บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้เป็นการกล่าวถึงรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการพ่นทราย ไม่ว่าจะเป็นประเภทของเครื่องพ่นทราย วัสดุอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการพ่นทราย เช่น เครื่องอัดลม ทราย เป็นต้น

2.1 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพ่นทราย คือ กระบวนการขัดผิวชิ้นงานด้วยเครื่องพ่นทราย โดยอาศัยแรงดันจากปั๊มลมเป็นแรงขับเคลื่อนทรายให้ไปกระทบกับผิวชิ้นงาน ทำให้ขัดผิวได้รวดเร็วเข้าถึงทุกซอกทุกมุม ซึ่งการพ่นทรายไม่ใช่การพ่นเพื่อให้ทรายไปติดที่ผิวชิ้นงาน แต่เป็นการเอาทรายไปขัดผิวโดยผิวชิ้นงานที่ได้จากการพ่นทรายจะเป็นผิวด้านเท่านั้นไม่สามารถขัดให้เงาใสได้ ซึ่งการขัดผิวชิ้นงานด้วยการพ่นทรายจะดีกว่าการขัดด้วยมือ เนื่องจากสามารถเลือกความหยาบหรือความละเอียดของผิวชิ้นงานได้โดยการเลือกใช้ขนาดของเม็ดทราย การเตรียมผิวชิ้นงานโดยวิธีการพ่นทรายได้มีการนำมาใช้งานกันเป็นเวลานานแล้ว โดยเฉพาะงานโลหะซึ่งจะต้องเตรียมผิวชิ้นงานก่อนและหลังจากผ่านกรรมวิธีการผลิตต่างๆ เพื่อกำจัดสนิมหรือคราบต่างๆ ที่ติดอยู่ที่ผิวของชิ้นงาน

เครื่องพ่นทรายแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ เครื่องพ่นทรายระบบปิดและเครื่องพ่นทรายระบบเปิด โดยที่เครื่องพ่นทรายระบบปิดนั้นถูกสร้างขึ้นมาสำหรับชิ้นงานที่มีขนาดเล็กถึงขนาดกลาง ซึ่งเหมาะกับภาคอุตสาหกรรมขนาดเล็กถึงขนาดใหญ่ ตัวเครื่องจะมีลักษณะเป็นกล่องทรงลูกบาศก์หรือเป็นห้องสี่เหลี่ยมที่มีพื้นที่ปิดล้อมมิดชิดเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นในขณะทำงาน บางครั้งอาจเรียกเครื่องพ่นทรายประเภทนี้ว่าเครื่องพ่นทรายแบบเป็นตู้ การพ่นทรายมีทั้งใช้คนพ่นด้วยมือและพ่นแบบอัตโนมัติ ซึ่งถ้าเป็นแบบอัตโนมัติ ตัวเครื่องจะมีขนาดใหญ่และมีราคาที่ค่อนข้างสูงจึงเหมาะกับภาคอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ส่วนการพ่นทรายโดยใช้คนพ่นด้วยมือ ตัวเครื่องจะมีขนาดเล็กกว่าและราคาถูกกว่าจึงเหมาะกับภาคอุตสาหกรรมขนาดเล็กถึงขนาดกลาง โดยในปี 2549 กฤษฎา ดีสันเทียะ, ทนงศักดิ์ ชายเกลี้ยง, อภิชาติ อุ่นน้อย และ ชราวุธ วงษ์ชาลี ได้ออกแบบและสร้างเครื่องพ่นทรายระบบปิด เพื่อใช้ในการทำความสะอาดผิวเหล็กก่อนการทำสีรองรับชิ้นงานที่มีขนาด 600 mm x 600 mm x 500 mm และน้ำหนักไม่เกิน 100 kg จากการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องที่ความดันใช้งาน 7 bar พบว่า สามารถพ่นเม็ดขัดให้ไปกระทบกับผิวของ

ชิ้นงานเหล็กได้เป็นอย่างดีส่งผลให้ผิวของเหล็กมีความสะอาดทั่วทุกพื้นที่ผิว และใช้เวลาในการพ่นค่อนข้างน้อย

ต่อมาในปี 2550 นพดล เจริญสุข, ธนภัทร อ่อนอนงค์ และ ฉัตรชัย พลดี ได้ออกแบบและสร้างเครื่องพ่นทรายตามหลักวิศวกรรมย้อนรอย เพื่อใช้สำหรับทำความสะอาดผิวเหล็ก เป็นเครื่องระบบปิดและเหมาะกับโรงงานขนาดเล็ก โดยพัฒนามาจากเครื่องพ่นทรายต้นแบบ ซึ่งเครื่องพ่นทรายที่ออกแบบนี้จะมีต้นทุนที่ถูกกว่าเครื่องพ่นทรายที่ขายในท้องตลาดและมีประสิทธิภาพที่ทัดเทียมกันหรือเหนือกว่าเครื่องพ่นทรายต้นแบบ รองรับชิ้นงานแผ่นสี่เหลี่ยมที่มีความหนา 5 cm สูงไม่เกิน 60 cm ความยาวไม่เกิน 170 cm จากการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องที่ความดันใช้งาน 2, 4 และ 6 bar พบว่า สามารถพ่นเม็ดขัดให้ไปกระทบกับผิวของชิ้นงานเหล็กได้เป็นอย่างดีส่งผลให้ผิวของเหล็กมีความสะอาดทั่วทุกพื้นที่ผิว

และในปี 2552 เพชรชมพู สุณะไชย, พิชิต ใจจาน และ กรรณิการ์ ตาขัน ได้ออกแบบและสร้างเครื่องพ่นทรายเอนกประสงค์ เพื่อใช้ในการบริการทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องจักรกล ชิ้นงานต่างๆ และขึ้นลายแก้ว รวมทั้งเพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน โดยออกแบบหัวจับชิ้นงานเป็นแบบสามหัวจับแทนการจับชิ้นงานด้วยมือ และออกแบบการหมุนชิ้นงานขณะพ่นทรายด้วยระบบมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีระบบควบคุมการทำงานด้วยสวิทซ์ไฟฟ้า ติดตั้งระบบการควบคุมฝุ่นผงขณะทำการพ่นทรายด้วยเครื่องดูดฝุ่น

ส่วนเครื่องพ่นทรายระบบเปิดหรืออาจเรียกอีกชื่อว่า เครื่องพ่นทรายแรงดันสูง เป็นเครื่องพ่นทรายที่เหมาะสำหรับงานที่มีขนาดใหญ่ เช่น งานลอกสีรถทั้งคัน งานขัดสนิมเรือ งานขัดสนิมเหล็กโครงสร้าง เป็นต้น เครื่องพ่นทรายประเภทนี้จะประกอบไปด้วย ถังพ่นทรายที่มีระบบอัดแรงดันสูงจึงต้องใช้ปั๊มลมขนาดใหญ่เป็นผลให้ราคาเครื่องพ่นทรายประเภทนี้มีราคาแพงมาก รวมทั้งทรายที่นิยมใช้กันจะเป็นทรายทะเลหรือทรายที่มีราคาถูกเพราะใช้ได้ครั้งเดียวไม่สามารถหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่ได้ การพ่นทรายด้วยเครื่องพ่นทรายประเภทนี้จะต้องกระทำกลางแจ้งหรือในห้องพ่นขนาดใหญ่ จึงต้องออกแบบให้สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกในการทำงาน และเนื่องจากต้องทำงานในที่โล่งแจ้งจึงมีการฟุ้งกระจายของฝุ่นดังนั้นผู้พ่นทรายจะต้องสวมใส่ชุดนิรภัยเพื่อป้องกันอันตรายให้กับตนเอง

นอกเหนือจากการใช้เครื่องพ่นทรายในการเตรียมผิวชิ้นงานแล้ว ยังนิยมใช้เครื่องพ่นทรายในการทำลวดลายบนกระจก โดยพ่นทรายลงบนผิวกระจกที่ต้องการให้เกิดลวดลาย ทรายที่พ่นออกมาจะไปกัดผิวของกระจกให้เกิดเป็นรอยฝ้าเหมือนการใช้กระดาษทรายขัด เป็นผลให้เกิดลวดลายตามที่ต้องการ ซึ่งทรายที่นิยมใช้กันคือ ทรายอลูมิเนียมออกไซด์ เนื่องจากมีลักษณะเป็นผงละเอียด ทรายแต่ละเม็ดจะมีความแข็งและความคมสูง เมื่อถูกพ่นลงบนผิวกระจกด้วยความเร็วสูงจะ

สามารถกัดกร่อนผิวกระจกให้เกิดเป็นรอยฝ้าลึกลงไปเนื้อกระจก นอกเหนือจากทรายอลูมิเนียมออกไซด์แล้วยังสามารถใช้ทรายจากธรรมชาติได้โดยจะต้องทำการร่อนเอาเฉพาะทรายที่ละเอียดมาก รวมทั้งต้องใช้เครื่องพ่นทรายที่มีแรงพ่นสูงมากขึ้น เพราะทรายจากธรรมชาติจะมีความแข็งและความคมน้อยกว่าทรายอลูมิเนียมออกไซด์ เวลาที่ใช้ในการพ่นทรายจึงต้องใช้เวลานานมากกว่า กรรมวิธีที่จะทำให้เกิดเป็นลวดลายตามที่ต้องการนั้นจะใช้หลักการของการทำสเตนซิล ซึ่งเป็นกลวิธีการพิมพ์ลายฉลุ เป็นการทำแม่พิมพ์แบบง่ายๆ ตั้งแต่สมัยโบราณ โดยการฉลุแผ่นกระดาษหรือแผ่นโลหะเป็นลวดลายหรือภาพ แล้วพ่นหรือทาสีลงไปผ่านช่องที่ฉลุไว้ลงบนวัสดุที่ต้องการพิมพ์ลาย ซึ่งหลักการนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำลวดลายบนกระจกได้ โดยใช้สติ๊กเกอร์พีวีซีแทนกระดาษหรือแผ่นโลหะมาตัดฉลุให้ได้ลวดลายตามต้องการแล้วติดลงบนกระจก จากนั้นทำการลอกส่วนที่ต้องการเกิดลวดลายออกแล้วใช้เครื่องพ่นทรายแทนการพ่นสีลงไป ทำให้เกิดลวดลายเป็นรอยฝ้าขาวบนผิวกระจก (กรมการศึกษานอกโรงเรียน, ออนไลน์, ม.ป.ป.)

สำหรับงานวิจัยนี้มีแนวความคิดที่จะออกแบบและสร้างเครื่องพ่นทรายอัตโนมัติขนาดเล็กที่ควบคุมการทำงานด้วยโปรแกรมเชิงตัวเลขขึ้นมา ที่มีราคาถูกและมีประสิทธิภาพการทำงานสูง เพื่อใช้ในงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็ก โดยการนำโปรแกรม Mach3 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องกัดชิ้นงานมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องพ่นทรายอัตโนมัติ

2.2 ประเภทของเครื่องพ่นทราย

เครื่องพ่นทรายแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.2.1 เครื่องพ่นทรายระบบปิดหรือเครื่องพ่นทรายแบบเป็นตู้

เครื่องพ่นทรายประเภทนี้ถูกสร้างขึ้นมาสำหรับชิ้นงานที่มีขนาดเล็กถึงขนาดปานกลาง เหมาะกับภาคอุตสาหกรรมขนาดเล็กถึงขนาดใหญ่ ตัวเครื่องพ่นทรายจะมีลักษณะเป็นกล่องทรงลูกบาศก์หรือเป็นห้องสี่เหลี่ยมที่มีพื้นที่ปิดล้อมมิดชิดเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นในขณะทำงาน การพ่นทรายมีทั้งใช้คนพ่นด้วยมือและพ่นแบบอัตโนมัติ ซึ่งถ้าเป็นแบบอัตโนมัติ ตัวเครื่องจะมีขนาดใหญ่และมีราคาที่ค่อนข้างสูงจึงเหมาะกับภาคอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ส่วนการพ่นทรายโดยใช้คนพ่นด้วยมือ ตัวเครื่องจะมีขนาดเล็กกว่าและราคาถูกกว่าจึงเหมาะกับภาคอุตสาหกรรมขนาดเล็กถึงขนาดกลาง

ภาพประกอบ 1 เครื่องพ่นทรายระบบปิดแบบใช้คนพ่นทรายด้วยมือ

(**ที่มา :** http://www.thaisandblast.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=538825416)

ภาพประกอบ 2 เครื่องพ่นทรายระบบปิดแบบพ่นทรายอัตโนมัติ

(**ที่มา :** http://www.thaisandblast.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=538825416)

2.2.2 เครื่องพ่นทรายระบบเปิด

บางครั้งอาจเรียกอีกชื่อว่า เครื่องพ่นทรายแรงดันสูง เป็นเครื่องพ่นทรายที่เหมาะสำหรับงานที่มีขนาดใหญ่ เช่น งานลอกสีรถทั้งคัน งานขัดสนิมเรือ งานขัดสนิมเหล็กโครงสร้าง เป็นต้น เครื่องพ่นทรายประเภทนี้จะประกอบไปด้วย ถังพ่นทรายที่มีระบบอัดแรงดันสูงจึงต้องใช้ปั๊มลมขนาดใหญ่เป็นผลให้ราคาเครื่องพ่นทรายประเภทนี้มีราคาแพงมาก รวมทั้งทรายที่นิยมใช้กันจะเป็นทรายทะเลหรือทรายที่มีราคาถูกเพราะใช้ได้ครั้งเดียวไม่สามารถหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่ได้ การพ่นทรายด้วยเครื่องพ่นทรายประเภทนี้จะต้องกระทำกลางแจ้งหรือในห้องพ่นขนาดใหญ่ จึงต้องออกแบบให้สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกในการทำงาน และเนื่องจากต้องทำงานในที่โล่งแจ้งจึงมีการฟุ้งกระจายของฝุ่น ดังนั้นผู้พ่นทรายจะต้องสวมใส่ชุดนิรภัยเพื่อป้องกันอันตรายให้กับตนเอง

ภาพประกอบ 3 เครื่องพ่นทรายระบบเปิด

(**ที่มา :** http://www.thaisandblast.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=538825416)

2.3 เครื่องอัดลม (Compressor)

เครื่องอัดลม เป็นเครื่องจักรที่ทำหน้าที่ในการอัดอากาศความดันปกติให้มีความดันสูงขึ้นเพื่อที่จะนำไปใช้งานต่างๆ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ตามลักษณะการติดตั้ง คือ

2.3.1 เครื่องอัดลมชนิดเคลื่อนที่ได้

เครื่องอัดลมประเภทนี้เหมาะสำหรับงานที่ใช้ปริมาณลมไม่มาก โดยเครื่องอัดลมจะมีขนาดเล็กและติดตั้งเป็นชุดเดียวกันกับถังเก็บลม

ภาพประกอบ 4 เครื่องอัดลมชนิดเคลื่อนที่ได้

(**ที่มา :** http://shwallong.asia/air-compressor.html)

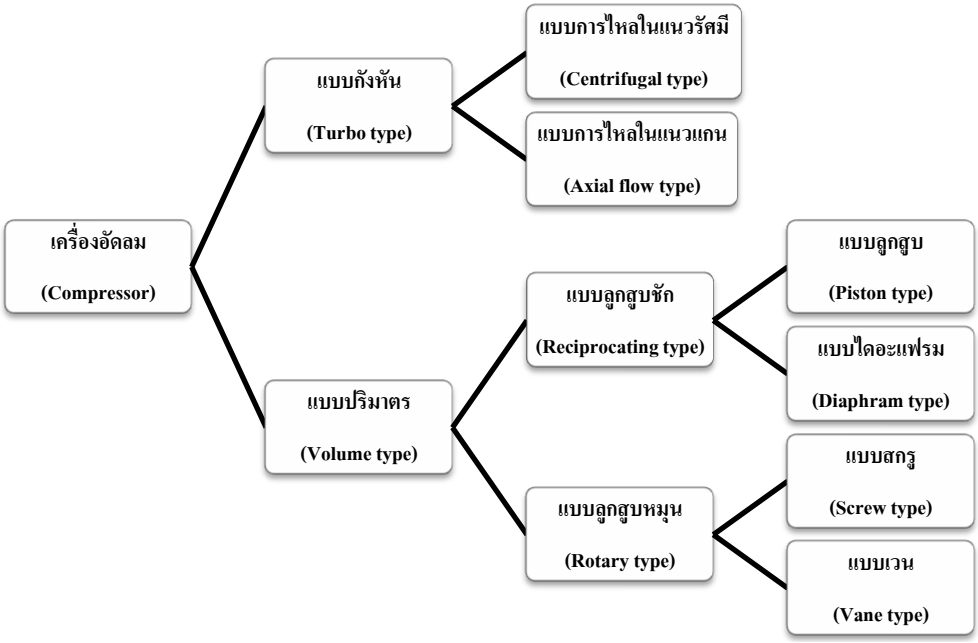
2.3.2 เครื่องอัดลมชนิดติดตั้งถาวร

เครื่องอัดลมประเภทนี้เหมาะสำหรับงานที่ใช้ปริมาณลมมาก โดยมีความดันคงที่ และเครื่องอัดลมจะแยกต่างหากจากถังเก็บลม

ภาพประกอบ 5 เครื่องอัดลมชนิดติดตั้งถาวร

(**ที่มา :** http://eng.sut.ac.th/me/box/3_54/425311/04%20Pneumatic%20System2.pdf)

นอกจากนั้นยังสามารถแบ่งตามหลักการของการอัดลมได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ แบบปริมาตร (Volume type) และแบบกังหัน (Turbo type) ดังแสดงในภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 การแบ่งประเภทของเครื่องอัดลมตามหลักการของการอัดลม

2.3.3 เครื่องอัดลมแบบลูกสูบ (Piston Compressor)

เป็นเครื่องอัดลมที่นิยมใช้กันมากที่สุด เนื่องจากสามารถอัดลมได้ตั้งแต่ความดันต่ำๆ ไปจนถึงความดันสูงๆ ขึ้นกับจำนวนขั้นของการอัด ยิ่งขั้นในการอัดมากก็จะยิ่งมีความดันสูงขึ้นตามไปด้วย

ภาพประกอบ 7 เครื่องอัดลมชนิดลูกสูบเดียว

(**ที่มา :** http://wallopaircopressor.blogspot.com/2013/05/puma-tiger.html)

ภาพประกอบ 8 เครื่องอัดลมชนิดลูกสูบอัด 2 ขั้น

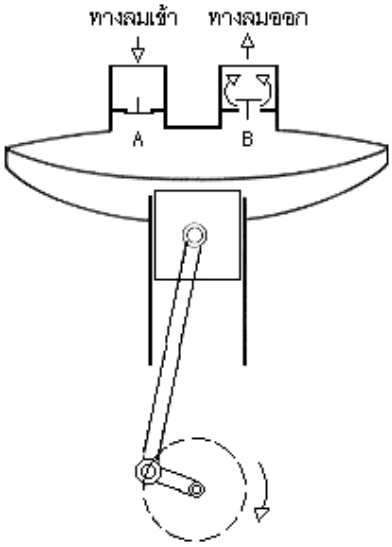
(**ที่มา :** http://www.xn--42cg3bycho7cb0b6cvfte.com)

ภาพประกอบ 9 เครื่องอัดลมชนิดลูกสูบอัด 3 ขั้น

(**ที่มา :** http://www.memagazine.co.th/guru-airforce.html)

2.3.4 เครื่องอัดลมแบบไดอะแฟรม (Diaphram Compressor)

เป็นเครื่องอัดลมที่ใช้หลักการของเครื่องอัดลมแบบลูกสูบ เพียงแต่ระหว่างลูกสูบกับส่วนที่อัดอากาศจะถูกปิดกั้นด้วยแผ่นไดอะแฟรม ทำให้ลมที่ถูกอัดสะอาด ไม่มีน้ำมันหล่อลื่นจากลูกสูบเจือปน จึงนิยมใช้กันในโรงงานผลิตเคมีภัณฑ์ ยารักษาโรค และอุตสาหกรรมอาหาร

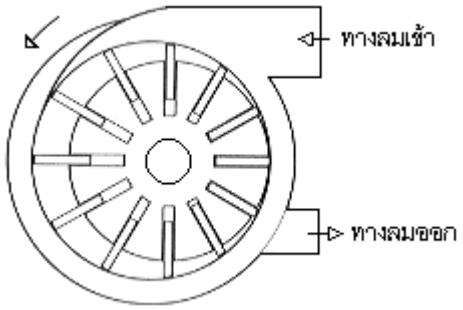


ภาพประกอบ 10 หลักการทำงานของเครื่องอัดลมแบบไดอะแฟรม

(**ที่มา :** http://gurubem.blogspot.com)

2.3.5 เครื่องอัดลมแบบใบพัดเลื่อน (Sliding Vane Rotary Compressor)

เป็นเครื่องอัดลมที่มีการหมุนเรียบสม่ำเสมอ ไม่มีเสียงดัง การผลิตลมเป็นไปอย่างคงที่ไม่ขาดเป็นห้วงๆ เหมือนเครื่องอัดลมแบบลูกสูบ สามารถจ่ายลมอัดได้ 4 - 100 m^3/min และสร้างความดันได้ 4 - 10 bar

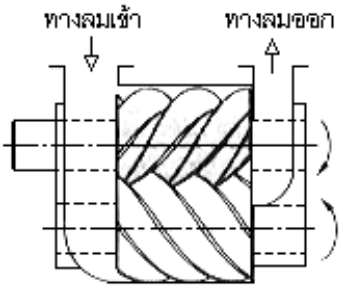


ภาพประกอบ 11 หลักการทำงานของเครื่องอัดลมแบบใบพัดเลื่อน

(**ที่มา :** http://www.tice.ac.th/Online/Online1-2549/power/jack/2/new_page_2.htm)

2.3.6 เครื่องอัดลมแบบสกรู (Screw Compressor)

เครื่องอัดลมแบบนี้ประกอบด้วยตัวเรือนซึ่งมีเพลาสกรู 2 เพลาขบกัน ตัวหนึ่งมีฟันเป็นสันนูน อีกตัวหนึ่งเป็นสันเว้า ทิศทางการหมุนจะหมุนเข้าหากัน สามารถจ่ายลมอัดได้ถึง 170 m^3/min และสร้างความดันได้ถึง 10 bar

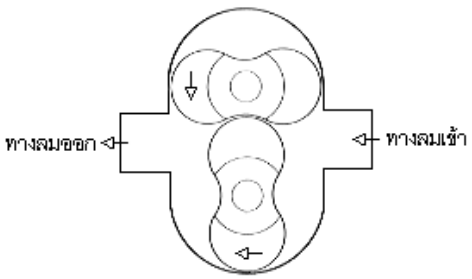


ภาพประกอบ 12 หลักการทำงานของเครื่องอัดลมแบบสกรู

(ที่มา : http://www.tice.ac.th/Online/Online1-2549/power/jack/2/new_page_2.htm)

2.3.7 เครื่องอัดลมแบบใบพัดหมุน (Roots Compressor)

เครื่องอัดลมแบบใบพัดหมุนประกอบด้วยใบพัด 2 ใบ 2 ตัวขบกัน หมุนด้วยความเร็วรอบเท่ากันลักษณะคล้ายเกียร์ปั๊ม ใบพัดนี้จะวางชิดกับตัวเรือน เมื่อใบพัดหมุน อากาศจะถูกดูดจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรทำให้อากาศไม่ถูกอัดตัว แต่อากาศจะถูกอัดตัวในกรณีที่อากาศถูกส่งเข้าไปในถังเก็บลม เครื่องอัดลมแบบใบพัดหมุนนี้มีราคาแพง ไม่มีเสียงดัง ไม่ต้องการการหล่อลื่นระหว่างการใช้งาน ดังนั้นในระหว่างการใช้งานจึงจำเป็นต้องมีการระบายความร้อนด้วย

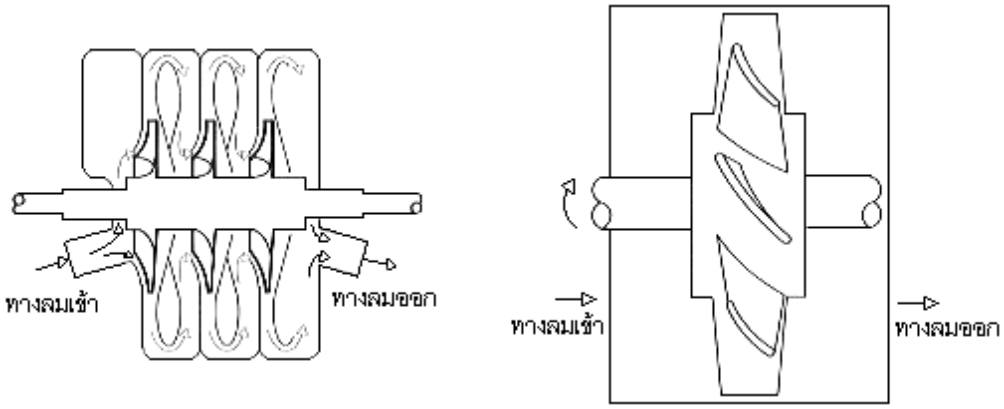


ภาพประกอบ 13 หลักการทำงานของเครื่องอัดลมแบบใบพัดหมุน

(ที่มา : http://www.tice.ac.th/Online/Online1-2549/power/jack/2/new_page_2.htm)

2.3.8 เครื่องอัดลมแบบกังหัน (Turbo Compressor)

แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ เครื่องอัดลมแบบเรเดียลโฟลว์ หรือเซ็นตริฟิวกัล (Radial-Flow or Centrifugal Compressor) และเครื่องอัดลมแบบแอ็กเซียลโฟลว์ (Axial-Flow Compressor) เครื่องอัดลมทั้งสองแบบนี้ทำงานโดยอาศัยหลักการของกังหันใบพัด การเคลื่อนที่ของโรเตอร์ด้วยความเร็วสูงจะทำให้ลมถูกดูดจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง เหมาะกับงานที่ต้องการอัตราการไหลของลมสูง สามารถผลิตลมอัดได้ตั้งแต่ 170 – 2,000 m^3/min แต่ความดันไม่สูงมากนักคือ 4 – 10 bar



ภาพประกอบ 14 หลักการทำงานของเครื่องอัดลมแบบกังหัน

(**ที่มา :** http://www.tice.ac.th/Online/Online1-2549/power/jack/2/new_page_2.htm)

2.4 ชนิดของทรายที่ใช้พ่น

ทรายที่นิยมนำมาใช้ในการพ่นทรายมีหลายชนิด หลายขนาด โดยที่ทรายเม็ดใหญ่จะให้พื้นผิวที่หยาบ ส่วนทรายเม็ดเล็กจะให้พื้นผิวที่เนียนละเอียด ความคมของทรายและความเร็วในการพ่นทรายก็ไม่เท่ากัน ดังนั้นการเลือกทรายเพื่อใช้งานจะขึ้นอยู่กับลักษณะของงานว่าต้องการให้พื้นผิวออกมาเป็นแบบหยาบหรือแบบเนียนละเอียด ซึ่งชนิดของทรายที่นิยมใช้กันมี 4 ชนิด ได้แก่

2.4.1 ทรายซิลิคอนคาร์ไบด์ (Silicon Carbide)

เป็นทรายที่มีสีดำ มีความคมและแข็งมากที่สุด ทำงานได้รวดเร็วที่สุด ให้ผิวด้าน เหมาะสำหรับงานแกะสลักกระจก หินแกรนิตและงานที่ต้องการการกัดเซาะลึกๆ ทั้งยังเหมาะกับงานทำความสะอาดผิวโลหะที่แข็งหรือมีสนิมมากๆ และใช้ขัดผิวงานทั่วไปได้ทุกชนิด

ภาพประกอบ 15 ทรายซิลิคอนคาร์ไบด์

(**ที่มา:** http://www.thaisandblast.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=538825416)

2.4.2 ทรายไวท์อลูมิเนียมออกไซด์ (White Aluminium Oxide)

เป็นทรายที่มีสีขาว มีความคมน้อยกว่าทรายซิลิคอนคาร์ไบด์เล็กน้อย ทำงานรวดเร็ว ให้ผิวด้าน เหมาะสำหรับงานพ่นผิวพลาสติกใส อคริลิก หรือเรซินให้ฝ้า ทั้งยังใช้ขัดผิวงานจิวเวลรี่ ชุบแล้วไม่ดำหมอง ใช้พ่นทรายผิวงานทันตกรรม

ภาพประกอบ 16 ทรายไวท์อลูมิเนียมออกไซด์

(**ที่มา:** http://www.thaisandblast.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=538825416)

2.4.3 ทรายบราวน์อลูมิเนียมออกไซด์ (Brown Aluminium Oxide)

เป็นทรายที่มีสีน้ำตาล มีความคมน้อยกว่าทรายซิลิคอนคาร์ไบด์มาก และคมน้อยกว่าทรายไวท์อลูมิเนียมออกไซด์เล็กน้อย เหมาะสำหรับงานแกะสลักกระจกที่พ่นแบบผิวๆ ไม่เซาะลึก ใช้แกะสลักหินแกรนิตไม่ได้ พ่นไม่เข้า หากใช้งานจะช้ามากๆ ใช้ในงานทำความสะอาดเตรียมผิวโลหะทั่วไป

ภาพประกอบ 17 ทรายบราวน์อลูมิเนียมออกไซด์

(**ที่มา:** http://www.thaisandblast.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=538825416)

2.4.4 ทรายกล้าสบีด (GLASS BEAD)

เป็นทรายที่มีลักษณะเป็นเม็ดแก้วขาวใส มีความคมและแข็งน้อย แต่ให้ผิวที่สวยงามกึ่งด้านกึ่งเงา และให้ผิวลื่น เหมาะสำหรับงานขัดผิวอลูมิเนียม สแตนเลส และทองเหลือง ใช้ขัดผิวแม่พิมพ์โดยไม่ทำให้ผิวสึกกร่อน ใช้พ่นกระจก หินแกรนิต และงานโลหะที่สกปรกมากๆ ไม่ได้เพราะความคมต่ำ

ภาพประกอบ 18 ทรายกล้าสบีด

(**ที่มา:** http://www.thaisandblast.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=538825416)

2.5 ปืนพ่นทราย

หน้าที่ของปืนพ่นทราย คือ ใช้สำหรับพ่นทรายเข้าสู่ผิวของชิ้นงาน ปืนพ่นทรายสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

2.5.1 ปืนพ่นทรายแบบแรงดัน (Pressure)

เป็นปืนพ่นทรายที่สามารถรับแรงอัดได้สูงมาก ภายในทำด้วยโบรอนคาร์ไบด์ ส่วนภายนอกครอบด้วยอลูมิเนียม ปืนพ่นทรายชนิดนี้เหมาะสำหรับการเตรียมผิวก่อนงานพ่นสี หรืองาน

ทำความสะอาดผิวงาน งานลอกสีรถทั้งคัน งานขัดสนิมถังน้ำมันกลางแจ้ง งานขัดสนิมเหล็กโครงสร้าง เป็นต้น

ภาพประกอบ 19 ปืนพ่นทรายแบบแรงดัน

(**ที่มา:** http://www.thaisandblast.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=538825416)

2.5.2 ปืนพ่นทรายแบบดูด (Suction)

เป็นปืนพ่นทรายที่สามารถรับแรงดันไม่สูงมาก เหมาะสำหรับการพ่นงานทั่วไปและงานที่มีชิ้นงานขนาดเล็กและใช้ทรายละเอียดมากๆ เช่น งานกัดกระจก งานเครื่องประดับ เหรียญ และงานทันตกรรม เป็นต้น

ภาพประกอบ 20 ปืนพ่นทรายแบบดูด

(**ที่มา:** http://www.thaisandblast.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=538825416)

2.6 เกลียวส่งกำลัง (Power Screw)

เกลียวส่งกำลังมีหน้าที่ในการเปลี่ยนลักษณะการเคลื่อนที่เชิงมุมของแป้นเกลียวหรือสกรู เป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้นของชิ้นส่วนไปตามแนวของสกรู ทำให้การเคลื่อนที่เป็นไปอย่างนิ่มนวล เกลียวส่งกำลังของเครื่องจักรที่นิยมใช้งานกันมีอยู่ 2 ชนิด คือ

2.6.1 บอลสกรู (Ball Screw)

Ball Screw เป็นระบบขับเคลื่อนแบบหนึ่งในระบบขับเคลื่อนประเภทเครื่องกล โดยมีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน คือ เพลาเกลียว (Shaft) และตลับลูกปืน (Nut) ซึ่งมีเม็ดลูกปืนกลม (Ball) เป็นตัวรับน้ำหนักและลดแรงเสียดทาน เป็นสกรูที่ถูกออกแบบมาใช้กับการขับเคลื่อนและการควบคุมตำแหน่งโดยเฉพาะ มีความแม่นยำสูง

2.6.1.1 ข้อดีของบอลสกรู

1) มีประสิทธิภาพในการส่งกำลังสูงกว่า 90%
2) ทราบอายุการใช้งานที่แน่นอน
3) เคลื่อนที่ได้อย่างนิ่มนวล
4) มีผลกระทบทางความร้อนน้อย
5) มีขนาดเล็กกว่าแบบอื่นๆ เมื่อเทียบภาระน้ำหนักกระทำที่เท่ากัน

2.6.1.2 ข้อเสียของบอลสกรู

1) มีความซับซ้อนมากกว่าแบบอื่นๆ
2) ต้องการการหล่อลื่นสูง

ภาพประกอบ 21 บอลสกรู

(**ที่มา :** http://www.3dcontentcentral.net/3DContentCentral/parts/browse/Ball-Screws.aspx)

2.6.2 หลีดสกรูหรือฟีดสกรู (Lead Screw or Feed Screw)

มีลักษณะเหมือนน๊อตตัวเมียกับน๊อตตัวผู้ เป็นสกรูที่ออกแบบใช้กับงานส่งกำลัง เป็นอุปกรณ์ที่หยาบมาก เนื่องจากสกรูนี้เป็นเกลียวรีด โดยการนำเหล็กเส้นมารีดออกมาเป็นเกลียวจึงทำให้มีราคาถูก แต่ความแม่นยำต่ำ

2.6.2.1 ข้อดีของหลีดสกรู

1) ราคาถูก

2) เหมาะกับการใช้งานที่ไม่ต้องการความละเอียดสูง

2.6.2.2 ข้อเสียของหลีดสกรู

1) มีความร้อนสูง

2) ต้องการการหล่อลื่นมากกว่าบอลสกรู

ภาพประกอบ 22 หลีดสกรู

(**ที่มา :** http://www.leadscrew.com.tw/html/e-sm-7products.htm)

2.7 รางนำเลื่อน (Linear Guide)

รางนำเลื่อนประกอบขึ้นมาจากแท่นที่เคลื่อนที่เลื่อนไถลบนรางลูกปืน โดยที่ลูกปืนจะถูกกดทั้งสามทิศทางให้ติดกับราง ดังนั้นแท่นเคลื่อนที่ซึ่งติดตั้งอยู่บนรางเดียวจึงสามารถเคลื่อนที่ได้โดยไม่ร่วงและไม่เกิดการสั่น เนื่องจากไม่มีการสั่นทำให้สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างแม่นยำ จึงนิยมนำมาใช้ในการประคองการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงให้มีความเที่ยงตรงสูงและทำหน้าที่รับน้ำหนักของชุดเคลื่อนที่

ภาพประกอบ 23 รางนำเลื่อน

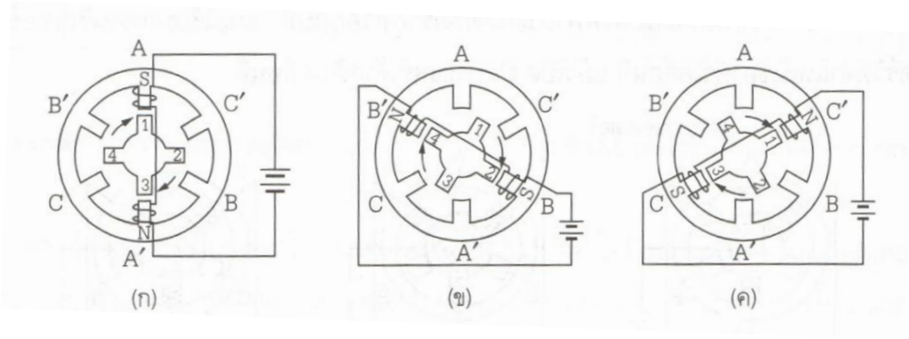
(**ที่มา :** http://www.asiabearings.com/Linear-Bearings/Rolled-thread-linear-guides-and-slides-BRH15B.html)

2.8 สเตปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Motor)

สเตปปิ้งมอเตอร์เป็นมอเตอร์ที่ใช้การปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าในขดลวดของตัวอยู่กับที่ (Stator) ให้เกิดสนามไฟฟ้าต่อกันไปเป็นลำดับ ก่อให้เกิดแรงดึงกับขั้วของตัวเคลื่อนที่ (Rotor) ทำให้เกิดการหมุน ดังตัวอย่างหลักการทำงานในภาพประกอบ 24 จะเกิดสนามไฟฟ้าจาก A ไป B ไป C ตามลำดับ ทำให้เกิดแรงดึงระหว่าง A กับขั้ว 1, B กับขั้ว 2 และ C กับขั้ว 3 ทำให้ตัวเคลื่อนที่หมุนเป็นมุมครั้งละ 30^{o} การปล่อยกระแสไฟให้ไหลผ่านขดลวดของตัวเคลื่อนที่เป็นลำดับจะใช้วงจรพัลส์

ดังนั้นจึงสามารถกำหนดการหมุนของตัวเคลื่อนที่ได้ตามจำนวนพัลส์ จำนวนรวมของพัลส์จะกำหนดมุมที่หมุนไปทั้งหมด ความถี่ของพัลส์จะกำหนดความเร็วในการหมุน เนื่องจากสามารถควบคุมได้โดยใช้พัลส์จึงนำไปใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ดิจิตอลได้ง่าย สามารถบังคับมุมของการหมุน ความเร็ว ทิศทางการหมุนไป-กลับ เคลื่อนที่หรือหยุดได้อย่างแม่นยำ รวดเร็ว ไม่จำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความเร็วหรืออุปกรณ์ตรวจจับอื่นๆ ถ้าหากปล่อยกระแสไฟเข้าไปตลอดเวลาจะสามารถยึดตัวเคลื่อนที่ไว้ ณ ตำแหน่งนั้นได้

กำลังของสเตปปิ้งมอเตอร์ที่ใช้กันมากมีขนาดตั้งแต่ 1-30 W ซึ่งเป็นขนาดเล็ก มุมที่หมุนต่อสเตปมีตั้งแต่ 0.36^{o} (หมุน 1 rev ใช้ 1,000 step) จนถึง 18^{o} (หมุน 1 rev ใช้ 20 step) โดยส่วนใหญ่จะใช้ในงานที่ต้องการกำลังไม่มาก งานที่ต้องควบคุมบ่อยๆ เช่น ใช้ในการปรับตำแหน่งของโต๊ะเคลื่อนที่แกน XY



ภาพประกอบ 24 หลักการทำงานของสเตปปิ้งมอเตอร์

(**ที่มา :** Yoneyama Takeshi, แนวคิดและวิธีการออกแบบเครื่องจักรกล, 2548: 270)

ภาพประกอบ 25 สเตปปิ้งมอเตอร์

(**ที่มา :** http://www.orientalmotor.co.th/products/st/stepmotor_pk5_f)

การคำนวณเพื่อเลือกสเตปปิ้งมอเตอร์ในการขับเคลื่อนกลไกต่างๆ ของเครื่องจักรผ่านบอลสกรูทั้ง 3 แกน สามารถพิจารณาได้จากขนาดของแรงบิดที่ต้องเอาชนะโหลด และแรงบิดที่ต้องใช้ในการเร่งหรือหน่วงเพื่อให้เครื่องจักรมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วตามที่ต้องการ รวมทั้งแรงเฉื่อยรวมที่เกิดขึ้นจากมวลของวัตถุที่บอลสกรูต้องขับเคลื่อนและแรงเฉื่อยที่เกิดขึ้นจากบอลสกรูเอง

สำหรับแรงบิดที่สเตปปิ้งมอเตอร์ต้องใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องพ่นทรายอัตโนมัติขนาดเล็กในแต่ละแนวแกน สามารถแสดงได้ดังสมการด้านล่างนี้

$$T_{1,i} = T_{friction} + (J_{coupling} + J_{screw} + J_{reflect}) \times \alpha \qquad (1)$$

โดยที่

$$T_{friction} = \frac{F_i \times P}{2\pi\eta} \quad (2)$$

$$F_x = M_i g + M_i a$$

$$F_y, F_z = \mu M_i g + M_i a$$

$$J_{coupling} = \frac{M_c}{2}\left(r_i^2 + r_o^2\right) \quad (3)$$

$$J_{screw} = \frac{M_b D^2}{8} \quad (4)$$

$$J_{reflect} = M_i\left(\frac{P}{2\pi}\right)^2 \quad (5)$$

เมื่อ

$T_{1,i}$ คือ แรงบิดรวมที่สเตปปิ้งมอเตอร์ต้องใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องพ่นทรายอัตโนมัติในแนวแกน i

F_i คือ แรงในแนวแกน i

$T_{friction}$ คือ แรงบิดที่ต้องเอาชนะแรงเสียดทาน

$J_{coupling}$ คือ แรงเฉื่อยของตัวจับยึด

J_{screw} คือ แรงเฉื่อยของบอลสกรู

$J_{reflect}$ คือ แรงเฉื่อยเนื่องจากมวล

M_i คือ มวลที่สเตปปิ้งมอเตอร์ต้องขับเคลื่อนในแนวแกน i

M_b คือ มวลของบอลสกรู

M_c คือ มวลของตัวจับยึด

r_i คือ รัศมีวงในของตัวจับยึด

r_o คือ รัศมีวงนอกของตัวจับยึด

α คือ ค่าความเร่งเชิงมุม (rad/s^2)

a คือ ค่าความเร่งเชิงเส้น (m/s^2)

μ คือ ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของบอลสกรู

η คือ ค่าประสิทธิภาพของบอลสกรู

P คือ ระยะพิตซ์ของบอลสกรู

D คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบอลสกรู

2.9 ชุดควบคุมการทำงาน (Controller)

2.9.1 หน้าที่ของชุดควบคุม ได้แก่

2.9.1.1 สื่อสารกับผู้ควบคุมเครื่อง

2.9.1.2 ประมวลผลข้อมูล

2.9.1.3 ควบคุมการทำงานของเครื่องจักร

2.9.2 องค์ประกอบของชุดควบคุม ประกอบด้วย

2.9.2.1 Computer ทำหน้าที่สื่อสารกับผู้ใช้งาน เช่น รับคำสั่งและประมวลผลข้อมูลร่วมกับโปรแกรม NC

2.9.2.2 NC (Numerical Control) ทำหน้าที่สื่อสารกับชุดคอมพิวเตอร์และคำนวณตำแหน่งและจุดระหว่างการเคลื่อนที่และทำงานควบคุมความเร็วและตำแหน่งของมอเตอร์

2.9.3 ชุดควบคุมของเครื่องพ่นทรายอัตโนมัติ

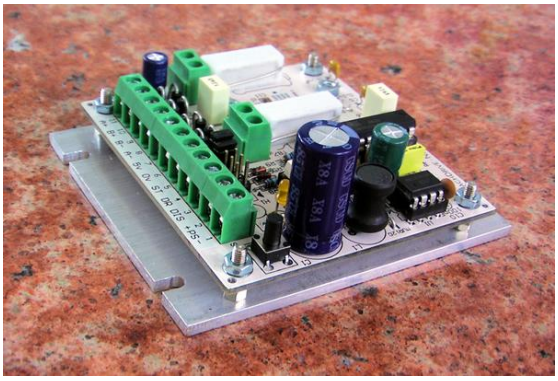
สำหรับชุดควบคุมการทำงานของเครื่องพ่นทรายอัตโนมัติที่ใช้งานเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของแกนและควบคุมการทำงานต่างๆ ของเครื่อง ประกอบด้วย

2.9.3.1 บอร์ดควบคุมมอเตอร์

สำหรับบอร์ดควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์ ที่ใช้เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนกลไกต่างๆ ของเครื่องพ่นทรายอัตโนมัติ มีหลากหลายชนิดทั้งแบบแยกขับสเตปปิ้งมอเตอร์แต่ละตัว และแบบตู้ควบคุมขับสเตปปิ้งมอเตอร์หลายแกน รวมทั้งมีขนาดของกระแสขับที่แตกต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นขนาด 2.5 A หรือขนาด 5 A ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและขนาดของสเตปปิ้งมอเตอร์ที่เลือกใช้งาน

2.9.3.2 โปรแกรมควบคุมการทำงาน

สำหรับโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องยิงทรายอัตโนมัติ โดยอาศัยคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมมีหลากหลายโปรแกรมเช่น PC CNC software, K Cam, Linux EMC CNC และMach3 เป็นต้น ส่วนสำหรับการที่จะเลือกโปรแกรมไหนใช้งานก็แล้วแต่ความเหมาะสม โดยการพิจารณาจากลักษณะขอบเขตของงาน รวมทั้งความเหมาะสมอื่นๆ



ภาพประกอบ 26 ตัวอย่างบอร์ดขับมอเตอร์รุ่น Mach Drive NB 1 แกน

(**ที่มา :** http://www.cncroom.com/index.php?main_page=product_info&products_id=32)

2.9.4 แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)

แหล่งจ่ายไฟ คืออุปกรณ์ที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ที่มีการใช้งานกันมากที่สุดในการแปลงพลังงานไฟฟ้าจากรูปแบบหนึ่งไปเป็นอีกรูปแบบหนึ่ง โดยจะแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (Direct current source: DC) กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating current source: AC)

2.9.4.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

คือแหล่งจ่ายที่กระแสไฟฟ้าไหลทิศทางเดียว ปกติกระแสไฟฟ้าจะไหลจากจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าไปยังจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ในทิศตรงกันข้ามกับกระแสไฟฟ้า ดังแสดงตัวอย่างแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงในภาพประกอบ 27

2.9.4.2 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ

คือแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่มีขั้วบวกกับขั้วลบสลับกับตลอดเวลา ในภาพประกอบ 28 แสดงตัวอย่างของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่มีใช้ในปัจจุบัน

ภาพประกอบ 27 ตัวอย่างแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 24 VDC 10 A

(**ที่มา :** http://www.cncroom.com/index.php?main_page=
product_info&cPath=3&products_id=162)

ภาพประกอบ 28 ตัวอย่างแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับรุ่น Prodigit 5200 A

(**ที่มา :** http://www.measuretronix.com/en/products/)