหมายของชุดทดลองไว้ดังนี้คือเป็นอุปกรณ์ที่นำมาใช้สอนในลักษณะเพื่อให้ผู้เรียนได้รับรู้ข้อมูลอย่างกว้างๆ ไม่ลึกซึ้ง การใช้อาจต้องมีการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ตามแบบฝึกหัดที่กำหนด

สรุป : จากข้อมูลดังกล่าวความหมายของชุดทดลองพอสรุปได้ว่า ชุดทดลองหมายถึงอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการสอนเพื่อแสดงเนื้อหาที่เป็นทฤษฎี กฎ สูตร และทำให้นักศึกษาเกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรง มีกิจกรรมร่วม ในระหว่างการเรียน

2.3 การออกแบบและการสร้างชุดประลอง

มนต์ชัย (2530 : 69-71) กล่าวว่าในการออกแบบสร้างชุดประลองขึ้นใหม่โดยการลอกเลียนแบบจาก Catalog หรือจากชุดประลองอื่นๆ ที่มีควรพิจารณาองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้

1. ชุดประลองสำหรับผู้สอนใช้สาธิตหน้าชั้นเรียน ต้องมีขนาดเหมาะสม การแสดงผลเห็นได้ทั่วถึง ชัดเจน

2. ความปลอดภัยในการใช้ โดยเฉพาะชุดประลองสำหรับผู้เรียน เช่น ขนาดแรงดัน สวิทช์ป้องกัน อุปกรณ์ตัดวงจร เป็นต้น

3. มีความสะดวกในการใช้งาน ไม่ต้องใช้ประกอบกับอุปกรณ์อื่นๆ โดยไม่จำเป็น

4. มีโครงสร้างง่าย และใช้วัสดุที่หาได้ทั่วไป เพื่อความสะดวกต่อการซ่อมแซม

5. มีความยืดหยุ่นในการประยุกต์ใช้กับวัตถุประสงค์อื่นได้โดยการเพิ่มรายละเอียด

วัลลภ (2543 : 114-128) ได้กล่าวถึง ขั้นตอนการออกแบบสร้างชุดประลอง ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.3.1 ศึกษารวบรวมข้อมูลในขั้นตอนนี้ เป็นการศึกษาค้นคว้ารวบรวมข้อมูลที่จำเป็นในการออกแบบโดยเกี่ยวข้องกับหัวข้อเรื่องต่อไปนี้

2.3.1.1 กำหนดชื่อเรื่อง หลังจากศึกษาข้อมูลพื้นฐาน และการเตรียมการด้านต่างๆ แล้ว ผลลัพธ์ที่ออกมาก็คือการตัดสินใจที่จะออกแบบสร้างอุปกรณ์ทดลอง ในเรื่องใดเรื่องหนึ่งเป็นการกำหนดชื่อหัวเรื่อง ในตอนต้นอาจกำหนดชื่อเรื่องชั่วคราวไว้ก่อน

2.3.1.2 กำหนดวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน โดยศึกษาข้อมูลจากหลักสูตร

2.3.1.3 ข้อมูลเกี่ยวกับบทเรียน

ก) มีนักศึกษาในห้องจำนวนเท่าไร

ข) การสอนต้องให้นักศึกษาเกิดประสบการณ์จริงทำการทดลองเป็นกลุ่ม

ค) ระดับชั้นของผู้เรียน

2.3.14 ข้อมูลจากการศึกษาค้นคว้าอื่นๆ ได้แก่ หนังสือ ตำราเรียน การสัมภาษณ์ครู รูปภาพจาก Catalog ของผู้ผลิตอื่น

2.3.1.5 รายการจุดประสงค์ของการทดลอง การกำหนดจุดประสงค์ในการทดลองนี้มีความสำคัญมาก เป็นการกำหนดขีดความสามารถของอุปกรณ์ที่จะออกแบบสร้าง เป็นการศึกษาพิจารณาว่าจะให้ข้อมูลความรู้ในเรื่องใดบ้าง

2.3.1.6 วิเคราะห์จุดประสงค์การทดลอง การวิเคราะห์จุดประสงค์การทดลองก็เพื่อจะค้นหาแนวทางในการกำหนดสิ่งที่จะเป็นตัวทำหน้าที่ (Function) ในการทำงาน ของอุปกรณ์ การวิเคราะห์ให้ตั้งคำถามสำคัญไว้ 3 ข้อ คือ

ก) จุดประสงค์ของการทดลองมีค่าพื้นฐาน (Basic Term) อะไร

ข) จุดประสงค์ของการทำลองมีค่าสัมพันธ์ร่วม (Component Term) อะไร

ค) จุดประสงค์ของการทดลองมีค่าเป็นอิทธิพล (Infuence Term) อะไร

2.3.2 การกำหนดหน้าที่ของอุปกรณ์ (Function)

หลังจากที่ได้กำหนดจุดประสงค์หรือเป้าหมายของอุปกรณ์ทดลอง และทำการวิเคราะห์แล้วก็จะนำค่าพื้นฐาน ค่าสัมพันธ์ร่วมและค่าเป็นอิทธิพลพิจารณาออกไปอีกเพื่อกำหนดว่าจะทำอย่างไรที่จะให้อุปกรณ์ทำงานได้ตามเป้าหมายที่กำหนด คือค้นหาหน้าที่ที่จะเป็นไปได้ ของอุปกรณ์ในการกำหนดมีแนวทางการศึกษาพิจารณา 2 ประการ คือ

2.3.2.1 จะใช้วัสดุพลังงานหรือสัญญาณใดสำหรับให้เกิดผลหน้าที่ตามค่าพื้นฐาน

2.3.2.2 หน้าที่ของค่าพื้นฐานต่างๆ ควรจะมีคุณลักษณะอย่างไร

2.3.3 การศึกษาพิจารณาหน้าที่ของอุปกรณ์ (Consideration of Function Carrier) หลังจากการกำหนดหน้าที่ของรายการค่าพื้นฐานแล้ว ในลำดับต่อไปก็จะต้องศึกษาพิจารณา เพื่อกำหนดวัสดุพลังงานสัญญาณของหน้าที่นั้นๆ ให้มากที่สุด เท่าที่จะทำได้เพื่อใช้สำหรับการตัดสินใจเลือกให้ได้สิ่งที่ดีและเหมาะสมที่สุด ขั้นตอนในการดำเนินการมี 3 ขั้นตอน คือ

2.3.3.1 เขียนรายงานหน้าที่หรือค่าพื้นฐานตามคุณลักษณะที่กำหนดให้

2.3.3.2 เขียนรายการในสิ่งที่จะทำให้เกิดหน้าที่ (Function Carrier) โดยสิ่งเหล่านี้จะเกี่ยวข้องกับชนิดวัสดุลักษณะรูปร่างขนาดพลังงานแลสัญญาณ (Signal) พยายามค้นหาให้ได้มากที่สุดเพื่อเป็นแนวทางในการเลือกต่อไป ซึ่งข้อมูลเหล่านี้อาจจะค้นคว้าได้จากความรู้ความสามารถและประสบการณ์ของนักออกแบบ หรือจากเพื่อนร่วมงานจากเอกสาร (Catalog) จากบริษัทต่างๆ รายการวิทยุโทรทัศน์เอกสารอ้างอิงหนังสือตำราเป็นต้น

2.3.3.3 กำหนดลักษณะรูปร่างทางเทคนิคในการออกแบบ จะกำหนดความเป็นไปได้ของชิ้นส่วนประกอบให้มากแบบที่สุด เพื่อดำเนินการวิเคราะห์ ตัดสินใจเลือกต่อไป การออกแบบชิ้นส่วนประกอบต่างๆ จะต้องพิจารณาในด้านวัสดุ ขนาด รูปร่างอาจจะเป็นชิ้นส่วนที่มีอยู่แล้วหรือไม่ หรือจะต้องผลิตใหม่ หรือต้องนำวัสดุกึ่งสำเร็จมาดัดแปลงจะซื้อเป็นชิ้นส่วนสำเร็จหรือจะให้ผู้อื่นทำเป็นต้น แต่ละชิ้นส่วนจะต้องทำการตัดสินใจเลือกต่อไป

2.3.4 วิเคราะห์ตัดสินใจเลือก

2.3.4.1 วิเคราะห์ตัดสินใจเลือกลักษณะรูปร่างทางเทคนิค

2.3.4.2 วิเคราะห์ตัดสินใจเลือกวัสดุเช่นราคาไม่แพง หาง่าย น้ำหนักเบา มีความสวยงามเป็นต้น

2.3.4.3 วิเคราะห์ขนาดระยะบางขนาด ต้องทำการทดลองลักษณะ การประกอบกันของชิ้นส่วนบางขนาดสามารถกำหนดได้โดยพิจารณาความสวยงามของอุปกรณ์และผลที่จะเกิดต่อค่าที่ได้

2.3.5 การทดลองต้นแบบ (Model Trial Experiment) เมื่อได้รายละเอียดพอสมควรก่อนจะสร้างเป็นต้นแบบบางครั้งอาจจำเป็นต้องทดลองสร้างต้นแบบ เพื่อทดลองดูว่าอุปกรณ์จะทำงานได้ดังคาดหมายหรือไม่

2.3.6 สร้างต้นแบบ การดำเนินการจนถึงขั้นตอนนี้ จะได้ผลงานออกมาเป็นต้นแบบชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่สร้างขึ้นจะนำมาทดลองใช้ ว่าสามารถใช้งานได้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้หรือไม่สามารถทำงานหรือ ใช้งานได้เพียงใดอาจนำเข้าที่ประชุมให้ฝ่ายต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้ร่วมปรึกษาแสดงความคิดเห็นเช่นฝ่ายการตลาด ฝ่ายผลิต ฝ่ายควบคุมมาตรฐาน ฝ่ายออกแบบ และครูผู้สอนทุกๆ ฝ่าย

จะได้แสดงความคิดเห็นถึงจุดเด่นจุดดีและ จุดเสียที่จะต้องปรับปรุงแก้ไขก่อนดำเนินการผลิตจำนวนมากเพื่อจำหน่ายต่อไป

2.3.7 งานเขียนแบบ เมื่อนำชุดอุปกรณ์ทดลองต้นแบบเข้าประชุม ปรึกษาหารือ เพื่อสรุปจุดที่ต้องแก้ไขปรับปรุงงานต่อไปก็คือการเตรียมการผลิต ซึ่งจะต้องมีการเตรียมแบบงานตั้งแต่แบบงานประกอบรวมจนถึงแบบแยกชิ้นและจะต้องมีระบบในการกำหนดหมายเลขแบบงาน

2.3.8 เตรียมเอกสารประกอบ เอกสารต่างๆ อาจประกอบด้วย

2.3.8.1 รายการวัตถุประสงค์ในการเรียน

2.3.8.2 ใบเนื้อหาที่เกี่ยวข้องโดยสรุป

2.3.8.3 ขั้นตอนการประกอบอุปกรณ์โดยอาจมีภาพประกอบ

2.3.8.4 เอกสารทดลอง เพื่อให้ผู้เรียนได้เติมข้อมูลที่ได้จากการทดลองความสัมพันธ์ของสูตรซึ่งอาจเป็นตาราง

2.3.8.5 แบบฟอร์มเพื่อสรุปผลการประลอง

สรุป : ขั้นตอนในการออกแบบสร้างชุดประลองหรือสาธิตมีขั้นตอนที่สำคัญ 7 ขั้นตอน คือ

1. กำหนดจุดประสงค์ในการนำอุปกรณ์การประลอง-สาธิตไปใช้ในการสอน
2. กำหนดหน้าที่ (Function) ของอุปกรณ์
3. ศึกษาพิจาณาปัจจัยที่จะทำให้อุปกรณ์ทำงานได้ตามรายการหน้าที่
4. วิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์
5. สร้างต้นแบบและตรวจสอบ
6. เขียนแบบรายงาน (Technical Drawing)
7. การเตรียมเอกสารประกอบ (Software)

2.4 การวัดและประเมินผล

2.4.1 ความจำเป็นที่ต้องมีการวัดและประเมินผล (พิสิฐและธีระพล, 2531 : 180)

จุดประสงค์ที่สำคัญของการเรียนการสอนก็คือ ต้องการให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่ค่อนข้างจะถาวรให้แก่ผู้เรียน โดยจะต้องสามารถทำอะไรในสิ่งที่ต้องการได้หลังจากการเรียนการสอนจบลงแล้ว

อย่างไรก็ดี ผู้เรียนแต่ละคนมีความแตกต่าง เช่น มีพื้นฐานความรู้/ทักษะเดิมแตกต่างกัน หรือมีความสามารถในการรับรู้เนื้อหาวิชา/ทักษะปฏิบัติให้เท่าเทียมกัน เป็นต้น จึงอาจทำให้ผู้เรียนแต่ละคนมีการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ต่างๆ ของบทเรียนไม่เท่าเทียมกัน

ด้วยเหตุนี้ หลังจากการเรียนการสอนในส่วนต่างๆ ของบทเรียนจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนว่า ผู้เรียนแต่ละคนมีการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์

ที่กำหนดไว้หรือไม่เพียงใด ใครควรจะผ่านไปเรียนเนื้อหา/ทักษะอื่นๆ หรือใครบ้างไม่ผ่านควรที่จะศึกษาเนื้อหา หรือฝึกทักษะนั้นๆ อีกครั้งหนึ่งก่อนที่จะผ่านไปเรียนเนื้อหา/ทักษะอื่นๆ ต่อไป

การวัดประเมินผลการเรียนยังเป็นตัวบ่งชี้ข้อผิดพลาดต่างๆในขบวนการเรียนรู้ เพื่อนำไปสู่การแก้ไข ปรับปรุงการสอนในบทเรียนต่อๆไป นอกจากนี้ยังมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้เรียนรู้และแน่ใจความสำเร็จผลของตนเองต่อวัตถุประสงค์ที่เรียน และเป็นการเสริมกำลังใจให้แก่ผู้เรียนที่เรียนได้บรรลุวัตถุประสงค์ ตลอดจนเป็นการตรวจปรับผู้เรียนที่ยังไม่เรียนรู้วัตถุประสงค์ให้มีโอกาสได้รู้ว่าตนเองควรปรับปรุงแก้ไขผลการเรียนตรงจุดใด เพื่อที่จะทำให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ตามที่ตั้งไว้ของบทเรียนนั้นๆ

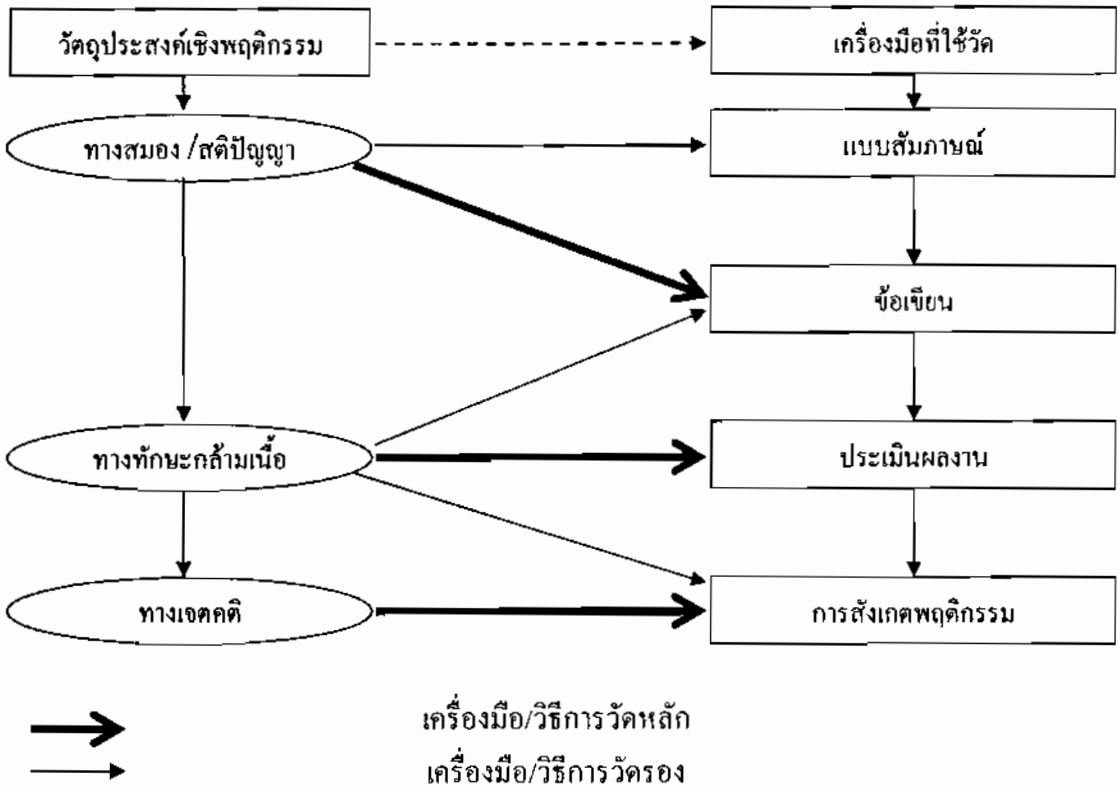
2.4.2 เครื่องมือ/วิธีวัดการเรียนรู้ของผู้เรียน

หากจะถามว่าแล้วเราจะมีวิธีใดบ้างในการวัดการเรียนรู้ของผู้เรียน คำตอบก็คงจะได้ว่าอาจใช้แบบทดสอบวัด สอบสัมภาษณ์ หรือให้ผู้เรียนลองทำให้ดูก็ได้ ซึ่งโดยที่แท้จริงแล้วคำตอบเหล่านี้เป็นคำตอบที่ถูกต้องด้วยกันทั้งสิ้น แต่ปัญหาอยู่ที่ว่าแล้วในบทเรียนแต่ละบท จะใช้วิธีการใดวัดผลจึงจะเหมาะสม

ถ้าหากเราพิจารณาถึงวัตถุประสงค์ของบทเรียนที่สร้างขึ้นแล้ว จะพบว่าบทเรียนบางบทเรียนอาจประกอบด้วยวัตถุประสงค์ที่เน้นความสามารถทางสติปัญญา เช่น หลังจากการเรียนจบลงแล้วผู้เรียนจะสามารถ "อธิบายวิธีการเลือกชนิดของดอกสว่านให้เหมาะสมกับชนิดของวัสดุที่จะเจาะได้" เราอาจวัดผลการเรียนรู้ด้วยวิธีการเลือกชนิดของดอกสว่าน โดยให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหรือโดยการสอบปากเปล่าก็ได้ เป็นต้น

แต่ถ้าวัตถุประสงค์ของบทเรียนระบุเอาไว้ว่า หลังจากการเรียนการสอนแล้วผู้เรียนจะสามารถ "Lay-Out ชิ้นงานก่อนเจาะได้ถูกต้องตามแบบกำหนด" การวัดด้วยแบบทดสอบก็คงจะวัดได้เพียงแต่การใช้ความรู้ในการ Lay-Out ชิ้นงานเท่านั้น ผู้เรียนที่มีความรู้ ตอบคำถามได้ถูกต้องก็มิได้หมายความว่าจะ Lay-Out ชิ้นงานได้จริงถูกต้องไปด้วย หากแต่จะวัดโดยให้ผู้เรียน Lay-Out ชิ้นงานได้จริงก็จะได้ข้อมูลที่แน่ชัดว่าผู้เรียนสามารถทำได้จริงหรือไม่ ซึ่งจะได้คำตอบที่ถูกต้องแน่นอนมากกว่ามาก

จากตัวอย่างการวัดผล พอสรุปได้ว่าการเลือกวิธีวัดผลการเรียนรู้สำหรับบทเรียนต่างๆ นั้นในขั้นต้นจะต้องพิจารณาที่วัตถุประสงค์ของบทเรียนแต่ละข้อนั้น ว่ามุ่งให้ผู้เรียนเกิดพฤติกรรมปลายทางอย่างไร ซึ่งอาจพิจารณาได้จากภาพข้างล่าง



ภาพที่ 2-9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุประสงค์การสอนกับเครื่องมือและวิธีการวัดผล

วัตถุประสงค์การสอนที่ต้องการเน้นพฤติกรรมปลายทาง ด้านความสามารถทางสติปัญญา ไปแก้ไขปัญหาต่างๆ ในการทำงาน อาจวัดโดยการสัมภาษณ์หรือใช้แบบทดสอบวัดก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและข้อจำกัดต่างๆ เช่น ระยะเวลาที่วัด จำนวนผู้เรียนที่จะวัด

ถ้าวัตถุประสงค์การสอนที่ต้องการเน้นพฤติกรรมปลายทาง ด้านทักษะฝีมือหรือด้านการปฏิบัติงานด้วยความถูกต้อง การวัดที่จะทำให้ได้ข้อมูลเด่นชัดมากที่สุดก็คือ การวัดงานปฏิบัติ ซึ่งผู้เรียนจะต้องแสดงทักษะฝีมือออกมาให้เห็นว่าทำได้หรือไม่ได้อย่างไร

หากแต่วัตถุประสงค์การสอนต้องการเน้นทางเจตคติให้เกิดแก่ผู้เรียน การวัดโดยใช้แบบทดสอบหรือให้แสดงให้ดูก็คงจะทำให้ได้แต่เพียงบางส่วน แต่อาจต้องใช้การสังเกตการณ์ ดูพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไปนานๆ จึงจะได้ข้อมูลที่ถูกต้องเป็นจริงมากขึ้น

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การสร้างชุดการสอน เป็นการนำเอานวัตกรรมและเทคโนโลยีทางการศึกษามาใช้ในการเรียนการสอน เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนให้สูงขึ้น จากผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างชุดการสอนหลายๆ เรื่องผู้วิจัยพบว่าชุดการสอนแต่ละเรื่องมีประสิทธิภาพในระดับต่างๆ กัน ดังตัวอย่างงานวิจัยต่อไปนี้

นพดล (2532 :38) ได้ทำการวิจัย การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนเรื่องระบบฉีดเชื้อน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ รหัส ชอย. 9314 หลักสูตรวิชาช่างยนต์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2530 กรมอาชีวศึกษา ผลการวิจัยพบว่า ชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 89.84/78.98 ตัวหลังต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดเล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างจากเกณฑ์กำหนด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

สุนทร (2535 : 42) ได้ทำการวิจัย การสร้างชุดการสอน เรื่องมุมล้อหน้า ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2530 กรมอาชีวศึกษา ผลการวิจัยพบว่า ชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพทางภาคทฤษฎี 85.95/82.81และประสิทธิภาพทางภาคปฏิบัติ 87.43/89.14 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้

ณรงค์ (2539 : 33) ได้ทำการวิจัย การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนเรื่องเกียร์อัตโนมัติ (ภาคทฤษฎี) ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง กรมอาชีวศึกษา พุทธศักราช 2536 ผลการวิจัยพบว่า ชุดการสอนที่สร้างขึ้นมี ประสิทธิภาพ 86.62/81.52 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนด

ไพรัตน์ (2539 : 50) ได้ทำการวิจัย การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนเรื่องระบบเบรก ABS (Antilock Braking System) ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง กรมอาชีวศึกษา พุทธศักราช 2536 ผลการวิจัยพบว่า ชุดการสอนที่สร้างขึ้นมี ประสิทธิภาพ 87.03/80.75 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนด

พงษ์ศักดิ์ (2546 : 42) ได้ทำการวิจัย การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน วิชา ช่างซ่อมเครื่องยนต์แก๊ซโซลีนหัวฉีด เรื่องการควบคุมระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิง ตามหลักสูตรวิชาชีพระยะสั้น พุทธศักราช 2540 กรมอาชีวศึกษา ผลการวิจัยพบว่า ชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 85.83/80.92 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนด

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างชุดประลอง เพื่อใช้เป็นการเรียนการสอนในการปฏิบัติการทดลอง สรุปได้ว่าชุดประลองสามารถใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนประเภทหนึ่งที่ประโยชน์และมีคุณค่าสูง สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาการประลองได้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะการประลองภาคปฏิบัติทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในการเรียนและเข้าถึงเหตุและผลของการทดลองได้เป็นอย่างดี ดังนั้นในการเรียนการสอนด้วยชุดประลอง จึงทำให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในการเรียนรู้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเหมาะสำหรับนำไปใช้ในการเรียนการสอน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดประลองดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยได้เกิดแนวความคิดที่จะสร้างชุดประลองเรื่อง การส่งกำลังด้วยเฟืองเพื่อนำไปใช้ในการเรียนการสอนวิชาออกแบบเครื่องกลโดยนำหลักการต่างๆ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาเป็นแนวทางในการสร้างต่อไป