



เอกสารประกอบการศึกษา

เครื่องมือเครื่องใช้ในการซ่อมบำรุง (Maintenance Tools)

แผนกวิทยาการ กองวิทยาการ กรมช่างอากาศ

คำนำ

เครื่องมือเครื่องใช้ในการซ่อมบำรุงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับช่าง ถึงแม้จะมีความรู้ความสามารถหรือประสบการณ์มากเพียงใด ถ้าขาดเครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงานซ่อมบำรุง ก็จะไม่สามารถทำงานสำเร็จได้ การศึกษาถึงวิธีการใช้และการเลือกใช้เครื่องมือให้เหมาะสมกับงานเป็นสิ่งจำเป็น ที่จะต้องเรียนรู้หรือศึกษาด้วยตนเอง ทั้งนี้เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากเครื่องมือดังกล่าวได้ตามวัตถุประสงค์ของการออกแบบ สามารถปฏิบัติงานได้สำเร็จ เกิดความปลอดภัยต่อตนเองและผู้อื่นด้วย เนื้อหาในเอกสารประกอบการศึกษาเล่มนี้ จะกล่าวถึงเครื่องมือพื้นฐานทั่วไปและเครื่องมือพิเศษบางส่วน ที่ใช้ในการซ่อมบำรุงอากาศยาน ซึ่งสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ในการปฏิบัติงานหรือนำไปประยุกต์ใช้งานกับเครื่องมือชนิดอื่นๆ ได้ต่อไป

แผนกวิทยาการ กองวิทยาการ กรมช่างอากาศยาน

สารบัญ

เครื่องมือเครื่องใช้ในการซ่อมบำรุง.....	๔
การเลือกเครื่องมือ.....	๕
General Maintenance Tools.....	๖
ประแจ (Wrench).....	๖
มาตรฐานของประแจ.....	๖
คีม (Pliers).....	๑๒
ไขควง (Screw Driver).....	๑๔
ค้อน (Hammer).....	๑๖
Special Tools.....	๑๘
ประแจรู้แรงบิด (Torque Wrench).....	๑๘
เครื่องวัดความตึงลวด (Tension Meter).....	๒๑
เครื่องมือวัดองศา (Protractor).....	๒๒
Measuring.....	๒๒
บรรทัดเหล็ก (Steel Rule).....	๒๒
ตลับเทป (Tape Rule).....	๒๒
คาลิเปอร์ (Caliper).....	๒๓
เครื่องมือวัดประเภทเกจ (Gauge).....	๒๔
เวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier Caliper).....	๒๗
ไมโครมิเตอร์ (Micrometer).....	๓๙
Fabricating.....	๔๕
ตะไบ (Files).....	๔๕
เลื่อยมือ (Hand Hack Saw).....	๔๘
เครื่องมือตัดท่อ (Tube Cutting Tools).....	๕๐
เครื่องมือขยายปากท่อ (Flaring Tools).....	๕๐
เครื่องมือดัดท่อ (Bending Tools).....	๕๑
Power Tools.....	๕๑
สว่านไฟฟ้า (Electric Drill).....	๕๑
สว่านลม (Pneumatic Drill).....	๕๒
เครื่องเจียรระโนแบบตั้งโต๊ะ (Electric Bench Grinder).....	๕๒
ค้อนลม (Rivet Gun).....	๕๒
เครื่องดึงหมุดชนิดพิเศษ.....	๕๓

เครื่องมือเครื่องใช้ในการซ่อมบำรุง

ปัจจุบันเครื่องมือได้เข้ามามีบทบาทที่สำคัญต่อสังคมและการพัฒนาเศรษฐกิจของโลก ถ้าเราไม่มีเครื่องมือไว้ใช้แล้ว มนุษย์ก็ไม่อาจจะดำรงชีวิตอยู่ได้ นับตั้งแต่มนุษย์ยุคหินก็หาอาหารและทำเครื่องนุ่งห่มได้โดยใช้ขวานหินและมีด ต่อมาเมื่อมนุษย์มีความเจริญขึ้นก็ได้ปรับปรุงเครื่องมือให้ดียิ่งขึ้นตามลำดับจากเครื่องมือแบบธรรมดาและง่าย ๆ มาเป็นเครื่องมือที่มีความละเอียดสลับซับซ้อนมากขึ้น มนุษย์ใช้เครื่องมือที่ทันสมัยเหล่านี้ ช่วยในการทำงานและเพิ่มความสะดวกสบาย เมื่อมีความรู้มากขึ้น ก็สามารถคิดประดิษฐ์เครื่องมือต่างๆ ให้ยุ่งยากซับซ้อนมากขึ้นด้วย ถ้าไม่มีผู้คิดค้นเครื่องมือแล้ว เครื่องมือใหม่ที่ทันสมัยไม่อาจจะมีขึ้นได้ ดังนั้น การที่มนุษย์มีอารยธรรมสูงขึ้นย่อมมีความจำเป็นที่จะต้องมียุติการใช้เครื่องมือให้ถูกต้องและทำการรักษาไว้ให้คงสภาพไว้ให้นานๆ

เครื่องมือ นับว่าเป็นมิตรที่สนิทที่สุดและดีต่อช่างที่สุด ถ้ามนุษย์ไม่มีเครื่องมือใช้เสียแล้วก็เปรียบเสมือนว่าเป็นช่างตาบอด มองอะไรไม่เห็น ความจริงแล้ว ถ้าช่างตาบอดแต่มีความชำนาญในการใช้เครื่องมือได้ดี นับว่าเป็นคุณประโยชน์กว่ามีช่างที่เชี่ยวชาญแต่ไม่มีเครื่องมือใช้เลย ในปัจจุบันได้มีการใช้เครื่องจักรกลต่างๆ เป็นหลักในการทำงาน กองทัพอากาศจึงจำเป็นต้องพิถีพิถันเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือต่างๆ นี้ให้มากขึ้น ถ้าช่างไม่มีเครื่องมือเครื่องใช้หรือมีเครื่องมือแล้วแต่ไม่รู้วิธีการใช้ที่ถูกต้องแล้วก็จะยอมเสียเวลา หมดประสิทธิภาพในการทำงาน ตลอดจนอาจเป็นเหตุให้ช่างได้รับบาดเจ็บด้วย

ช่างเมื่อมีเครื่องมือไว้ใช้ จะต้องรู้ถึงวิธีการใช้เครื่องมือเป็นอย่างดีและรู้จักวิธีเก็บรักษาเครื่องมือให้คงสภาพดีตลอดเวลา นอกจากนั้นแล้วในขณะที่ช่างทำงานโดยใช้เครื่องมือต่างๆ อยู่ก็จะมีผู้อื่นคอยจ้องจับตามองอยู่ด้วย ว่าใช้เครื่องมือด้วยความระมัดระวังและละเอียดรอบคอบเพียงใด เมื่อนำเครื่องมือออกไปใช้แล้วจะต้องเก็บไว้ที่เดิมให้เรียบร้อย โดยต้องเช็ดเครื่องมือให้สะอาดและแห้งก่อนเก็บลงหีบเครื่องมือ ในบางครั้งต้องทาน้ำมันหล่อลื่นบนเครื่องมือเพื่อป้องกันสนิมในเมื่อไม่ได้ใช้เครื่องมือเป็นเวลานานโดยทาไว้บางๆ ไม่ให้โชกเพราะจะทำให้เปราะอะเลอะเทอะ สกปรกหรือลื่นได้ สำหรับเรื่องการใช้และการรักษาเครื่องมือที่ถูกต้องนั้นเป็นสิ่งสำคัญมาก มิฉะนั้นแล้วอาจจะทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ การมีความรู้ในการใช้เครื่องมืออย่างถูกต้องนั้น นอกจากจะเป็นการป้องกันอุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้นแล้ว ยังป้องกันไม่ให้ช่างได้รับอันตรายหรือบาดเจ็บ ถึงแม้ว่าช่างจะมีความสะเพร่าเลินเล่อในการใช้เครื่องมือบ้างก็ตาม เครื่องมือเหล่านั้นจะไม่ชำรุดได้ง่ายๆ การเก็บเครื่องมือให้เรียบร้อยจะต้องเก็บในหีบเครื่องมือหรือที่เก็บหรือที่แขวนตามเดิมทุกครั้งเพื่อสะดวกในการนำออกไปใช้งานในครั้งต่อไป ไม่เสียเวลาในการค้นหา ข้อห้ามที่ไม่สมควรปฏิบัติคือ หีบเครื่องมือมีไว้ใส่และเก็บเครื่องมือเท่านั้น มิใช่ไว้เป็นที่นั่งหรือรองเหยียบ ห้ามวางเครื่องมือไว้บนปีกเพราะจะทำให้เกิดรอยครูดบนปีกเครื่องบินได้ อย่าใช้หีบเครื่องมือเป็นอุปกรณ์ช่วยเหลือการทำงานของช่าง เช่น ม้ารอง เป็นต้น ทั้งนี้ให้วางหีบเครื่องมือบนพื้นเสมอ

การเลือกเครื่องมือ

- ให้นำเครื่องมือไปใช้งานเท่าที่จำเป็นเท่านั้น ไม่ควรนำไปทั้งหีบเครื่องมือ และควรทราบขนาดหัวสลัก



รูปที่ ๑ ขนาดของหัวโบลท์และประแจ

- การใช้ประแจให้ใช้ประแจกระบอก (Socket Wrench) ก่อน จากนั้นให้ใช้ประแจแหวน (Box End Wrench) และประแจปากตาย (Open End Wrench) ตามลำดับ



รูปที่ ๒ ลำดับการใช้ประแจ

- ไขควง (Screw Driver) จะต้องเลือกให้มีขนาดพอดีกับหัวสลักเกลียวเสมอ



รูปที่ ๓ ไขควงและหัวสลักเกลียว

ชนิดของเครื่องมือ แบ่งเป็น ๕ ประเภทได้แก่

๑. General Maintenance Tools เป็นเครื่องมือที่ช่างเครื่องบินและช่างเครื่องยนต์ใช้ประจำ เช่น ไขควง ประแจ เป็นต้น
๒. Special Tools สำหรับงานพิเศษโดยเฉพาะ ซึ่งช่างไม่ได้ทำเป็นประจำ แต่จำเป็นที่จะต้องใช้ในการซ่อมบำรุงอากาศยาน เพื่อตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ให้ถูกต้องตามคู่มือซ่อมบำรุงของอากาศยาน ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้หลังจากซ่อมเสร็จเรียบร้อยแล้ว
๓. Measuring ใช้ตรวจสอบหรือวัดขนาดชิ้นงานที่ทำเสร็จแล้ว
๔. Fabricating เป็นเครื่องมือตกแต่งชิ้นส่วนต่างๆ
๕. Power เป็นเครื่องมือที่มีการทำงานด้วยไฟฟ้าหรือลม

๑. General Maintenance Tools

๑.๑ ประแจ (Wrench)

งานถอด งานประกอบชิ้นส่วนต่างๆที่ต้องใช้ขัน (Nut) สกรู (Screw) หรือโบลท์ (Bolt) เป็นตัวยึดแน่น จะต้องใช้ประแจ ช่วยในการกดขันให้แน่น และช่วยคลายออกเมื่อต้องการถอดแยกชิ้นส่วนต่างๆออกจากกัน ประแจจึงเป็นเครื่องมือพื้นฐานที่สำคัญเบื้องต้นสำหรับงานช่างทุกประเภท ซึ่งมีความจำเป็นที่จะต้องเลือกใช้แตกต่างกันตามขนาด ชนิดและจำนวนมากขึ้นขึ้นอยู่กับลักษณะประเภทของงาน โดยทั่วไปประแจแบ่งออกได้เป็น ๒ ประเภทใหญ่ๆ คือ

๑. ประเภทปากประแจมีขนาดโตคงที่ ปรับ ลดขนาดไม่ได้ (Non Adjustable Jaw) เช่น ประแจปากตาย ประแจแหวน เป็นต้น

๒. ประเภทปากประแจปรับขยายหรือลดขนาดได้ (Adjustable Jaw) เช่น ประแจเลื่อน เป็นต้น

มาตรฐานของประแจ

มาตรฐานของประแจขึ้นอยู่กับมาตรฐานของหัวนัท (Nut) หัวสกรู (Screw) หัวโบลท์ (Bolt) โดยปกติแบ่งออกได้เป็น ๓ มาตรฐานคือ

๑. มาตรฐานอเมริกัน (American Standard)

เป็นมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา เรียกว่า ระบบอเมริกันหรือระบบนิ้ว ประแจตามมาตรฐานอเมริกันจึงบอกขนาดเป็น “นิ้ว” หรือ “เศษส่วน” ของนิ้ว โดยกำหนดขนาดประแจเท่ากับความโตของหัวนัท (Nut) หัวสกรู (Screw) หรือหัวโบลท์ (Bolt) โดยทั่วไปจะนิยมเรียกประแจตามระบบนี้ว่า “ประแจนิ้ว”



รูปที่ ๔ ประแจมาตรฐานอเมริกัน

๒. มาตรฐานอังกฤษและมาตรฐานวิทเวอร์ธ (British Standard & Whitworth Standard)

สำหรับมาตรฐานอังกฤษเป็นมาตรฐานดั้งเดิม น้ำหนักจะกำหนดเป็นปอนด์ ความยาวเป็น นิ้ว, ฟุต เช่นเดียวกับมาตรฐานอเมริกัน ขนาดของเครื่องมือ ชิ้นส่วนอุปกรณ์ เครื่องจักรต่างๆ จึงมีขนาดเป็นนิ้ว เป็นฟุต ส่วนนัท (Nut) สกรู (Screw) โบลท์ (Bolt) ได้มีผู้คิดรูปแบบเกลียวแบบพิเศษซึ่งเป็นชาวอังกฤษคือ นายวิทเวอร์ธ (Whitworth) จึงเรียกตามชื่อผู้คิดว่าเป็น เกลียววิทเวอร์ธ ปกติความโตของนัท (Nut) สกรู (Screw) โบลท์ (Bolt) จะวัดกันที่หัว แต่สำหรับเกลียววิทเวอร์ธบอกขนาดของประแจโดยวัดขนาดที่ตัวเกลียว ประแจที่ใช้จึงมีขนาดแตกต่างจากประแจนิ้วธรรมดา เรียกชื่อประแจประเภทนี้ว่า “ประแจวิทเวอร์ธ” เพื่อมิให้สับสนและให้ผู้ใช้ได้ทราบว่าเป็นประแจวิทเวอร์ธ ที่ตัวประแจนอกจากจะบอกขนาดตัวเลขเป็นนิ้วหรือเศษส่วนของนิ้วแล้ว ก็ยังจะเพิ่มเครื่องหมาย “W” กำกับไว้ด้วย



รูปที่ ๕ ประแจมาตรฐานอังกฤษและมาตรฐานวิทเวอร์ธ

๓. มาตรฐานเมตริก (Metric Standard)

เป็นมาตรฐานที่ใช้แพร่หลายอยู่ในกลุ่มประเทศยุโรปเป็นส่วนใหญ่ รวมทั้งประเทศอุตสาหกรรมแถบเอเชีย มาตรฐานระบบนี้กำหนดหน่วยวัดเป็น มิลลิเมตร, เซนติเมตร, เมตร ซึ่งตรงกับมาตรฐานสากลระหว่างชาติ (S.I. Unit) โดยกำหนดมาตรฐานของสกรูเป็น I.S.O. mm ขนาดดังกล่าวเป็นขนาดของหัวนัท (Nut) หัวสกรู (Screw) หัวโบลท์ (Bolt) ดังนั้นประแจที่ใช้จึงมีขนาดเป็นมิลลิเมตรซึ่งจะเห็นเป็นตัวเลขบอกขนาดตอกไว้ที่ประแจ เรียกว่า “**ประแจมิล**” เมื่อต้องใช้ประแจขนาดเท่าไร ก็ระบุตัวเลขของประแจด้วยการเรียกเป็นเบอร์ เช่น ประแจเบอร์ ๑๐ หมายความว่าประแจเบอร์ ๑๐ ใช้กับหัวนัท (Nut) หัวสกรู (Screw) หรือหัวโบลท์ (Bolt) ที่มีขนาดโต ๑๐ มิลลิเมตร เป็นต้น



รูปที่ ๖ ประแจมาตรฐานเมตริก

SOCKETS and WRENCHES (SPANNERS)																	
Key to Nut & Bolt Sizes																	
Nut Size Across Flats			British sizes			Nut Size Across Flats			British sizes			Nut Size Across Flats			British Sizes		
Decimal	mm	Inch	BA	BSF	BSW	Decimal	mm	Inch	BA	BSF	BSW	Decimal	mm	Inch	BA	BSF	BSW
0.250		1/4				0.590	15					1.000		1			
0.276	7					0.600				3/8	5/16	1.010				5/8	9/16
0.282			3			0.625		5/8				1.024	26				
0.312		5/16				0.629	16					1.063	27	1 1/16			
0.316	8					0.669	17					1.100				11/16	5/8
0.324			2			0.687		11/16				1.102	28				
0.340				3/16	1/8	0.708	18					1.125		1 1/8			
0.343		11/32				0.710				7/16	3/8	1.181	30				
0.354	9					0.748	19					1.188		1 3/16			
0.365			1			0.750		3/4				1.200				3/4	11/16
0.375		3/8				0.787	20					1.250		1 1/4			
0.394	10					0.812		13/16				1.260	32				
0.412			0			0.820				1/2	7/16	1.300				7/8	3/4
0.433	11					0.827	21					1.313		1 5/16			
0.437		7/16				0.866	22					1.339	34				
0.445				1/4	3/16	0.875		7/8				1.375		1 3/8			
0.472	12					0.906	23					1.390					13/16
0.500		1/2				0.920				9/16	1/2	1.417	36				
0.512	13					0.938		15/16				1.438		1 7/16			
0.525				5/16	1/4	0.945	24					1.480				1	7/8
0.551	14					0.984	25					1.496	38				
0.562		9/16				1.000		1				1.500		1 1/2			
0.590	15					1.010				5/8	9/16	1.563		1 9/16			
0.600				3/8	5/16	1.024	26					1.575	40				15/16
0.625		5/8				1.063	27	1 1/16				1.625		1 5/8			

รูปที่ ๗ ตารางขนาดประแจและหัวสลักเกลียวตามมาตรฐานอเมริกา, เมตริก, อังกฤษ และวิทเวอร์ธ

๑.๑.๑ ประแจกระบอก (Socket Wrench)

ประแจกระบอก (Socket Wrench) ประกอบด้วย Socket และ Handle โดยทั่วไปที่ใช้กันแพร่หลาย ในทางช่างมีลักษณะเป็นตัวเดี่ยวยวมพอดีกับหัวนัท หัวสกรู หรือหัวโบลท์ ภายใน Socket จะทำเป็นเหลี่ยมหรือมุม ให้สวมเข้ากับเหลี่ยมของหัวนัท หัวสกรู หรือหัวโบลท์ ได้พอดี ที่ Socket จะมีขนาดบอกไว้ตามขนาดของหัวนัท หัวสกรู หรือหัวโบลท์ เช่น 3/8", 1/2", 10 mm, 12 mm เป็นต้น ดังนั้นประแจกระบอกจึงนิยมทำเป็นชุดๆ มีหลายขนาด เวลาใช้ต้องมีตัวมั่วต่อ สามารถถอดเปลี่ยนได้ จึงสามารถใช้ตัวมั่วต่ออันเดียวกับ Socket ขนาดต่างๆ ได้



รูปที่ ๘ ประแจกระบอก (Socket Wrench)

๑.๑.๒ ประแจแหวน (Box End Wrench)

ประแจแหวน (Box End Wrench) มีลักษณะเป็นห่วงวงแหวน ใช้สวมกับหัวนัท หัวสกรู หรือหัวโบลท์ เมื่อต้องการกดเข้าหรือคลายออก ด้านในทำเป็นเหลี่ยมหรือมุม (Point) ที่พอดีกับหัวนัท หัวสกรู หรือหัวโบลท์ โดยทั่วไปนิยมทำ ๑๒ มุม (12 Point) เพราะสะดวกสามารถเปลี่ยนตำแหน่งมุมกดหรือคลายหัวนัท หัวสกรู หรือหัวโบลท์ ได้ดี ตัววงประแจหัวท้ายจะเอียงจากลำตัวประแจเล็กน้อยประมาณ ๑๐°-๑๕° หรือบางแบบเอียง ๖๐° ปลายทั้งสองข้างงอสลับตรงข้ามกัน ทำให้ช่องว่างมากพอจับประแจใช้งานได้ไม่ติด ประแจตัวๆ หนึ่งจะใช้ได้กับหัวนัท หัวสกรู หรือหัวโบลท์ ได้ ๒ ขนาดคู่กันเช่น ประแจเบอร์ ๑๐-๑๑, ประแจนิ้ว ๑/๒-๙/๑๖ เป็นต้น



รูปที่ ๙ ประแจแหวน (Box End Wrench)

๑.๑.๒.๑ ประแจแหวนปลายผ้า (Flare Nut Wrench)

ประแจแหวนปลายผ้า (Flare Nut Wrench) เป็นประแจใช้ถอด ใส่ท่อทางน้ำมัน ปกติพวกนัท (Nut) ยึดข้อต่อท่อ (Flare Nut) ทางเดินน้ำมันจะแน่นมาก ถ้าใช้ประแจปากตายกวดหรือคลายจะมีโอกาสพลาดทำให้ชำรุดเสียหายได้ ประแจที่ใช้งานประเภทนี้จะผ่าปลายวงแหวนเป็นช่องให้โตพอสอดผ่านท่อทางน้ำมันได้



รูปที่ ๑๐ ประแจแหวนปลายผ้า (Flare Nut Wrench)

๑.๑.๒.๒ ประแจแหวนโค้ง (Half Moon Wrench)

ประแจแหวนชนิดนี้ออกแบบให้ตัวประแจโค้งคล้ายเสี้ยวพระจันทร์ออกแบบมาเพื่อใช้งานอยู่ในที่จำกัด ซึ่งประแจธรรมดาสอดเข้าใช้ไม่สะดวก



รูปที่ ๑๑ ประแจแหวนโค้ง (Half Moon Wrench)

๑.๑.๒.๓ ประแจแหวนโค้งเอส (S Shape Wrench)

ประแจแหวนชนิดนี้ออกแบบให้ตัวประแจโค้งคล้ายรูปตัวเอส “S” ออกแบบมาเพื่อใช้งานอยู่ในที่จำกัด ซึ่งประแจธรรมดาสอดเข้าใช้ไม่สะดวก



รูปที่ ๑๒ ประแจแหวนโค้งเอส (S Shape Wrench)

๑.๑.๒.๔ ประแจแหวนแบบตีและแบบตอด้าม (Striking Wrench)

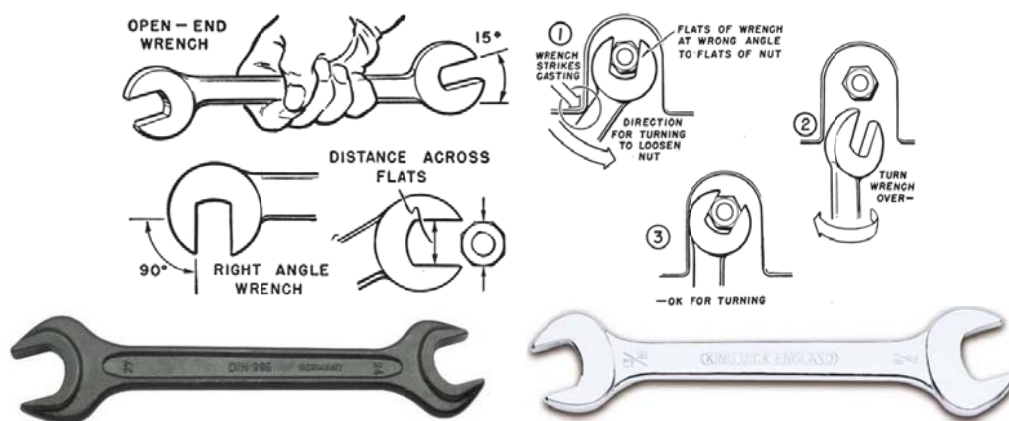
ประแจแหวนชนิดนี้มีตัววงประแจข้างเดียว ตัวก้านโตหนาแข็งแรงกว่าประแจธรรมดา โคนประแจเป็นสี่เหลี่ยมสำหรับใช้ค้อนตี นอกจากนี้ยังมีชนิดที่ใช้ด้ามตอเพื่อเพิ่มแรงกวดหรือคลาย แบบนี้ตรงส่วนด้ามหรือก้านจะกลมตรงใช้ทอกลมเป็นด้ามต่อได้



รูปที่ ๑๓ ประแจแหวนแบบตีและแบบตอด้าม (Striking Wrench)

๑.๑.๓ ประแจปากตาย (Open End Wrench)

ลักษณะรูปร่างของปากประแจเป็นรูปตัว U เหมือนกันทั้งสองข้าง และปากประแจจะทำมุมกับแนวแกนของตัวประแจประมาณ ๑๕° หรือ ๒๒.๕° เหมาะสำหรับใช้ในที่แคบๆ เพื่อต้องการให้มีระยะเคลื่อนที่ของตัวประแจ ในขณะที่กดหรือคลายนัท สกรู หรือโบลท์ ขนาดความกว้างของปากประแจโตเท่ากับขนาดของหัวนัท หัวสกรู หรือหัวโบลท์ ดังนั้นการใช้งานจึงต้องเลือกขนาดของประแจให้สอดคล้องกับขนาดของหัวนัท หัวสกรู หรือหัวโบลท์ ดังนั้นปกติผู้ผลิตจะตอกตัวเลขบอกขนาดไว้ด้วย ประแจตัวๆ หนึ่งจะใช้ได้กับหัวนัท โบลท์ได้ ๒ ขนาดคู่กัน เช่น ประแจเบอร์ ๑๐-๑๑, ประแจเบอร์ ๑๒-๑๓, ประแจ 1/2"- 9/16", 7/16W-1/2W เป็นต้น



รูปที่ ๑๔ ประแจปากตาย (Open End Wrench)

๑.๑.๔ ประแจผสม (Combination Wrench)

เหมาะสำหรับใช้ในการขันสลักเกลียวให้รวดเร็วยิ่งขึ้น ถ้าเปรียบเทียบกับกันระหว่างประแจแวนกับประแจปากตายแล้ว ประแจปากตายทำงานได้รวดเร็วเพราะประแจปากตายไม่ต้องเสียเวลากดประแจเข้า ออกสวมนหัวสลักเกลียวทุกครั้งเหมือนประแจแวน ในกรณีที่สลักเกลียวแน่นมากจะใช้ประแจผสมข้างที่เป็นประแจแวนเป็นตัวเริ่มต้นคลายออกก่อน แล้วตามด้วยข้างที่เป็นปากตาย ในทำนองเดียวกันเมื่อต้องการขันสลักเกลียวเข้า ก็จะใช้ข้างที่เป็นประแจปากตายขันเข้าให้แน่นก่อน แล้วจึงใช้ข้างที่เป็นประแจแวนขันเสริมให้ถึงตามที่ต้องการ



รูปที่ ๑๕ ประแจผสม (Combination Wrench)

๑.๑.๕ ประแจปากขยาย (Adjustable Jaw Wrench)

เป็นประแจที่ปากสามารถปรับขยายให้กว้างหรือแคบ ตามขนาดความโตของหัวนัท หัวสกรู หรือหัวโบลท์ได้ตามที่ต้องการ

๑.๑.๕.๑ ประแจเลื่อน (Crescent Wrench)

ใช้ขันหรือคลายสลักเกลียวของงานที่ไม่ต้องการความแม่นยำมากนัก เนื่องจากประแจเลื่อนปรับขยายได้ ทำให้ความแข็งแรงของปากประแจลดลง จึงไม่ควรนำประแจเลื่อนมาใช้แทนประแจชนิดอื่นทุกกรณี เว้นแต่หัวนัท หัวสกรู หรือหัวโบลท์ มีขนาดที่ไม่แน่นอน หรือเป็นขนาดที่ไม่ตรงกับมาตรฐานของประแจ



รูปที่ ๑๖ ประแจเลื่อน (Crescent Wrench)

๑.๑.๕.๒ ประแจจับท่อ (Pipe Wrench)

ใช้สำหรับงานท่อ เช่น จับยึดท่อขนาดใหญ่ๆ หรือสำหรับขัน คลายท่อ และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในงานท่อ เนื่องจากท่อประปาหรือท่อกลมเป็นท่อกลมผิวเรียบจึงต้องการให้มีความฝืดในการจับของปากประแจ จึงทำให้ปากของประแจมีซี่ฟันหยาบเพื่อต้องการให้จับได้อยู่ไม่ลื่นไถล



รูปที่ ๑๗ ประแจจับท่อ (Pipe Wrench)

๑.๑.๕.๓ ประแจเลื่อนสำหรับงานหนัก (Auto Wrench)

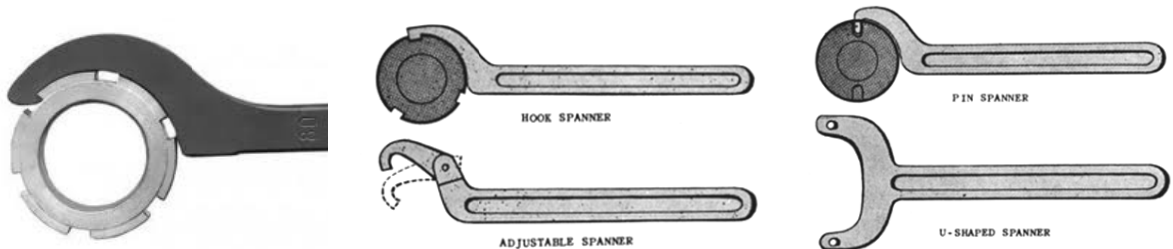
เป็นประแจเลื่อนชนิดที่ใช้งานหนัก ปากของประแจทำมุม 90° กับด้าม เวลาขันหรือคลายปากที่ปรับเลื่อนเข้าออกได้จะไม่เยื้องขยายออกได้ง่ายเหมือนกับประแจเลื่อน



รูปที่ ๑๘ ประแจเลื่อนสำหรับงานหนัก (Auto Wrench)

๑.๑.๖ ประแจขอ (Hook Wrench)

โดยปกติแล้วประแจชนิดนี้จะให้มาพร้อมกับเครื่องจักร หัวนัทหรือหัวโบลท์บางชนิดอาจทำเป็นแป้นกลม (Round Nut) ดังนั้นถ้าต้องการจะขันให้แน่นจึงต้องใช้ประแจพิเศษ ซึ่งงอเป็นขอโค้ง มีปุ่มหรือเดือยเกี่ยวที่ปลาย ที่หัวนัทหรือหัวโบลท์จะต้องเจาะหรือบากร่องสำหรับให้ปลายขอของประแจสอดเข้าไปขัดได้ ประแจขอมีหลายแบบ คือ แบบขอเกี่ยว (Hook Type), แบบตัวยู (U-Shape), แบบขันหัว (End Spanner), แบบสลัก (Pin Spanner) และแบบ (Face Pin Spanner) เป็นต้น



รูปที่ ๑๙ ประแจขอ (Hook Wrench)

๑.๑.๗ ประแจแอลหรือประแจหกเหลี่ยม (Allen Wrench)

ประแจชนิดนี้เป็นเส้นทกเหลี่ยมใช้สวมพอดีกับรูทกเหลี่ยมที่หัวสกรู ส่วนมากจะงอเป็นรูปตัวแอล จะพบใช้มากในงานยึดติดตั้งของชิ้นส่วนที่ไม่ต้องการให้หัวสกรูยื่นสูงกว่าผิวงาน หัวสกรูจะฝังจมในเนื้อชิ้นงาน จึงเรียกว่า “สกรูหัวฝัง (Set Screw)” รูทกเหลี่ยมที่หัวสกรูจึงมีลักษณะเป็นหลุม ประแจที่ใช้ขันบางครั้งเรียกว่า ประแจหลุม หรือ ประแจทกเหลี่ยม บางชนิดอาจไม่ทำเป็นทกเหลี่ยม แต่จะทำตามลักษณะรูที่ใช้ประแจขันเช่น เป็นสี่เหลี่ยมซึ่งจะใช้มากกับปลอกรัดแหวนลูกสูบเครื่องยนต์



รูปที่ ๒๐ ประแจแอลหรือประแจทกเหลี่ยม (Allen Wrench)

ข้อควรระวังและความปลอดภัยการใช้ประแจ

๑. เลือกใช้ประแจที่มีขนาดถูกต้องพอดีกับหัวนัท สกรู หรือโบลท์ เพราะถ้าขนาดไม่พอดีอาจพลาดในขณะขันหรือคลาย ทำให้บาดเจ็บหรือทำให้เหลี่ยมของหัวนัท สกรูหรือโบลท์เสียได้

๒. เลือกใช้ประแจตามความเหมาะสมของงานว่าที่ใดควรจะใช้ประแจปากตาย ประแหวน หรือประแจกระบอก

๓. ใช้วิธีดึงหรือเหวี่ยงประแจเข้าหาตัวเสมอเพราะสามารถบังคับประแจได้

๔. ไม่ใช้ค้อนช่วยตีเพื่อกวัดให้แน่นหรือคลายออก ยกเว้นประแจชนิดตี

๕. ไม่ต่อต้านประแจให้ยาวกว่าเดิม อาจหักแล้วทำให้เกิดอันตรายได้ ถ้าจำเป็นให้ใช้ชนิดต่อต้าน

๖. อย่าใช้แผ่นรองเสริมปากและขณะที่ใช้ประแจขันสลักที่มีหัวกลมกับประแจ

๗. ขณะที่ต้องทำงานด้วยประแจ ควรทำความสะอาดบริเวณนั้นอย่าให้มีจาระบีหรือน้ำมันเครื่องหยดเปื้อนตามพื้น เพราะอาจลื่นเกิดอันตราย

๘. ปฏิบัติงานด้วยมือที่สะอาดไม่เปื้อนน้ำมัน ควรสวมถุงมือผ้าปฏิบัติงาน

๙. ห้ามใช้งานประแจกับเครื่องจักรที่กำลังทำงานหมุนอยู่

๑.๒ คีม (Pliers)

เป็นเครื่องมือพื้นฐานของงานช่างอีกประเภทหนึ่ง ใช้กับงาน คีบ บีบ จับ บิด ดัด ดึงหรือใช้ตัดงานเบาๆ เป็นกลไกผ่อนแรงที่ช่างทุกคนจำเป็นจะต้องมีไว้ใช้งานประจำตัวและควรจะต้องใช้ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม คีมมีหลายขนาด หลายชนิด แยกออกตามลักษณะงานได้เป็น ๒ กลุ่มใหญ่ๆ คือ

๑. **คีมด้ามหุ้มฉนวน** คีมประเภทนี้ใช้กับงานช่างไฟฟ้า ช่างอิเล็กทรอนิกส์ ตัวด้ามจำเป็นต้องหุ้มด้วยฉนวนยางหรือพลาสติก เพื่อป้องกันไฟฟ้าดูด

๒. **คีมด้ามเปลือย** ด้ามคีมประเภทนี้ไม่จำเป็นต้องมีฉนวนหุ้ม ได้แก่ คีมที่ใช้งานทางเครื่องกลทุกชนิด งานช่างยนต์ ซึ่งเป็นงานที่จะต้องเปื้อนน้ำมันเป็นประจำ ถ้าใช้คีมด้ามหุ้มฉนวนจะมีโอกาสลื่นง่าย

ขนาดของคีมจะกำหนดความยาวของตัวคีมจากหัวสุดด้าม ขนาด ๕-๖ นิ้วเป็นขนาดที่ใช้งานเบาๆ ส่วน ๘-๑๐ นิ้วขึ้นไปจะใช้กับพวงงานหนัก ซึ่งต้องออกแรงบีบ จับ หรือบิดมากๆ

๑.๒.๑ คีมตัด (Diagonal Cutter Pliers)

คีมประเภทนี้ใช้เฉพาะงานตัดเพียงอย่างเดียว ชนิดที่ใช้กับงานทางเครื่องกลเป็นชนิดด้ามเปลือย ปากคีมอยู่ด้านข้างเป็นคมตัดจะซุบแข็งเพื่อให้สามารถตัดลวดแข็งได้ เช่นลวดห้าม เป็นต้น ชนิดที่ด้ามมีฉนวนจะใช้กับงานช่างไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนใหญ่ใช้ตัดลวดสายไฟ ปากคีมจึงอาจไม่จำเป็นต้องซุบแข็งเท่ากับที่ใช้งานทางเครื่องกล



รูปที่ ๒๑ คีมตัด (Diagonal Cutter Pliers)

๑.๒.๒ คีมปากจิ้งจก (Long Nose Pliers)

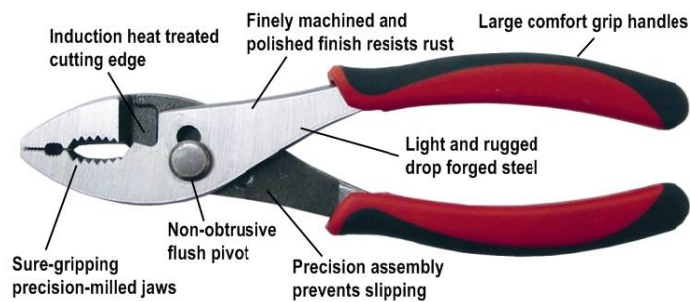
รูปร่างลักษณะมีปากเรียวแหลมเป็นคีมขนาดเล็ก จึงเหมาะที่จะใช้งานเบาๆ ในซอกแคบๆ ที่ไม่อาจใช้คีมขนาดใหญ่ได้ ซึ่งมีการออกแบบปากของคีมให้มีมุมมองตามแต่ชนิดของงานได้ เช่น มุม 45° , 90°



รูปที่ ๒๒ คีมปากจิ้งจก (Long Nose Pliers)

๑.๒.๓ คีมปากขยาย (Slip Joint Pliers)

คีมชนิดนี้ออกแบบให้ปากคีมขยายออกให้กว้างหรือลดให้แคบลงได้ตามเหมาะสมกับขนาดของชิ้นงาน บางชนิดยังออกแบบให้ด้านข้างของปากคีมใช้ตัดลวดได้ด้วย



รูปที่ ๒๓ คีมปากขยาย (Slip Joint Pliers)

๑.๒.๔ คีมประปา (Water Pump Pliers)

ใช้ในงานช่างประปา ช่างแก๊ส ช่างระบบทำความร้อน



รูปที่ ๒๔ คีมประปา (Water Pump Pliers)

๑.๒.๕ คีมถอด ใส่แหวนล็อก (Snap Ring Pliers)

แหวนล็อก (Snap Ring) เป็นอุปกรณ์ชิ้นงานที่ใส่ป้องกันไม่ให้ส่วนประกอบชิ้นงานอีกส่วนหนึ่งเคลื่อนที่หลุดไปจากตำแหน่งที่เดิมหรือตำแหน่งที่ต้องการ เนื่องจากแหวนล็อกทำด้วยเหล็กสปริงแข็ง การถอด ใส่จึงต้องใช้คีมที่ออกแบบเป็นพิเศษเพื่อบีบหรือถ่างแหวนล็อก ช่วยให้สะดวก ง่ายและปลอดภัยในการทำงาน



รูปที่ ๒๕ คีมถอด ใส่แหวนล็อก (Snap Ring Pliers)

๑.๒.๖ คีมล็อก (Lock Grip Pliers)

คีมล็อกเป็นคีมที่ออกแบบเป็นพิเศษให้สามารถจับ บีบ ยึดชิ้นงานกลมหรือชิ้นงานที่ติดแน่นมากและไม่มีเหลี่ยมให้จับได้สะดวก ลักษณะของคีมล็อก ปากด้านบนเป็นส่วนที่ปรับเลื่อนไม่ได้ ปลายขามีสกรูปรับแต่งเพื่อลดหรือขยายปากคีมด้านล่างให้แคบลงหรือกว้างขึ้นตามขนาดของชิ้นงานที่ต้องการจับ ถ้าปรับได้พอดีเมื่อบีบเข้าด้วยกัน ปากคีมจะถูกล็อกบังคับแน่น ที่ขา คีมล็อกขาล่างจะมีคันโยกสำหรับใช้ปลดล็อก คีมล็อกชนิดนี้เหมาะสำหรับที่จะใช้กับงานจับ ถอดพวกท่อเกลียวกลม คีมล็อกบางชนิดออกแบบปากคีมเป็นพิเศษสำหรับใช้งานเฉพาะอย่าง เช่น คีมล็อกงานเชื่อม คีมล็อกงานแคลมป์ (Clamp) เป็นต้น



รูปที่ ๒๖ คีมล็อก (Lock Grip Pliers) แบบต่างๆ

ข้อควรระวังและความปลอดภัยการใช้คีม

๑. อย่าใช้คีมแทนประแจกดหรือคลายนัท สกรูเพราะทำให้ฟันที่ปากคีมและเหลี่ยมสกรูเสียหาย ต่อไปจะใช้ประแจกดหรือคลายไม่ได้
๒. หลีกเลี่ยงการนำคีมไปใช้งานกับวัสดุที่ชุบผิวแข็ง
๓. อย่าใช้คีมตัดพวกหลอดเหล็กสปริง
๔. ไม่ใช้คีมตัด บีบ จับวัสดุชิ้นงานที่มีขนาดโตเกินกว่าปากคีมจะขยายออกจับได้ ซึ่งอาจจะทำให้บิดหรือแตกหักได้
๕. ไม่ใช้คีมจับหรือขันขันไฟฟ้าแรงสูง
๖. ถ้าต้องการตัดหลอด ห้ามใช้ค้อนช่วยตีที่ปากคีมหรือด้ามคีม

๑.๓ ไขควง (Screw Driver)

เป็นเครื่องมือพื้นฐานเบื้องต้นที่จำเป็นสำหรับงานช่างทุกประเภท เพื่อไขควง ขัน หรือคลายสกรู ตะปูเกลียว ไขควงมีหลายขนาด ตั้งแต่ขนาดใหญ่ใช้งานเครื่องกล จักรกลหนัก ไปจนถึงขนาดกลาง ขนาดเล็ก ที่ใช้ในงานช่างไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และช่างซ่อมนาฬิกา ฯลฯ

๑.๓.๑ ไขควงปากแบน (Standard or Common Screw Driver)

ไขควงชนิดนี้ปลายไขควงแบนเรียบ ใช้กับสกรูเกลียวปล่อยธรรมดาทั่วไป การเลือกใช้ให้สังเกตความหนาและความกว้างของปลายไขควง จะต้องเลือกใช้ให้พอเหมาะพอดีกับร่องหัวสกรู จะทำให้ปากไขควงไม่พลาดหลุดจากร่องหัวสกรูขณะกดหรือคลาย



รูปที่ ๒๗ ไขควงปากแบน (Standard or Common Screw Driver)

มีไขควงปากแบนสั้นชนิดพิเศษอีกชนิดหนึ่ง เหมาะสำหรับใช้งานในช่องแคบๆ โดยเฉพาะช่างซ่อมเครื่องยนต์ใช้ปรับแต่งคาร์บูเรเตอร์ เรียกว่า **ไขควงจูน-อัพ (Tune-Up Screw Driver or Stubby Screw Driver)**



รูปที่ ๒๘ ไขควงจูน-อัพ (Tune-Up Screw Driver or Stubby Screw Driver)

๑.๓.๒ ไขควงปากแฉก (Cross Point Screw Driver)

เป็นไขควงที่ออกแบบทำปลายหรือปากไขควงเป็น ๔ แฉก เพื่อให้ใช้กับหัวสกรูหรือตะปูเกลียวที่ทำร่องไขว้กันเป็น ๔ แฉก มีหลายขนาด จะต้องเลือกใช้ขนาดที่พอเหมาะพอดีกับร่องหัวสกรู ซึ่งจะช่วยให้กระชับ มีแรงกดคลายได้มาก โอกาสพลาดหลุดจากร่องหัวสกรู ๔ แฉกน้อยกว่าร่องหัวสกรูแบบผ่า ไขควงปากแฉกมี ๒ แบบคือ

๑.๓.๒.๑ Phillips จะมีลักษณะปลายตัดไม่แหลมแต่มีรีศมี

๑.๓.๒.๒ Reed & Prince or Prearson จะมีปลายแหลมไม่มีรีศมี



รูปที่ ๒๙ ไขควงปากแฉก (Cross Point Screw Driver)

๑.๓.๓ ไขควงออฟเซต (Offset Screw Driver)

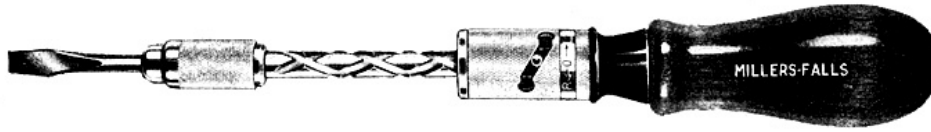
ไขควงแบบหักมุมเอียงหรือไขควงออฟเซต มีทั้งปากแบนธรรมดาและแบบปาก ๔ แฉก ออกแบบมาให้ใช้งานที่แคบๆ ซึ่งใช้ไขควงธรรมดาสอดเข้าไม่ได้เพราะติดความยาวของตัวไขควง เนื่องจากไขควงแบบออฟเซต ปาก ๒ ข้างงอหักมุมฉากตรงข้ามกัน การกดสกรูเข้าหรือคลายออกจะสอดปากไขควงเข้าไปขันสลักกันข้างละครึ่งรอบจนกว่าสกรูจะแน่นหรือคลายหลุดออก



รูปที่ ๓๐ ไขควงออฟเซต (Offset Screw Driver)

๑.๓.๔ ไชควงแรตเชต (Ratchet Screw Driver)

เป็นไขควงที่ช่วยในการผ่อนแรงได้ดีมากเพราะมีขนาดยาวมากและมีเกลียวที่ก้าน เหมาะกับงานไม้ ช่างก่อสร้าง เช่น ติดสกรูที่ประตูหรือหน้าต่างต่าง เป็นต้น



รูปที่ ๓๑ ไชควงแรตเชต (Ratchet Screw Driver)

๑.๓.๕ ไชควงตอกกระแทก (Impact Screw Driver)

เป็นไขควงที่ใช้กวดหรือคลายสกรูด้วยแรงตอกกระแทก โดยเฉพาะในกรณีที่สกรูติดแน่นมากๆ ซึ่งใช้ไขควงธรรมดาคลายไม่ออก ออกแบบให้ถอดเปลี่ยนหัวตอกไขควงได้หลายขนาดและหลายแบบ แบบปากแบนและแบบปาก ๔ แฉก ไชควงตอกกระแทกสามารถปรับเปลี่ยนทิศทางการหมุนได้ทั้งซ้ายและขวา เมื่อจะใช้งานจึงต้องตรวจสอบให้ถูกทิศทางก่อนที่คอเหนือหัวจับตอกไขควงจะเครื่องหมายลูกศรและตัวอักษร L และ R เมื่อต้องการตอกกระแทกไขควงแล้วให้ตอกไขควงบิดไปทางซ้าย ให้บิดหัวจับตอกไขควงไปทางอักษรตัว L ในทางตรงข้ามถ้าต้องการตอกกระแทกไขควงแล้วให้ตอกไขควงบิดไปทางขวา ให้บิดหัวจับตอกไขควงไปทางอักษรตัว R



รูปที่ ๓๒ ไชควงตอกกระแทก (Impact Screw Driver)

ข้อควรระวังและความปลอดภัยการใช้ไขควง

๑. อย่าใช้ไขควง ตอก จัด ถ้าจำเป็นให้ตอกได้เบา ๆ
๒. ไม่ควรใช้ไขควงแทนสากัด
๓. เลือกใช้ไขควงให้ถูกขนาด พอเหมาะพอดีกับร่องหัวสกรู ไม่โตหรือเล็กเกินไป
๔. อย่าใช้คีมหรือคีมล็อกช่วยจับก้าน หรือไขควงบิด เว้นแต่ถ้าก้านไขควงเป็นชนิดเหล็มนำมาใช้ประแจปากตายช่วยจับขึ้นได้
๕. ถ้าร่องหัวสกรูเสียให้ใช้เลื่อยเซาะร่องให้ดีขึ้น
๖. ในกรณีที่สกรูติดแน่นมากหรือมีสนิมให้หยอดน้ำมันยักัดสนิมช่วย
๗. ห้ามนำไขควงไปตรวจเตะลัดวงจรไฟฟ้าที่มีกระแสสูง เช่น กระแสไฟจากเครื่องเชื่อมไฟฟ้า เพราะจะอาร์คละลายเสียหายได้

๑.๔ ค้อน (Hammer)

เป็นเครื่องมือสำหรับตอกในงานประกอบต่างๆ โดยสามารถใช้ตอกหรือตีบนวัสดุให้แน่นหรือโค้งงอ เพื่อขึ้นเป็นรูปและชนิดต่างๆ ด้วยกัน ชนิดของค้อนแบ่งออกได้เป็น ๒ ชนิดคือ

๑.๔.๑ ค้อนหัวอ่อน (Soft Hammer)

ค้อนหัวอ่อนจะทำด้วยไม้ ยาง อะลูมิเนียม ทองเหลือง ทองแดง และพลาสติก การใช้งานส่วนมากใช้กับงานเคาะตีขึ้นรูป การตีปั๊มโลหะ ซึ่งเมื่อตีหรือเคาะผิวโลหะจะไม่เกิดรอย เนื่องจากหน้าหรือหัวของค้อนอ่อนกว่าโลหะที่ตีหรือเคาะ



รูปที่ ๓๓ ค้อนหัวอ่อน (Soft Hammer)

๑.๔.๒ ค้อนหัวแข็ง (Hard Hammer)

ค้อนหัวแข็งทำจากเหล็กคาร์บอนผ่านการชุบแข็ง จะใช้กับงานหนักหรืองานโลหะทั่วไป เช่น ตีขึ้นรูป ตัดงาน ตอก นำศูนย์ ย้ำหมุด เป็นต้น และค้อนหัวแข็งแบ่งออกได้ดังนี้

๑.๔.๒.๑ ค้อนหัวกลม (Ball Peen Hammer) มีลักษณะหน้าเรียบ ใช้สำหรับร่างแบบ ย้ำหมุด ตอกหรือตีขึ้นรูปต่าง



รูปที่ ๓๔ ค้อนหัวกลม (Ball Peen Hammer)

๑.๔.๒.๒ ค้อนหัวตรง (Straight Peen Hammer) มีลักษณะหน้าเรียบ ใช้สำหรับงานทั่วไป เหมือนค้อนหัวกลม ส่วนหัวค้อนเป็นสันอยู่แนวเดียวกับด้ามค้อน



รูปที่ ๓๕ ค้อนหัวตรง (Straight Peen Hammer)

๑.๔.๒.๓ ค้อนหัวขวาง (Cross Peen Hammer) มีลักษณะหน้าเรียบ ใช้สำหรับงานทั่วไป เหมือนค้อนหัวกลม ส่วนหัวค้อนเป็นสันขวางกับด้ามค้อน



รูปที่ ๓๖ ค้อนหัวขวาง (Cross Peen Hammer)

๑.๔.๒.๔ ค้อนหัวหงอน (Claw Hammer) ใช้ในงานช่างไม้ เช่น ตอก ตี หรือถอนตะปู เป็นต้น



รูปที่ ๓๗ ค้อนหัวหงอน (Claw Hammer)

ข้อควรระวังและความปลอดภัยการใช้ค้อน

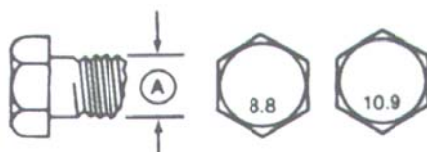
๑. ไม่ใช้ค้อนในขณะที่มือหรือด้ามค้อนเปื้อนน้ำมัน
๒. อย่าใช้ด้ามค้อนอัดกระแทกชิ้นงานหรือวัสดุอื่น เช่น กระแทกตลับลูกปืนแข็ง
๓. ขณะที่ใช้งาน เช่นการตอกหรือตี พยายามใช้หน้าค้อนสัมผัสกับชิ้นงานให้เต็มหน้า
๔. ไม่จำเป็นอย่าใช้หัวค้อนแทนทั้งรองรับงานตีของค้อนอีกตัวหนึ่งเพราะนอกจากรูปทรงของค้อนจะไม่เรียบเหมือนทั้งแล้วยังอาจทำให้พลาดปัด แตกกระเด็นอย่างแรง เกิดอันตรายได้
๕. ระวังอย่าให้ตกจากโต๊ะปฏิบัติงานเพราะนอกจากจะแสดงถึงความไม่รอบคอบแล้ว ยังอาจทำให้ตัวค้อนเกิดความเสียหาย พื้นโรงงานแตกชำรุด หล่นถูกเท้าบาดเจ็บ

๒. Special Tools

๒.๑ ประแจรู้แรงบิด (Torque Wrench)

นัท สกรู หรือโบลท์ที่ถูกกดขันจนแน่นจะเกิดแรงดึง (Tension) แรงนี้เป็นผลมาจากแรงบิด (Turning Effort or Twisting) ที่กระทำต่อนัท สกรู หรือโบลท์เรียกว่า **ทอร์ค (Torque)** ประแจที่ใช้ขันและวัดค่าความตึงของนัท สกรู หรือโบลท์คือ **ประแจทอร์ค (Torque Wrench)** ไม่เรียกว่า **ประแจเทนชั่น (Tension Wrench)** แต่ในทางช่างคุ้นเคยกับการวัดค่าแรงบิดเป็น ปอนด์-ฟุต มาก่อน จึงนิยมเรียกว่า “**ประแจปอนด์**”

ประแจรู้แรงบิด (Torque Wrench) หรือ ประแจปอนด์ เป็นด้ามประแจกระบอก (Socket Wrench) ชนิดหนึ่งที่ออกแบบมาเพื่อวัดแรงบิดในการขันนัท สกรู หรือโบลท์ชนิดต่างๆ ประแจรู้แรงบิดจะช่วยให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น คือทำให้สามารถขันเกลียวเพื่อติดตั้งชิ้นส่วนของอุปกรณ์ต่างๆ ด้วยแรงบิดตามที่กำหนดไว้ทำให้ชิ้นส่วนเหล่านั้นติดตั้งอย่างถาวรที่สุด ในขณะที่สลักเกลียวหรือแป้นเกลียวก็รับ แรงกด-แรงดึงได้เต็มที่โดยไม่เป็นอันตรายต่อตัวเกลียวเอง



Bolt Torque Chart					
Bolt Diameter “A”	Wrench Size	Marking on Head			
		8.8		10.9	
		N-m	(lb-ft)	N-m	(lb-ft)
5 mm	8 mm	6	(4.5)	9	(6.5)
6 mm	10 mm	10	(7.5)	15	(11)
8 mm	13 mm	25	(18)	35	(26)
10 mm	16 mm	50	(37)	75	(55)
12 mm	18 mm	85	(63)	130	(97)
16 mm	24 mm	215	(159)	315	(232)
20 mm	30 mm	435	(321)	620	(457)
24 mm	36 mm	750	(553)	1,070	(789)
30 mm	46 mm	1,495	(1,103)	2,130	(1,571)

รูปที่ ๓๘ ตารางแสดงค่าแรงบิดของโบลท์

๒.๑.๑ Automatic Release or Break Away

เป็นประแจรู้แรงบิด (Torque Wrench) สามารถตั้งค่าแรงบิดที่ต้องการได้แล้วนำไปขันนัท สกรู หรือโบลท์

๒.๑.๑.๑ ประแจรู้แรงบิดแบบแรงดึงเข็มชี้ (Beam Type Torque Wrench)

ประแจรู้แรงบิดชนิดนี้เป็นแบบที่มีเข็มชี้วัดยาวยึดติดกับส่วนหัวที่ใส่ Socket ปลายอีกข้างหนึ่งแหลม ชี้อยู่ตำแหน่ง “0” บนแผ่นสเกล ขณะที่เหนียวด้ามประแจเพื่อกดขัน นัท สกรู หรือโบลท์ ให้แน่น แผ่นสเกลจะเคลื่อนไปด้วยตามแรงดึง เข็มจะชี้เบี่ยงไปจาก “0” ค่าที่วัดได้ตามแรงที่ใช้กดขัน นัท สกรู หรือโบลท์ สามารถใช้งานได้ทั้งสองทิศทาง



รูปที่ ๓๙ ประแจรู้แรงบิดแบบแรงดึงเข็มชี้ (Beam Type Torque Wrench)

๒.๑.๑.๒ ประแจรู้แรงบิดแบบตั้งค่าแรงบิด (Click Type Torque Wrench)

ประแจรู้แรงบิดชนิดนี้เป็นแบบที่สามารถตั้งค่าแรงบิดที่ตามได้ ปลดล็อกที่ตามประแจ หมุนตามจับเพื่อตั้งค่าแรงบิดที่ต้องการ เมื่อได้ค่าแรงบิดแล้ว ล็อกที่ตามประแจเพื่อไม่ให้ค่าแรงบิดที่ตั้งไว้เคลื่อน เสร็จแล้วนำไปกวัด ชัน นัท สกรู หรือโบลท์ เมื่อแรงดึงประแจรู้แรงบิดถึงแรงบิดที่ตั้งค่าไว้จะได้ยินเสียงดัง“คลิก” แสดงว่าได้ค่าแรงบิดที่ต้องการแล้ว สามารถใช้งานได้ทั้งสองทิศทาง โดยการปรับทิศทางการหมุนของประแจที่ตรงส่วนหัวของประแจจะมีตัวปรับทิศทางการหมุนคือ ตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา



รูปที่ ๔๐ ประแจรู้แรงบิดแบบตั้งค่าแรงบิด (Click Type Torque Wrench)

๒.๑.๑.๓ ประแจรู้แรงบิดแบบหน้าปัด (Dial Type Torque Wrench)

ประแจรู้แรงบิดชนิดนี้จะมีหน้าปัดกลม ภายในมีเข็มชี้วัดบอกขนาดแรง ตัวเรือนปรับเลื่อนเพื่อตั้งตำแหน่งเข็มวัดได้ การกวัด ชัน นัท สกรู หรือโบลท์ให้แน่น ทุกครั้งที่ต้องการอ่านค่าแรงบิดจะต้องปรับให้เข็มวัดชี้ตำแหน่ง “0” ก่อนเสมอ สามารถใช้งานได้ทั้งสองทิศทาง



รูปที่ ๔๑ ประแจรู้แรงบิดแบบหน้าปัด (Dial Torque Wrench)

๒.๑.๑.๔ ประแจรู้แรงบิดแบบค่าตัวเลข (Digital Torque Wrench)

เป็นประแจรู้แรงบิดรุ่นใหม่เป็นแบบดิจิตอล (Digital) ที่สามารถตั้งค่าแรงเป็นตัวเลข เลือกหน่วยวัด นิวตัน-เมตร (N.m), นิ้ว-ปอนด์ (in-lb) หรือ ฟุต-ปอนด์ (ft-lb) เมื่อได้ขึ้นจนถึงแรงบิดที่ตั้งค่าไว้ จะมีเสียงบีบ (Beep) และแบบสั่น (Vibration) ที่ตามประแจได้ด้วย



รูปที่ ๔๒ ประแจวัดแรงบิดแบบตั้งค่าตัวเลข (Digital Torque Wrench)

๒.๑.๒ T Handle Torque Wrench

ลักษณะรูปร่างเป็นรูปตัว T (T Handle) ไม่สามารถปรับแรงบิดได้ แต่ได้ตั้งค่าแรงบิด (Preset Torque) ไว้ก่อนแล้ว เมื่อขึ้นถึงค่าที่ตั้งค่าแรงบิดแล้ว ด้ามก็จะเป็น Ratchet คือหมุนฟรีไม่อาจขันแน่นต่อไปได้



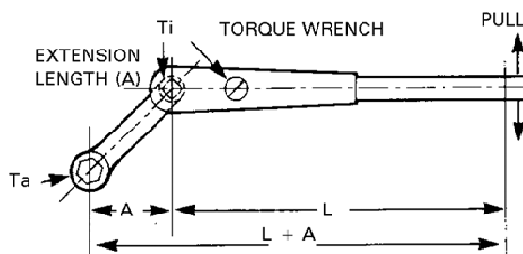
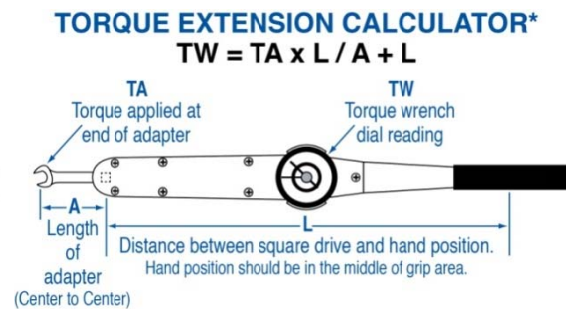
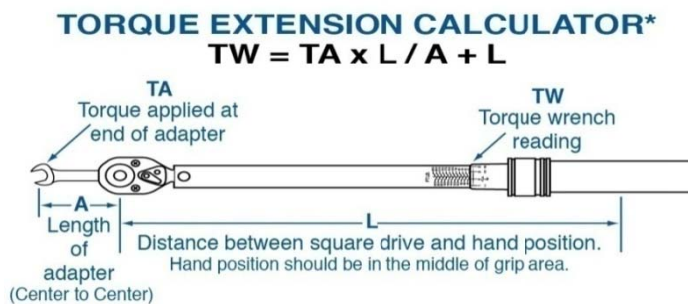
รูปที่ ๔๓ T Handle Torque Wrench

การคำนวณค่าแรงบิดของประแจรู้แรงบิดกับอุปกรณ์ต่อร่วมขยาย (Extension)

อุปกรณ์ที่ใช้ต่อร่วมกับประแจรู้แรงบิด จะช่วยให้ความสะดวกในการกวาด-ขัน นัท สกรู บางตำแหน่งที่ไม่อาจใช้แบบธรรมดาสอดเข้าไปขันแน่นได้ อุปกรณ์ที่ใช้ต่อร่วมแล้วทำให้ประแจยาวเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ค่าแรงบิดที่วัดได้ผิดไปจากที่ใช้ประแจรู้แรงบิดตามปกติ ในกรณีเช่นนี้ความยาวของประแจรู้แรงบิดจะต้องคิดรวมกับส่วนที่ต่อเพิ่มยาวออกไปด้วย



รูปที่ ๔๔ อุปกรณ์ต่อร่วมขยาย (Extension)



รูปที่ ๔๕ การคำนวณหาค่าแรงบิดประแจรู้แรงบิดกับอุปกรณ์ต่อเพิ่มขยายแบบต่างๆ

สูตรการคำนวณหาค่าแรงบิดของประแจรู้แรงบิดกับอุปกรณ์ต่อเพิ่มขยาย

- TW = แรงบิดที่อ่านได้จากประแจรู้แรงบิด
- TA = แรงบิดวัดที่ปลายสุดของตัวเพิ่มขยาย
- L = ความยาวของประแจวัดแรงบิด
- A = ความยาวของตัวต่อเพิ่มขยาย

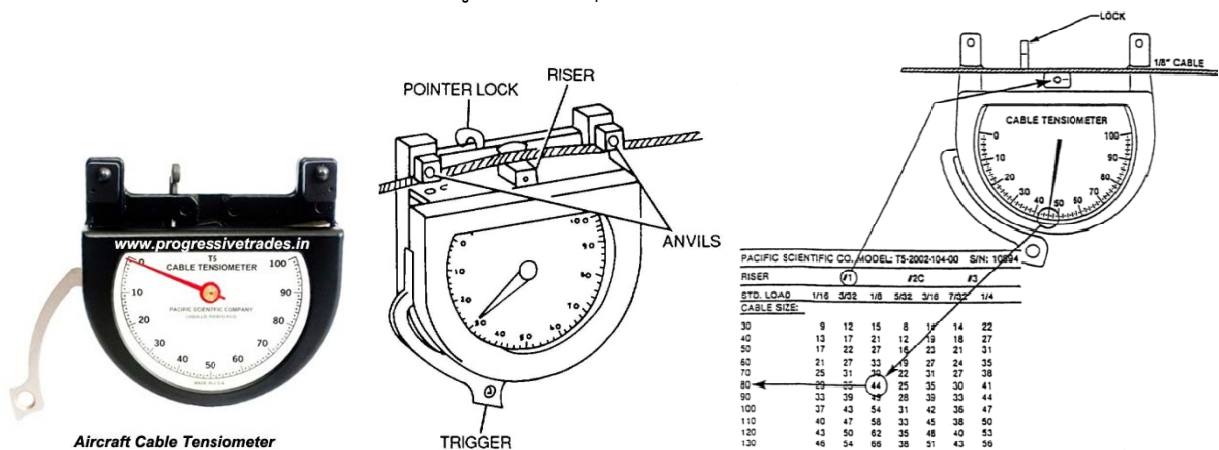
$$TW = \frac{TA \times L}{L + A}$$

ข้อควรระวังและความปลอดภัยการใช้ประแจรู้แรงบิด

๑. จับประแจรู้แรงบิดใช้ให้ถูกวิธี และไม่ต่อต้านประแจรู้แรงบิด
๒. ค่อย ๆ เหนี่ยวประแจรู้แรงบิดขึ้นนัท สกรู หรือโบลต์ด้วยแรงสม่ำเสมอ ไม่กระตุกหรือกระแทกเพราะแรงกระตุกหรือแรงกระแทกจะทำให้แรงบิดหรือทอร์กสูงเกินค่าที่กำหนด
๓. นัท สกรู หรือโบลต์ รูเกลียวต้องสะอาดปราศจากผง ฝุ่น เพราะจะทำให้เกลียวฝืด ค่าที่วัดได้จะคลาดเคลื่อนไม่ถูกต้อง
๔. ต้องระวังพวกสกรูหรือโบลต์ที่ชำรุดหรือเกลียวล้น จะตึงฝืดกว่าปกติทำให้ต้องใช้แรงบิดกวาด ขึ้นให้แน่นมากเกินไปที่กำหนดไว้
๕. บางครั้งจะสังเกตพบวานัท สกรู หรือโบลต์ที่กวาดนั้นตึงมาก จนได้ยินเสียงเปียดกันของเนื้อโลหะดังออกมา ในกรณีเช่นนี้ ถ้ากวาดด้วยประแจรู้แรงบิดค่าที่วัดได้จะไม่ใช้ค่าที่ถูกต้องแท้จริงจะต้องแก้ไขก่อน อาจจะต้องคืนกลับแล้วกวาดเข้าวัดค่าด้วยประแจรู้แรงบิดใหม่หรือคลายออก Tap เกลียวหรือเปลี่ยนใหม่
๖. การใช้ประแจรู้แรงบิดจะต้องระมัดระวัง อย่าให้หลุมมือ ถ้าตึงจะต้องนำไปสอบเทียบความเที่ยงตรงใหม่ก่อนนำไปใช้ครั้งต่อไป
๗. เลือกขนาดประแจรู้แรงบิดให้เหมาะสมถูกต้องกับขนาดของงาน

๒.๒ เครื่องวัดความตึงลวด (Tension Meter)

ใช้ในการวัดความตึงของลวด (Cable) พื้นบังคับอากาศยานหรืออุปกรณ์ต่างๆ เมื่อทำการ Rigging โดยมีวิธีการวัด จะต้องสอดลวดเข้าไปใต้ Anvils ทั้งสองข้างของเครื่องวัดความตึงลวด จากนั้นให้ยก Trigger ขึ้น ตัว Riser จะดันกลดขึ้น แรงที่เกิดขึ้นจะแสดงค่าให้เห็นบน Dial Gauge การนำเครื่องไปใช้ในการวัดจะต้องเลือก Riser ให้เหมาะสมกับขนาดของลวด ในกรณีไม่สามารถอ่านค่าได้สะดวกอันเนื่องมาจากพื้นที่จำกัด ให้ใช้ตัวล็อก (Pointer Lock) กดล็อก แล้วจึงดึงเครื่องวัดออกมาอ่าน เมื่ออ่านเรียบร้อยแล้วให้ปลดล็อกออก เข็มเครื่องวัดจะกลับไปชี้ที่ศูนย์เช่นเดิม ในการปฏิบัติวัดความตึงลวดที่ถูกต้อง จะต้องทราบก่อนว่าความตึงลวดของพื้นบังคับเท่ากับเท่าไร เพื่อ Rigging โดยศึกษาได้จากคู่มือซ่อมบำรุงของอากาศยานนั้นๆ



รูปที่ ๔๖ เครื่องวัดความตึงลวด (Tension Meter)

การเก็บรักษาเครื่องวัดความตึงลวด

จะต้องเก็บรักษา Tension Meter ด้วยความระมัดระวัง เนื่องจากหากกระทบกระเทือนจะมีผลทำให้การวัดคลาดเคลื่อนได้ หรือหล่นจะต้องมีการปรับตั้งใหม่ (Calibrated) ก่อนนำไปใช้งาน ควรเก็บรักษาหรือวางแยกไว้ต่างหากจากเครื่องมืออื่นๆ

๒.๓ เครื่องมือวัดองศา (Protractor)

เป็นเครื่องมือพิเศษที่ใช้การ Rigging พื้นบังคับอากาศยานให้มืองศาในการใช้งานได้ถูกต้อง ตามที่กำหนดในคู่มือของอากาศยานแบบนั้นๆ



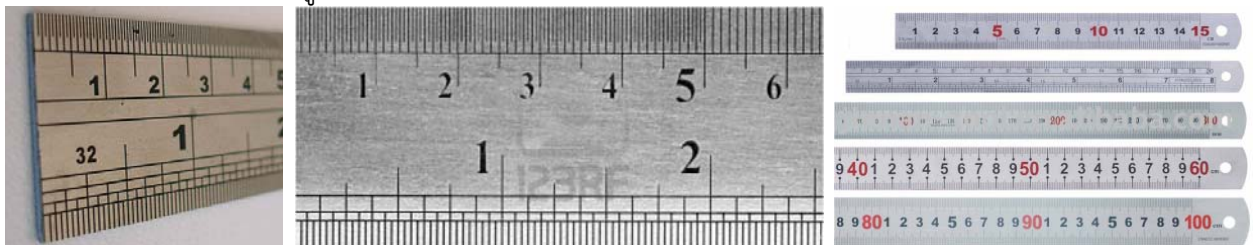
รูปที่ ๔๗ เครื่องมือวัดองศา (Protractor)

๓. เครื่องมือวัดระยะ (Measuring)

๓.๑ บรรทัดเหล็ก (Steel Rule)

บรรทัดเหล็กเป็นเครื่องมือวัดพื้นฐานที่มีขีดมาตรา นิยมใช้ในงานเครื่องมือกล สามารถอ่านค่าจากขีดสเกลได้ง่าย สะดวกและรวดเร็ว แต่ให้ค่าละเอียดไม่มากพอเมื่อเปรียบเทียบกับเวอร์เนียคาลิเปอร์หรือไมโครมิเตอร์ บรรทัดเหล็กจึงเหมาะกับการใช้วัดงานที่มีค่าความละเอียดไม่เกิน ๐.๕๐ มิลลิเมตร หรือ ๑/๖๔ นิ้ว

บรรทัดเหล็กมีพัฒนาการมาจากบรรทัดไม้ สาเหตุที่เปลี่ยนจากไม้มาเป็นเหล็ก เนื่องจากบรรทัดที่ผลิตจากเหล็กให้ความละเอียดถูกต้องสูงกว่าบรรทัดที่ผลิตจากไม้ บรรทัดเหล็กที่ดีต้องบางและไม่บิดงอตัวง่าย ปลายด้านหนึ่งนิยมทำมนโค้งและเจาะรูเพื่อใช้แขวน นิยมทำจากเหล็กไร้สนิม (Stainless Steel)



รูปที่ ๔๘ บรรทัดเหล็ก (Steel Rule)

๓.๒ ตลับเทป (Tape Rule)

ตลับเทปเป็นเครื่องมือวัดสำหรับความยาวของวัสดุ มีรูปร่างเป็นแถบโลหะบางๆ ม้วนอยู่ภายในตลับโลหะหรือวัสดุอื่นๆ สะดวกในการนำติดตัวไปใช้งานได้ตลอดเวลา เมื่อจะใช้ให้ดึงออกมาใช้วัดความยาว ตัวเทปแถบโลหะจะมีสเกลบอกระยะไว้ และที่ปลายสุดของตลับเทปจะมีโลหะรูปฉากติดตั้งไว้เพื่อเกี่ยวขอบชิ้นงานที่ต้องการวัดหรือดันให้สายวัดตั้งฉากกับชิ้นงานตามต้องการ



รูปที่ ๔๙ ตลับเทป (Tape Rule)

ข้อควรระวังและการดูแลรักษาลับเทป

๑. หลีกเลี่ยงการใช้ของแข็งหรือของมีคมขีดลงบนหน่วยวัดซึ่งทำให้หน่วยวัดไม่ชัดเจน ทำให้เกิดการวัดผิดพลาดได้
๒. การม้วนสายวัดเก็บในตลับ ควรใช้มือจับช่วยผ่อนแรงไม่ให้สายวัดม้วนเข้าตลับเร็วเกินไป อาจทำให้สายวัดติดขัดเสียหายได้
๓. การดึงขอกเกี่ยวที่หัวสายวัดแรงเกินไปขณะวัดระยะชิ้นงาน อาจทำให้ขอกเกี่ยวบิดยัดตัวออกเป็นเหตุให้หน่วยการวัดพลาดได้
๔. การวางของหนักทับลงตลับเทป อาจทำให้ตลับเทปแตกชำรุดเสียหายได้

๓.๓ คาลิเปอร์ (Caliper)

คาลิเปอร์มีรูปร่างคล้ายกับวงเวียนจึงได้ชื่อว่า “วงเวียนถ่ายขนาด” ประกอบขึ้นด้วยส่วนที่เป็นแขน ซึ่งมีสองแขน แขนของคาลิเปอร์มีไว้สำหรับถ่ายขนาดหรือเทียบขนาดชิ้นงานโดยอาศัยความรู้สึกสัมผัส ลักษณะโครงสร้างของคาลิเปอร์แบ่งออกได้ ๒ แบบคือ

๑. **คาลิเปอร์ปรับด้วยความฝืด** มีโครงสร้างทำจากเหล็ก แบน บาง แข็งแรง ไม่บิดตัวง่าย ตัวแขนคาลิเปอร์ทำให้กางเข้าออกโดยอาศัยความฝืดด้วยการย่ำหมุดที่บริเวณส่วนบน การกางออกหรือหุบเข้าของแขนทำได้โดยวิธีเคาะตัวแขนกับวัสดุที่อ่อนกว่าเช่น อลูมิเนียม ไม้ เป็นต้น

๒. **คาลิเปอร์ปรับด้วยแป้นเกลียว** มีโครงสร้างทำจากเหล็กอ่อน ตัวแขนค่อนข้างหนาและใหญ่กว่าชนิดที่ปรับด้วยความฝืด ตัวแขนจะกางออกตลอดเวลาด้วยแรงดันของสปริงที่ติดอยู่บริเวณส่วนบน แขนทั้งสองของคาลิเปอร์ปรับเข้าออกด้วยการหมุนเกลียว



รูปที่ ๕๐ คาลิเปอร์ปรับด้วยความฝืด และ คาลิเปอร์ปรับด้วยแป้นเกลียว

๓.๓.๑ คาลิเปอร์วัดนอก (Outside Caliper)

ออกแบบให้ตัวแขนมีลักษณะโค้งเข้าเพื่อหลบผิวงาน บริเวณส่วนปลายมีลักษณะคล้ายเขี้ยวเพื่อใช้สัมผัสผิวงาน ใช้วัดหรือตรวจสอบภายนอกของชิ้นงาน

๓.๓.๒ คาลิเปอร์วัดใน (Inside Caliper)

ออกแบบให้ตัวแขนมีลักษณะโค้งออก เพื่อให้เขี้ยวสัมผัสกับผิวงานด้านในได้ ใช้สำหรับวัดหรือตรวจสอบขนาดภายในชิ้นงานเช่น รูคว้าน รูเจาะขนาดใหญ่ งานตกร่อง เป็นต้น



รูปที่ ๕๑ คาลิเปอร์วัดนอก (Outside Caliper) และคาลิเปอร์วัดใน (Inside Caliper)

ข้อควรระวังและการดูแลรักษาคาลิเปอร์

๑. ทำความสะอาดชิ้นงานทุกครั้งก่อนวัด
๒. ตรวจสอบความพร้อมใช้ของตัวคาลิเปอร์เช่น หมุดย้ำ แบนเกลียว และที่สำคัญอย่างยิ่งคือเช็ควัสดุสัมผัสจะต้องขบกันแนบสนิททุกทิศทาง
๓. ห้ามเคาะแบนคาลิเปอร์กับวัสดุที่มีความแข็ง
๔. อย่าทำคาลิเปอร์ตกหล่นหรือกระแทกกับชิ้นงาน
๕. ห้ามใช้คาลิเปอร์ปรับด้วยแบนเกลียว วัดชิ้นงานที่เคลื่อนไหว ซึ่งจะทำให้คาลิเปอร์ชำรุดและวัดได้ไม่ละเอียด
๖. หลังการใช้งานต้องเช็ดทำความสะอาดและทาน้ำมันกันสนิม

๓.๔ เครื่องมือวัดประเภทเกจ (Gauge)

เกจเป็นเครื่องมือวัดประเภทใช้ตรวจสอบขนาดของชิ้นงานที่ให้ความสะดวกและรวดเร็วในการวัด เพราะขนาดต่างๆ ได้ถูกกำหนดไว้บนเกจแล้ว ดังนั้นจึงเป็นที่นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นอันมาก ชนิดของเกจ (Type of Gauges) เกจที่ใช้วัดมีอยู่หลายแบบหลายชนิดต่าง ๆ กัน ซึ่งแต่ละแบบก็ยังมีลักษณะพิเศษเพื่อใช้กับงานชนิดนั้น ๆ ได้โดยเฉพาะ

๓.๔.๑ เกจวัดจำกัด (Limit Gauge)

มีอยู่หลายแบบด้วยกันใช้วัดนอกหรือวัดในก็ได้ เกจประเภทนี้สามารถวัดได้รวดเร็วและสะดวก แต่วัดได้เฉพาะขนาดของมันเท่านั้น เช่นต้องการวัดรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโต ๑ นิ้ว ก็ต้องใช้เกจขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๑ นิ้วเช่นเดียวกัน แต่ทั้งนี้ย่อมขึ้นอยู่กับขนาดเมื่อสูงสุดและต่ำสุดของงานนั้นด้วย เกจวัดจำกัดแบ่งออกเป็น

๓.๔.๑.๑ เกจสวม (Plug Gauge)

เกจชนิดนี้ใช้วัดความโตของรูในชิ้นงาน ซึ่งทางช่างจะยอมให้มีค่าพิกัดความเผื่อ (Tolerance) สูงสุดและต่ำสุดเอาไว้ ดังนั้นเกจชนิดนี้จึงใช้วัดค่าได้สองค่าคือ “สวมเข้า (GO)” และ “สวมไม่เข้า (NO GO)” เกจชนิดนี้ยังแบ่งออกเป็นเกจชนิดที่สวมรูตรงและสวมรูเรียว (Taper) ซึ่งเอาไว้ตรวจสอบชิ้นงานที่เป็นรูตรงและรูเรียวตามลำดับ การพิจารณาค่าว่า สวมเข้า (GO) และสวมไม่เข้า (NO GO)

สวมเข้า (GO) คือด้านที่ใช้ตรวจสอบขนาดของชิ้นงานโดยที่ต้องสวมเข้าไปได้ ซึ่งชิ้นงานนั้นเมื่อถูกตรวจสอบด้วยด้านนี้แล้วสวมเข้า จะพบว่าชิ้นงานนั้นจะมีเนื้อโลหะเหลืออยู่มากกว่าการใช้ด้านสวมไม่เข้า (NO GO) ตรวจสอบ เช่น เกจสวม (Plug Gauge) จะมีด้านสวมเข้า (GO) ใช้ตรวจสอบที่มีขนาดจำกัดเล็กสุด (Low Limit) ในขณะที่เกจวงแหวน (Ring Gauge) จะมีด้านสวมเข้า (GO) ใช้ตรวจสอบเพลามีขนาดจำกัดโตสุด (High Limit) เป็นต้น

สวมไม่เข้า (NO GO) คือด้านที่ใช้ตรวจสอบขนาดของชิ้นงาน โดยที่ต้องสวมเข้าไม่ได้ ซึ่งชิ้นงานนั้นเมื่อถูกตรวจสอบด้วยด้านนี้แล้วสวมเข้า จะพบว่าชิ้นงานนั้นจะมีเนื้อโลหะเหลือน้อยกว่าการใช้ด้านสวมเข้า (GO) ตรวจสอบ เช่น เกจสวม (Plug Gauge) จะมีด้านสวมไม่เข้า (NO GO) ใช้ตรวจสอบรูที่มีขนาดจำกัดโตสุด (High Limit) ในขณะที่เกจวงแหวน (Ring Gauge) จะมีด้านสวมไม่เข้า (NO GO) ใช้ตรวจสอบเพลามีขนาดจำกัดเล็กสุด (Low Limit) เป็นต้น



รูปที่ ๕๒ เกจสวม (Plug Gauge)

๓.๔.๑.๒ เกจวงแหวน (Ring Gauge)

เป็นเกจที่ใช้ตรวจสอบขนาดความโตนอกของชิ้นงาน ซึ่งใช้ตรวจสอบขนาดทั้งด้านสวมเข้า (GO) และด้านสวมไม่เข้า (NO GO) เช่นเดียวกับเกจสวม (Plug Gauge) โดยทำเป็นเกจรูปวงแหวน และอาจจะมีการเจาะรูตรงกลาง เพื่อแยกข้างระหว่างด้านสวมเข้า และด้านสวมไม่เข้า เอาไว้บนแท่งเกจอันเดียวกัน ทางด้านสวมเข้าจะโตกว่าทางด้านสวมไม่เข้า เกจชนิดนี้ยังแบ่งเป็นแบบสวมเพลตตรงและเพลตเรียว (Taper) อีกด้วย



รูปที่ ๕๓ เกจวงแหวน (Ring Gauge)

๓.๔.๑.๓ เกจปากวัด (Snap Gauge)

เป็นเกจที่ใช้ตรวจสอบขนาดความโตนอก เกจปากวัดที่ใช้กันมีอยู่ 2 แบบ คือ

๑ แบบปรับระยะได้ เกจปากวัดแบบนี้สามารถปรับระยะความกว้างได้ตามต้องการ

๒ แบบปรับระยะไม่ได้ เกจปากวัดแบบนี้ไม่สามารถจะปรับระยะความกว้างของเกจได้ ซึ่งจะมียูหลายขนาดต่าง ๆ กัน และจะบอกขนาดเป็นตัวเลขกำกับไว้ทุกอัน



รูปที่ ๕๔ เกจปากวัด (Snap Gauge)

๓.๔.๑.๔ เกจสวมเกลียวใน (Thread Plug Gauge)

เกจชนิดนี้มีลักษณะคล้ายกับเกจสวม แต่ตอนปลายแท่งเกจทั้งสองข้างจะทำเป็นเกลียวเพื่อเอาไว้ตรวจสอบความตึงและความคลาดเคลื่อนที่ได้จำกัดไว้ของเกลียว



รูปที่ ๕๕ เกจสวมเกลียวใน (Thread Plug Gauge)

๓.๔.๑.๕ เกจสวมเกลียวนอก (Thread Ring Gauge)

เกจชนิดนี้คล้ายกับเกจวงแหวน รูในของเกจจะทำเป็นร่องเกลียว เพื่อเอาไว้ตรวจสอบความตึงหรือความคลาดเคลื่อนที่ได้จำกัดไว้ของเกลียวนอก



รูปที่ ๕๖ เกจสวมเกลียวนอก (Thread Ring gauge)

๓.๔.๒ เกจแผ่น (Filler Gauge)

เกจแผ่นเป็นเครื่องมือวัดระยะห่างระหว่างผิวงานสองชิ้นที่เลื่อนสัมผัสกันและเกิดการสึกหรอเป็นช่องว่างหรือใช้สำหรับตั้งระยะห่างของผิวงานให้ได้ระยะห่างตามที่ต้องการ ระยะห่างที่ตรวจสอบสามารถทราบค่าได้โดยอาศัยความรู้สัมผัส ระยะห่างที่พอดีคือมีความพอดีเหมาะสม โครงสร้างของเกจแผ่นมีลักษณะแบนบาง ส่วนปลายมน เก็บรวมเป็นชุด จัดเก็บพับซ้อนกันโดยย้าหมดตรงปลายด้านโคนแผ่นเกจ เกจแผ่นทำจากเหล็กแผ่นบางๆ ชุบแข็ง ขัดผิวเรียบเป็นมัน มีลักษณะความเป็นสปริง ไม่เสียรูปทรงง่าย ในเกจแผ่นแต่ละชุดจะมีตัวเลขกำหนดขนาดความหนาบนแผ่นเกจแต่ละแผ่น เกจแผ่นระบบเมตริกจะมีขนาดความหนา ๐.๐๕ – ๑ มม. โดยจะเพิ่มความหนาแผ่น ๐.๐๕ มม. เกจแผ่นระบบอังกฤษจะมีขนาดความหนา ๐.๐๐๑๕ – ๐.๐๒๕ นิ้ว. โดยจะเพิ่มความหนาแผ่น ๐.๐๐๑ นิ้ว



รูปที่ ๕๗ เกจแผ่น (Filler Gauge)

ข้อควรระวังและการดูแลรักษาเกจแผ่น

๑. ทำความสะอาดเกจแผ่นและบริเวณที่จะใช้เกจแผ่นวัดตรวจสอบ
๒. ตรวจสอบบริเวณขอบผิวของชิ้นงานว่ามีครีบริยเย็นหรือไม่
๓. ระวังใบเกจแผ่นบิดงอ อาจทำให้เกจแผ่นเสียรูปทรง
๔. เมื่อเลิกใช้งานจะต้องทำความสะอาดใบของเกจแผ่นทุกแผ่น ทาน้ำมันกันสนิมและเก็บใส่ซองให้เรียบร้อย

๓.๔.๓ เกจวัดระยะพิทของเกลียว (Screw Pitch Gauge)

เกจชนิดนี้ใช้สำหรับวัดขนาดของเกลียว เพื่อให้เกิดความสะดวกและรวดเร็ว ลักษณะของเกจชนิดนี้จะมีลักษณะคล้ายหัวที่ใช้หัวฉม ซึ่งทำซ้อนกันอยู่หลายอัน ทำด้วยเหล็กแผ่นมีความหนาประมาณ ๑/๓๒ นิ้ว ที่ด้านหนึ่งของเกจแต่ละอันจะทำเป็นฟันของเกลียวเอาไว้ ที่เกจแต่ละอันจะมีขนาดของเกลียวต่าง ๆ กัน และมีตัวเลขกำกับไว้ด้วย เช่น อันที่มีเลข ๑๕ กำกับไว้ ก็หมายถึงจะมี ๑๕ ฟันต่อความยาว ๑ นิ้ว ซึ่งจะเท่ากับขนาดของเกลียวจริง ใช้วัดเกลียวขนาด ๑๕ เกลียวต่อนิ้ว ถ้าเป็นเกลียวระบบเมตริกที่เกจวัดจะบอกขนาดของเกลียวเป็นมิลลิเมตร เช่น เกจอันที่มีเลข ๑.๕ กำกับไว้หมายถึงระยะพิทของฟันเกลียวเท่ากับ ๑.๕ มม. ใช้วัดเกลียวที่มีขนาดระยะพิท ๑.๕ มม. ส่วนความลึกของฟันก็เท่ากับขนาดความลึกของเกลียวจริง ๆ การใช้งานก็ใช้ด้านข้างของแผ่นเกจที่ทำเป็นฟันเอาไว้ ทาบลงบนเกลียว ถ้าอันไหนทาบได้สนิทกับร่องเกลียว แสดงว่าเกจอันนั้นเป็นขนาดของเกลียวนั้น จากนั้นก็จะอ่านตัวเลขที่เขียนกำกับเอาไว้ว่าเป็นเกลียวขนาดเท่าไร



รูปที่ ๕๘ เกจวัดระยะพิทของเกลียว (Screw Pitch Gauge)

๓.๕ เวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier Caliper)

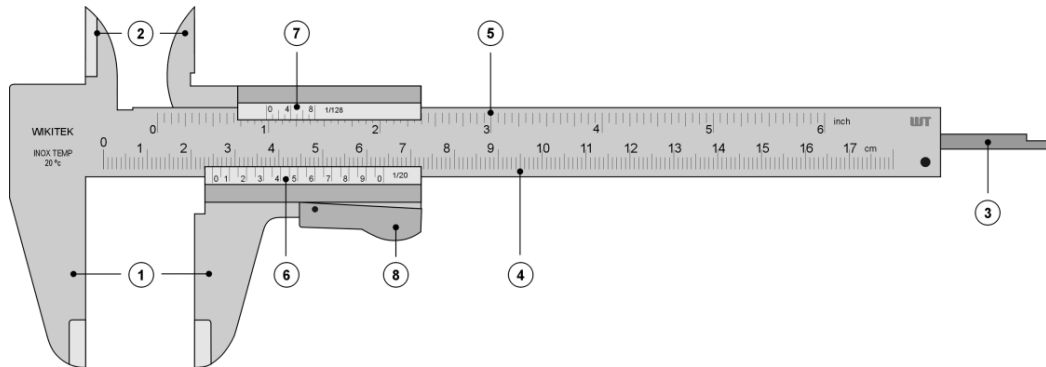
ประวัติความเป็นมาของเวอร์เนียคาลิเปอร์

ในปี ค.ศ.๑๖๓๑ ประเทศฝรั่งเศส ปีแอร์ เวอร์เนีย (Pierre Vernier) เป็นชาวฝรั่งเศส ได้คิดค้นระบบของสเกลขึ้นมา เขาประสบความสำเร็จโดยมองเห็นค่าความแตกต่างจากการสร้างสเกลด้วยวิธีการนำเส้นสเกล ๒ เส้นมาทับกันให้สนิท ทำให้เกิดค่าวัดละเอียด เนื่องจากการเอียงกันของสเกลทั้งสอง สเกลที่เอียงกันกับสเกลหลักที่มีอยู่แล้วก็คือที่มาของคำว่า สเกลเวอร์เนีย (Scale Vernier)

ต่อจากนั้น ๒๒๐ ปี โจเซฟ อาร์. บราวน์ (Joseph R. Brown) และคณะ ได้พัฒนาหลักการการสร้างสเกลเวอร์เนียด้วยวิธีการเพิ่มปากวัดเลื่อน (Slide Caliper) เพื่อให้มีความสัมพันธ์กับสเกลเวอร์เนีย จึงเป็นที่มาของเครื่องมือวัดที่เรียกชื่อว่า เวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier Caliper)

โครงสร้างเวอร์เนียคาลิเปอร์

ทำจากเหล็กไร้สนิม (Stainless Steel) รูปทรงเวอร์เนียคาลิเปอร์มีหลายแบบ แต่ที่นิยมใช้ในงานเครื่องมือกลมากที่สุดคือแบบธรรมดา หรือแบบ M (M Type) สามารถวัดงานได้อเนกประสงค์กล่าวคือ วัดนอก วัดใน วัดลึก และนิยมสร้างสเกลให้สามารถอ่านค่าความละเอียดทั้งระบบเมตริก (มิลลิเมตร) และระบบอังกฤษ (นิ้ว) อยู่ในตัวเดียวกัน



รูปที่ ๕๙ ส่วนประกอบเวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier Caliper)

ส่วนประกอบของเวอร์เนียคาลิเปอร์

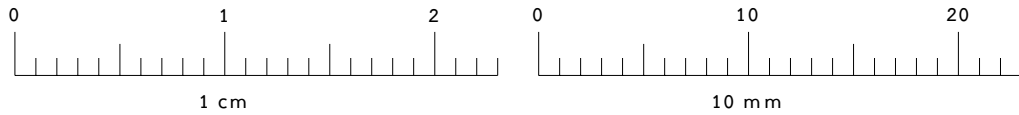
๑. ปากวัดนอก (Outside Caliper Jaws) มีไว้สำหรับวัดความโตนอกของชิ้นงาน ประกอบด้วยส่วนที่เป็นปากวัดอยู่กับที่ซึ่งต่อมาจากลำตัว และปากวัดที่เคลื่อนที่ได้ สามารถเคลื่อนที่ไปมาได้
๒. เขี้ยววัดใน (Inside Caliper Jaws) มีไว้สำหรับวัดความโตด้านในของชิ้นงาน
๓. ก้านวัดลึก (Depth Probe) มีไว้สำหรับวัดความลึกหรือรูในชิ้นงาน
๔. สเกลหลัก (Main Scale) ระบบเมตริก บอกค่าความละเอียดของเวอร์เนียคาลิเปอร์เป็นมิลลิเมตร
๕. สเกลหลัก (Main Scale) ระบบอังกฤษ บอกค่าความละเอียดของเวอร์เนียคาลิเปอร์ว่าเป็นนิ้ว
๖. สเกลเลื่อน (Vernier Scale) เป็นสเกลขยายค่าความละเอียดของสเกลหลักระบบเมตริก
๗. สเกลเลื่อน (Vernier Scale) เป็นสเกลขยายค่าความละเอียดของสเกลหลักระบบอังกฤษ
๘. สปริงล็อก (Locking Spring) มีไว้สำหรับยึดตัวเลื่อนเพื่อไม่ให้ปากวัดเคลื่อนที่ในกรณีที่จำเป็นจะต้องดึงออกมาอ่านค่าภายนอกชิ้นงาน

หลักการสร้างสเกลหลักบนเวอร์เนียคาลิเปอร์

สเกลที่อยู่บนเวอร์เนียคาลิเปอร์มี ๒ สเกลคือ สเกลหลัก (Main Scale) และ สเกลเลื่อน (Vernier Scale)

๑. หลักการสร้างสเกลหลักบนเวอร์เนียคาลิเปอร์ในระบบเมตริก (mm)

เวอร์เนียคาลิเปอร์ระบบเมตริกวัดละเอียด ๐.๑๐ มม. (1/10 mm), ๐.๐๕ มม. (1/20 mm) และ ๐.๐๒ มม. (1/50 mm) การสร้างสเกลหลักคล้ายกันคือ ๑ ซม.แบ่งออกเป็น ๑๐ ช่อง แต่ละช่องมีค่า ๑ มม. บางตัวบอกค่าความยาวที่สเกลหลัก ค่า ๑ ซม. อาจจะเขียนหลัก ๑๐ ซึ่งหมายถึง ๑๐ มม.

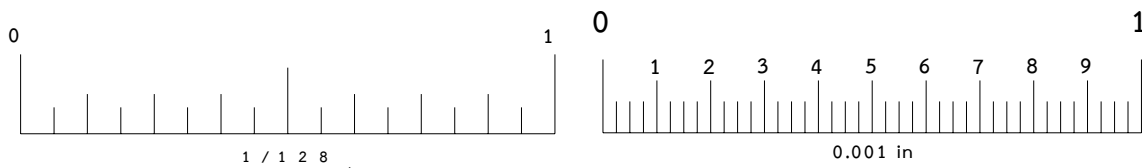


รูปที่ ๖๐ สเกลหลักบนเวอร์เนียคาลิเปอร์ระบบเมตริก

๒. หลักการสร้างสเกลหลักบนเวอร์เนียคาลิเปอร์ในระบบอังกฤษ (in)

การวัดแบบเศษส่วน (Fractional Inches) อ่านค่าความละเอียดได้ ๑/๑๒๘ นิ้ว (1/128 in) มีหลักการสร้างโดยแบ่งความยาว ๑ นิ้วออกเป็น ๘ ช่อง แต่ละช่องเท่า ๑/๘ นิ้ว (1/8 in) ต่อจากนั้นก็แบ่งย่อยลงไปอีกเป็น ๑๖ ช่อง แต่ละช่องจะมีค่าเท่ากับ ๑/๑๖ นิ้ว (1/16 in)

การวัดแบบทศนิยม (Decimal Inches) อ่านค่าความละเอียดได้ ๐.๐๐๑ นิ้ว (0.001") มีหลักการโดยแบ่งความยาว ๑ นิ้ว ออกเป็น ๑๐ ช่อง แต่ละช่องจะมีค่าเท่ากับ ๐.๑๐๐ นิ้ว (0.100") ต่อจากนั้นแบ่ง ๑ ช่อง ออกเป็น ๔ ช่องเล็ก ความยาวในแต่ละ ๑ ช่องเล็กจะมีค่าเท่ากับ ๐.๐๒๕ นิ้ว (0.025")



รูปที่ ๖๑ สเกลหลักบนเวอร์เนียคาลิเปอร์ระบบอังกฤษ

หลักการแบ่งค่าความละเอียดบนสเกลเลื่อนและวิธีการอ่าน

๓.๕.๑ เวอร์เนียคาลิเปอร์ระบบเมตริกวัดละเอียด ๐.๑๐ มม. (1/10 mm)

สามารถอ่านค่าความละเอียดได้ ๐.๑๐ มม. (0.10 mm) เช่น ๐.๖๐ มม., ๓.๕ มม., ๒๕.๙๐ มม. เป็นต้น วิธีการแบ่งค่าความละเอียดบนสเกลเลื่อนออกเป็น ๑๐ ช่อง ในความยาว ๙ มม. ของสเกลหลัก

๑๐ ช่องสเกลเลื่อน มีระยะทาง = ๙ มม.

๑ ช่องสเกลเลื่อน มีระยะทาง = $๙ \div ๑๐ = ๐.๙๐$ มม.

เมื่อขีดสเกลศูนย์ของสเกลหลักและสเกลเลื่อนตรงกัน

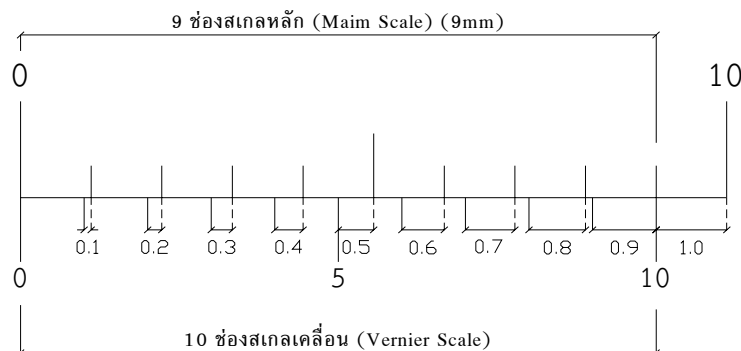
ขีดสเกลที่ ๑ ของขีดสเกลเลื่อนเยื้องกับขีดสเกลหลัก ๑ มม. = $๑ - ๑ \times ๐.๙๐ = ๐.๑๐$ มม.

ขีดสเกลที่ ๒ ของขีดสเกลเลื่อนเยื้องกับขีดสเกลหลัก ๒ มม. = $๒ - ๒ \times ๐.๙๐ = ๐.๒๐$ มม.

ขีดสเกลที่ ๓ ของขีดสเกลเลื่อนเยื้องกับขีดสเกลหลัก ๓ มม. = $๓ - ๓ \times ๐.๙๐ = ๐.๓๐$ มม.

ขีดสเกลที่ ๙ ของขีดสเกลเลื่อนเยื้องกับขีดสเกลหลัก ๙ มม. = $๙ - ๙ \times ๐.๙๐ = ๐.๙๐$ มม.

ขีดสเกลที่ ๑๐ ของขีดสเกลเลื่อนเยื้องกับขีดสเกลหลัก ๑๐ มม. = $๑๐ - ๑๐ \times ๐.๙๐ = ๑.๐๐$ มม.



รูปที่ ๖๒ หลักการแบ่งค่าความละเอียดบนสเกลเลื่อนของเวอร์เนียคาลิเปอร์ ค่าวัดความละเอียด ๐.๑๐ มม.

ในขณะที่เลื่อนปากวัดออก ขีดสเกลศูนย์ของสเกลเลื่อนจะอยู่เยื้องกับขีดสเกลศูนย์ของสเกลหลัก ดังต่อไปนี้

เลื่อนขีดสเกลที่ ๑ ของสเกลเลื่อนตรงขีดสเกลที่ ๑ ของสเกลหลัก

ขีดสเกลศูนย์เยื้อง = $๑ - ๐.๙๐ = ๐.๑๐$ มม.

เลื่อนขีดสเกลที่ ๒ ของสเกลเลื่อนตรงขีดสเกลที่ ๒ ของสเกลหลัก

ขีดสเกลศูนย์เยื้อง = $๒ - ๑.๘๐ = ๐.๒๐$ มม.

เลื่อนขีดสเกลที่ ๓ ของสเกลเลื่อนตรงขีดสเกลที่ ๓ ของสเกลหลัก

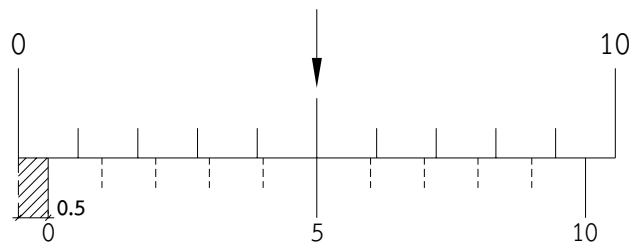
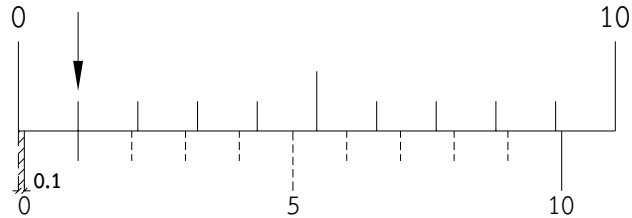
$$\text{ขีดสเกลศูนย์เยื้อง} = ๓ - ๒.๗๐ = ๐.๓๐ \text{ มม.}$$

เลื่อนขีดสเกลที่ ๙ ของสเกลเลื่อนตรงขีดสเกลที่ ๙ ของสเกลหลัก

$$\text{ขีดสเกลศูนย์เยื้อง} = ๙ - ๘.๑๐ = ๐.๘๐ \text{ มม.}$$

เลื่อนขีดสเกลที่ ๑๐ ของสเกลเลื่อนตรงขีดสเกลที่ ๑๐ ของสเกลหลัก

$$\text{ขีดสเกลศูนย์เยื้อง} = ๑๐ - ๙.๐๐ = ๑.๐๐ \text{ มม.}$$

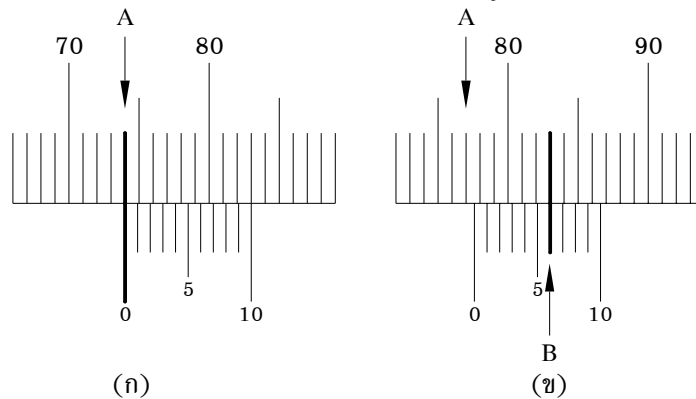


รูปที่ ๖๓ ขีดของสเกลเลื่อน เลื่อนมาตรงกับขีดสเกลหลักสามารถหาระยะทางที่ขีดสเกลศูนย์ของสเกลทั้งสองเยื้องกัน

หลักการอ่านเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ค่าความละเอียด ๐.๑๐ มม. (1/10 mm)

ขั้นตอนที่ ๑ อ่านค่าวัดที่ขีดสเกลหลักเป็นมิลลิเมตร (โดยพิจารณาขีดศูนย์ของสเกลเลื่อน เลื่อนมาเป็นระยะทางเท่าไร)

ขั้นตอนที่ ๒ อ่านค่าวัดละเอียดจากสเกลเลื่อน (โดยพิจารณาว่าขีดใดของสเกลเลื่อนตรงกับขีดสเกลหลัก)



รูปที่ ๖๔ ขั้นตอนการอ่านค่าจากเวอร์เนียร์คาลิเปอร์วัดละเอียด ๐.๑๐ มม.

รูปที่ ๖๔ (ก) ค่าที่อ่านได้ = ๗๔ มม.

- สเกลเลื่อน ขีดศูนย์ตรงขีดสเกลหลักขีดที่ ๗๔ (A) พอดี

รูปที่ ๖๔ (ข) ค่าที่อ่านได้ = ๗๗.๖๐ มม.

- สเกลเลื่อน ขีดศูนย์อยู่ระหว่างขีดสเกลหลักขีดที่ ๗๗ และ ๗๘ (A) ค่าที่อ่านได้คือ ๗๗

- สเกลเลื่อน ขีดที่ ๖ (B) อยู่ตรงกับขีดสเกลหลัก ค่าที่อ่านได้คือ ๐.๖๐ มม.

ดังนั้นค่าที่อ่านได้คือ ๗๗ + ๐.๖๐ = ๗๗.๖๐ มม.

๓.๕.๒ เวอร์เนียคาลิเปอร์ระบบเมตริกวัดละเอียด ๐.๐๕ มม. (1/20 mm)

สามารถอ่านค่าความละเอียดได้ ๐.๐๕ มม. (0.05 mm) เช่น ๐.๕๕ มม., ๓.๗๕ มม., ๒๕.๐๕ มม. เป็นต้น
วิธีการแบ่งค่าความละเอียดบนสเกลเลื่อนออกเป็น ๒๐ ช่อง ในความยาว ๑๙ มม. ของสเกลหลัก

๒๐ ช่องสเกลเลื่อน มีระยะทาง = ๑๙ มม.

๑ ช่องสเกลเลื่อน มีระยะทาง = $๑๙ \div ๒๐ = ๐.๙๕$ มม.

เมื่อขีดสเกลศูนย์ของสเกลหลักและสเกลเลื่อนตรงกัน

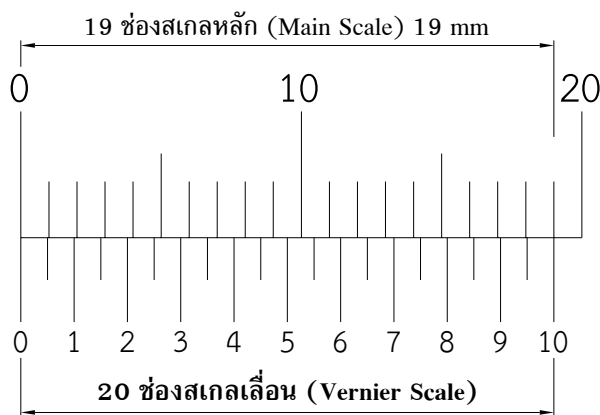
ขีดสเกลที่ ๑ ของขีดสเกลเลื่อนเยื้องกับขีดสเกลหลัก ๑ มม. = $๑ - ๑ \times ๐.๙๕ = ๐.๐๕$ มม.

ขีดสเกลที่ ๒ ของขีดสเกลเลื่อนเยื้องกับขีดสเกลหลัก ๒ มม. = $๒ - ๒ \times ๐.๙๕ = ๐.๑๐$ มม.

ขีดสเกลที่ ๓ ของขีดสเกลเลื่อนเยื้องกับขีดสเกลหลัก ๓ มม. = $๓ - ๓ \times ๐.๙๕ = ๐.๑๕$ มม.

ขีดสเกลที่ ๑๙ ของขีดสเกลเลื่อนเยื้องกับขีดสเกลหลัก ๑๙ มม. = $๑๙ - ๑๙ \times ๐.๙๕ = ๐.๙๕$ มม.

ขีดสเกลที่ ๒๐ ของขีดสเกลเลื่อนเยื้องกับขีดสเกลหลัก ๒๐ มม. = $๒๐ - ๒๐ \times ๐.๙๕ = ๑.๐๐$ มม.



รูปที่ ๖๕ หลักการแบ่งค่าความละเอียดบนสเกลเลื่อนของเวอร์เนียคาลิเปอร์ ค่าวัดความละเอียด ๐.๐๕ มม.
ในขณะที่เลื่อนปากวัดออก ขีดสเกลศูนย์ของสเกลเลื่อนจะอยู่เยื้องกับขีดสเกลศูนย์ของสเกลหลัก ดังต่อไปนี้

เลื่อนขีดสเกลที่ ๑ ของสเกลเลื่อนตรงขีดสเกลที่ ๑ ของสเกลหลัก

ขีดสเกลศูนย์เยื้อง = $๑ - ๐.๙๕ = ๐.๐๕$ มม.

เลื่อนขีดสเกลที่ ๒ ของสเกลเลื่อนตรงขีดสเกลที่ ๒ ของสเกลหลัก

ขีดสเกลศูนย์เยื้อง = $๒ - ๑.๙๐ = ๐.๑๐$ มม.

เลื่อนขีดสเกลที่ ๓ ของสเกลเลื่อนตรงขีดสเกลที่ ๓ ของสเกลหลัก

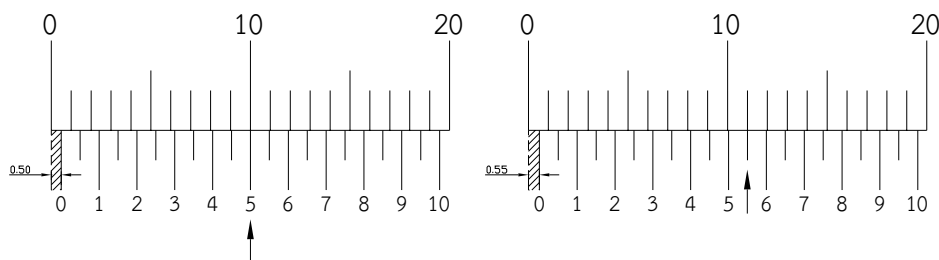
ขีดสเกลศูนย์เยื้อง = $๓ - ๒.๘๕ = ๐.๑๕$ มม.

เลื่อนขีดสเกลที่ ๑๙ ของสเกลเลื่อนตรงขีดสเกลที่ ๑๙ ของสเกลหลัก

ขีดสเกลศูนย์เยื้อง = $๑๙ - ๑๘.๐๕ = ๐.๙๕$ มม.

เลื่อนขีดสเกลที่ ๒๐ ของสเกลเลื่อนตรงขีดสเกลที่ ๒๐ ของสเกลหลัก

ขีดสเกลศูนย์เยื้อง = $๒๐ - ๑๙.๐๐ = ๑.๐๐$ มม.



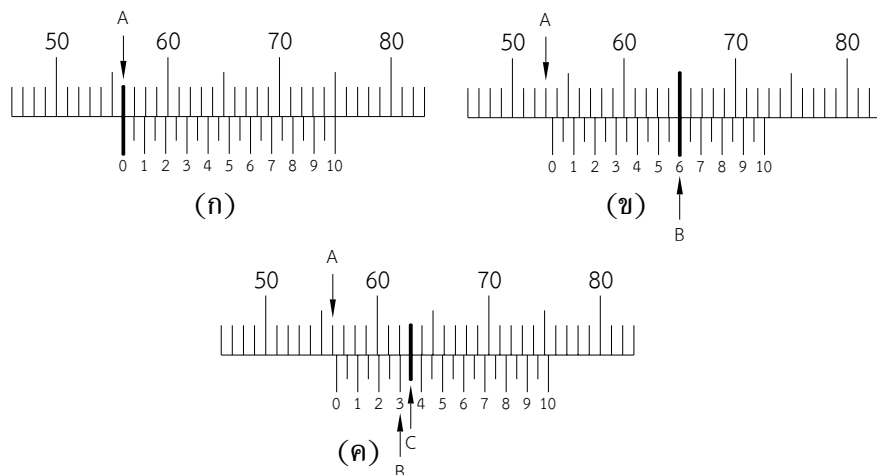
รูปที่ ๖๖ ขีดของสเกลเลื่อน เลื่อนมาตรงกับขีดสเกลหลักสามารถหาระยะทางที่ขีดสเกลศูนย์ของสเกลทั้งสองเยื้องกัน

หลักการอ่านเวอร์เนียคาลิเปอร์ค่าความละเอียด ๐.๐๕ มม. (1/20 mm)

ขั้นตอนที่ ๑ อ่านค่าวัดที่ขีดสเกลหลักเป็นมิลลิเมตร (โดยพิจารณาขีดศูนย์ของสเกลเลื่อน เลื่อนมาเป็นระยะทางเท่าไร)

ขั้นตอนที่ ๒ อ่านค่าวัดละเอียด ๐.๑๐, ๐.๒๐, ๐.๓๐ มม.,...จากสเกลเลื่อน (โดยพิจารณาว่าขีดใดของสเกลเลื่อนตรงกับขีดสเกลหลักหรือใกล้เคียงกับขีดสเกลหลักมากที่สุด)

ขั้นตอนที่ ๓ อ่านค่าวัดละเอียด ๐.๐๕ มม. จากสเกลเลื่อน (โดยพิจารณาว่าขีดใดของสเกลเลื่อน (สเกล ๐.๐๕) ตรงกับขีดสเกลหลัก)



รูปที่ ๖๗ ขั้นตอนการอ่านค่าจากเวอร์เนียคาลิเปอร์วัดละเอียด ๐.๐๕ มม.

รูปที่ ๖๗ (ก) ค่าที่อ่านได้ = ๕๖ มม.

- สเกลเลื่อน ขีดศูนย์ตรงขีดสเกลหลักขีดที่ ๕๖ (A) พอดี

รูปที่ ๖๗ (ข) ค่าที่อ่านได้ = ๕๓.๖๐ มม.

- สเกลเลื่อน ขีดศูนย์อยู่ระหว่างขีดสเกลหลักขีดที่ ๕๓ และ ๕๔ (A) ค่าที่อ่านได้คือ ๕๓

- สเกลเลื่อน ขีดที่ ๖ (B) อยู่ตรงกับขีดสเกลหลัก ค่าที่อ่านได้คือ ๐.๖๐ มม. (ค่าความละเอียด ๐.๑๐ มม.)
ดังนั้นค่าที่อ่านได้คือ ๕๓ + ๐.๖๐ = ๕๓.๖๐ มม.

รูปที่ ๖๗ (ค) ค่าที่อ่านได้ = ๕๖.๓๕ มม.

- สเกลเลื่อน ขีดศูนย์อยู่ระหว่างขีดสเกลหลักขีดที่ ๕๖ และ ๕๗ (A) ค่าที่อ่านได้คือ ๕๖

- สเกลเลื่อน ขีดที่ ๓ (B) อยู่ใกล้เคียงกับขีดสเกลหลักมากที่สุด ค่าที่อ่านได้คือ ๐.๓๐ มม. (ค่าความละเอียด ๐.๑๐ มม.)

- สเกลเลื่อน ขีดสเกล (๐.๐๕) ระหว่างขีดสเกลที่ ๓ และ ๔ (C) อยู่ตรงกับขีดสเกลหลัก ค่าที่อ่านได้คือ ๐.๐๕ มม. (ค่าความละเอียด ๐.๐๕ มม.)

ดังนั้นค่าที่อ่านได้คือ ๕๖ + ๐.๓๐ + ๐.๐๕ = ๕๖.๓๕ มม.

๓.๕.๓ เวอร์เนียคาลิเปอร์ระบบเมตริกวัดละเอียด ๐.๐๒ มม. (1/50 mm)

สามารถอ่านค่าความละเอียดได้ ๐.๐๒ มม. (0.02 mm) เช่น ๑๗.๐๒ มม., ๓๓.๗๖ มม., ๑๒๕.๕๘ มม.
เป็นต้น วิธีการแบ่งค่าความละเอียดบนสเกลเลื่อนออกเป็น ๕๐ ช่อง ในความยาว ๑ มม. ของสเกลหลัก

๕๐ ช่องสเกลเลื่อน มีระยะทาง = ๑ มม.

๑ ช่องสเกลเลื่อน มีระยะทาง = $๑ \div ๕๐ = ๐.๐๒$ มม.

เมื่อขีดสเกลศูนย์ของสเกลหลักและสเกลเลื่อนตรงกัน

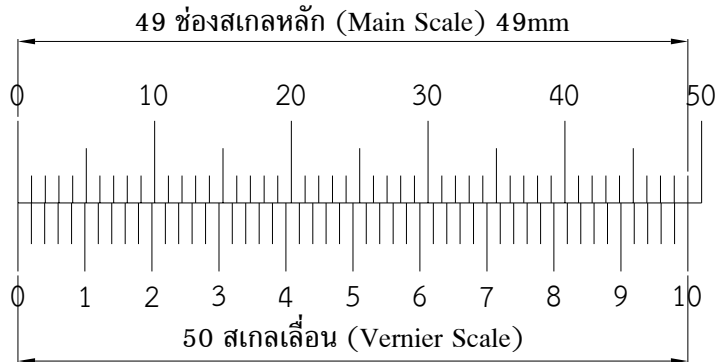
ขีดสเกลที่ ๑ ของขีดสเกลเลื่อนเยื้องกับขีดสเกลหลัก ๑ มม. = $๑ - ๑ \times ๐.๐๒ = ๐.๐๒$ มม.

ขีดสเกลที่ ๒ ของขีดสเกลเลื่อนเยื้องกับขีดสเกลหลัก ๒ มม. = $๒ - ๒ \times ๐.๐๒ = ๐.๐๔$ มม.

ขีดสเกลที่ ๓ ของขีดสเกลเลื่อนเยื้องกับขีดสเกลหลัก ๓ มม. = $๓ - ๓ \times ๐.๐๒ = ๐.๐๖$ มม.

ขีดสเกลที่ ๒๕ ของขีดสเกลเลื่อนเยื้องกับขีดสเกลหลัก ๒๕ มม. = $๒๕ - ๒๕ \times ๐.๙๘ = ๐.๕๐$ มม.

ขีดสเกลที่ ๕๐ ของขีดสเกลเลื่อนเยื้องกับขีดสเกลหลัก ๕๐ มม. = $๕๐ - ๕๐ \times ๐.๙๘ = ๑.๐๐$ มม.



รูปที่ ๖๘ หลักการแบ่งค่าความละเอียดบนสเกลเลื่อนของเวอร์เนียคาลิเปอร์ ค่าวัดความละเอียด ๐.๐๒ มม.
ในขณะที่เลื่อนปากวัดออก ขีดสเกลศูนย์ของสเกลเลื่อนจะอยู่เยื้องกับขีดสเกลศูนย์ของสเกลหลัก ดังต่อไปนี้
เลื่อนขีดสเกลที่ ๑ ของสเกลเลื่อนตรงขีดสเกลที่ ๑ ของสเกลหลัก

ขีดสเกลศูนย์เยื้อง = $๑ - ๐.๙๘ = ๐.๐๒$ มม.

เลื่อนขีดสเกลที่ ๒ ของสเกลเลื่อนตรงขีดสเกลที่ ๒ ของสเกลหลัก

ขีดสเกลศูนย์เยื้อง = $๒ - ๑.๙๖ = ๐.๐๔$ มม.

เลื่อนขีดสเกลที่ ๓ ของสเกลเลื่อนตรงขีดสเกลที่ ๓ ของสเกลหลัก

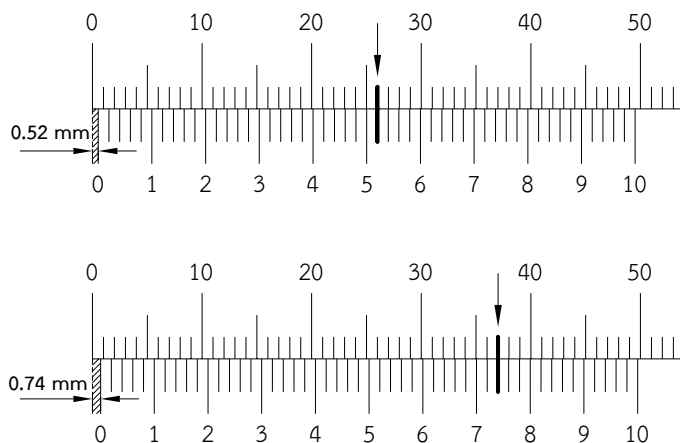
ขีดสเกลศูนย์เยื้อง = $๓ - ๒.๙๔ = ๐.๐๖$ มม.

เลื่อนขีดสเกลที่ ๒๕ ของสเกลเลื่อนตรงขีดสเกลที่ ๒๕ ของสเกลหลัก

ขีดสเกลศูนย์เยื้อง = $๒๕ - ๒๔.๕๐ = ๐.๕๐$ มม.

เลื่อนขีดสเกลที่ ๕๐ ของสเกลเลื่อนตรงขีดสเกลที่ ๕๐ ของสเกลหลัก

ขีดสเกลศูนย์เยื้อง = $๕๐ - ๔๙.๐๐ = ๑.๐๐$ มม.



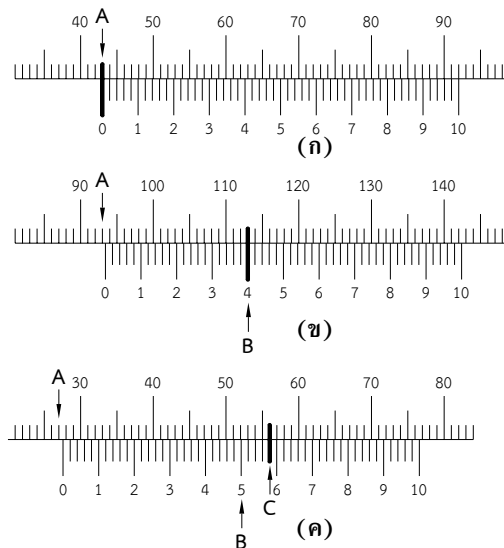
รูปที่ ๖๙ ขีดของสเกลเลื่อน เลื่อนมาตรงกับขีดสเกลหลักสามารถหาระยะทางที่ขีดสเกลศูนย์ของสเกลทั้งสองเยื้องกัน

หลักการอ่านเวอร์เนียคาลิเปอร์ค่าความละเอียด ๐.๐๒ มม. (1/50 mm)

ขั้นตอนที่ ๑ อ่านค่าวัดที่ขีดสเกลหลักเป็นมิลลิเมตร (โดยพิจารณาขีดศูนย์ของสเกลเลื่อน เลื่อนมาเป็นระยะทางเท่าไร)

ขั้นตอนที่ ๒ อ่านค่าวัดละเอียด ๐.๑๐, ๐.๒๐, ๐.๓๐ มม.,...จากสเกลเลื่อน (โดยพิจารณาว่าขีดใดของสเกลเลื่อนตรงกับขีดสเกลหลักหรือใกล้เคียงกับขีดสเกลหลักมากที่สุด)

ขั้นตอนที่ ๓ อ่านค่าวัดละเอียด ๐.๐๒ มม. จากสเกลเลื่อน (โดยพิจารณาว่าขีดใดของสเกลเลื่อน (สเกล ๐.๐๒, ๐.๐๔, ๐.๐๖, ๐.๐๘) ตรงกับขีดสเกลหลัก)



รูปที่ ๗๐ ขั้นตอนการอ่านค่าจากเวอร์เนียคาลิเปอร์วัดละเอียด ๐.๐๒ มม.

รูปที่ ๗๐ (ก) ค่าที่อ่านได้ = ๔๓ มม.

- สเกลเลื่อน ชีตศูนย์ตรงขีดสเกลหลักขีดที่ ๔๓ (A)พอดี

รูปที่ ๗๐ (ข) ค่าที่อ่านได้ = ๕๓.๔๐ มม.

- สเกลเลื่อน ชีตศูนย์อยู่ระหว่างขีดสเกลหลักขีดที่ ๕๓ และ ๕๔ (A) ค่าที่อ่านได้คือ ๕๓
 - สเกลเลื่อน ชีตที่ ๔ (B) อยู่ตรงกับขีดสเกลหลัก ค่าที่อ่านได้คือ ๐.๔๐ มม. (ค่าความละเอียด ๐.๑๐ มม.)
- ดังนั้นค่าที่อ่านได้คือ $๕๓ + ๐.๔๐ = ๕๓.๔๐$ มม.

รูปที่ ๗๐ (ค) ค่าที่อ่านได้ = ๒๗.๕๘ มม.

- สเกลเลื่อน ชีตศูนย์อยู่ระหว่างขีดสเกลหลักขีดที่ ๒๗ และ ๒๘ (A) ค่าที่อ่านได้คือ ๒๗
- สเกลเลื่อน ชีตที่ ๕ (B) อยู่ใกล้เคียงกับขีดสเกลหลักมากที่สุด ค่าที่อ่านได้คือ ๐.๕๐ มม. (ค่าความ

ละเอียด ๐.๑๐ มม.)

- สเกลเลื่อน ชีตสเกล (๐.๐๒, ๐.๐๔, ๐.๐๖, ๐.๐๘) ระหว่างขีดสเกลที่ ๕ และ ๖ (C) อยู่ตรงกับขีดสเกลหลัก ค่าที่อ่านได้คือ ๐.๐๘ มม. (ค่าความละเอียด ๐.๐๒ มม.)

ดังนั้นค่าที่อ่านได้คือ $๒๗ + ๐.๕๐ + ๐.๐๘ = ๒๗.๕๘$ มม.

๓.๕.๔ เวอร์เนียคาลิเปอร์ระบบอังกฤษวัดละเอียด ๑/๑๒๘ นิ้ว. (1/128")

สามารถอ่านค่าความละเอียดเป็นการอ่านแบบเศษส่วน (Fractional Inches) สามารถอ่านละเอียดได้ ๑/๑๒๘ นิ้วเช่น ๑ ๓/๑๒๘, ๕ ๑๕/๑๒๘ เป็นต้น วิธีการแบ่งค่าความละเอียดบนสเกลเลื่อนออกเป็น ๘ ช่อง ในความยาว ๗/๑๖ นิ้ว ของสเกลหลัก

๘ ช่องสเกลเลื่อน มีระยะทาง = ๗/๑๖ นิ้ว

๑ ช่องสเกลเลื่อน มีระยะทาง = $(๗/๑๖)/๘ = ๗/๑๒๘$ นิ้ว

เมื่อขีดสเกลศูนย์ของสเกลหลักและสเกลเลื่อนตรงกัน

เลื่อนขีดสเกลที่ ๑ ของสเกลเลื่อนอยู่เยื้องกับขีดสเกลหลัก $๑/๑๖ = ๑/๑๖ - ๑ \times ๗/๑๒๘ = ๑/๑๒๘$ นิ้ว

เลื่อนขีดสเกลที่ ๒ ของสเกลเลื่อนอยู่เยื้องกับขีดสเกลหลัก $๑/๘ = ๑/๘ - ๒ \times ๗/๑๒๘ = ๒/๑๒๘$ นิ้ว

เลื่อนขีดสเกลที่ ๓ ของสเกลเลื่อนอยู่เยื้องกับขีดสเกลหลัก $๓/๑๖ = ๓/๑๖ - ๓ \times ๗/๑๒๘ = ๓/๑๒๘$ นิ้ว

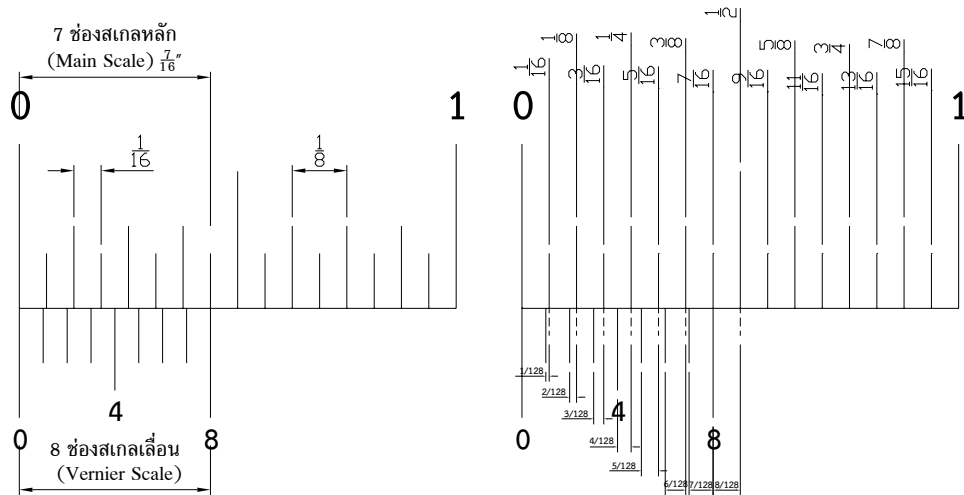
เลื่อนขีดสเกลที่ ๔ ของสเกลเลื่อนอยู่เยื้องกับขีดสเกลหลัก $๑/๔ = ๑/๔ - ๔ \times ๗/๑๒๘ = ๔/๑๒๘$ นิ้ว

เลื่อนขีดสเกลที่ ๕ ของสเกลเลื่อนอยู่เยื้องกับขีดสเกลหลัก $๕/๑๖ = ๕/๑๖ - ๕ \times ๗/๑๒๘ = ๕/๑๒๘$ นิ้ว

เลื่อนขีดสเกลที่ ๖ ของสเกลเลื่อนอยู่เยื้องกับขีดสเกลหลัก $๓/๘ = ๓/๘ - ๖ \times ๗/๑๒๘ = ๖/๑๒๘$ นิ้ว

เลื่อนขีดสเกลที่ ๗ ของสเกลเลื่อนอยู่เยื้องกับขีดสเกลหลัก $๗/๑๖ = ๗/๑๖ - ๗ \times ๗/๑๒๘ = ๗/๑๒๘$ นิ้ว

เลื่อนขีดสเกลที่ ๘ ของสเกลเลื่อนอยู่เยื้องกับขีดสเกลหลัก $๑/๒ = ๑/๒ - ๘ \times ๗/๑๒๘ = ๘/๑๒๘$ นิ้ว



รูปที่ ๗๑ หลักการแบ่งค่าความละเอียดบนสเกลเลื่อนของเวอร์เนียคาลิเปอร์ ค่าวัดความละเอียด ๑/๑๒๘ นิ้ว.
ในขณะที่เลื่อนปากวัดออก ขีดสเกลศูนย์ของสเกลเลื่อนจะอยู่เยื้องกับขีดสเกลศูนย์ของสเกลหลัก ดังต่อไปนี้
เลื่อนขีดสเกลที่ ๑ ของสเกลเลื่อนตรงขีดสเกลที่ ๑ ของสเกลหลัก

$$\text{ขีดสเกลศูนย์เยื้องกัน} = ๑/๑๖ - ๑ \times ๗/๑๒๘ = ๑/๑๒๘ \text{ นิ้ว}$$

เลื่อนขีดสเกลที่ ๒ ของสเกลเลื่อนตรงขีดสเกลที่ ๒ ของสเกลหลัก

$$\text{ขีดสเกลศูนย์เยื้องกัน} = ๑/๘ - ๒ \times ๗/๑๒๘ = ๒/๑๒๘ \text{ นิ้ว}$$

เลื่อนขีดสเกลที่ ๓ ของสเกลเลื่อนตรงขีดสเกลที่ ๓ ของสเกลหลัก

$$\text{ขีดสเกลศูนย์เยื้องกัน} = ๓/๑๖ - ๓ \times ๗/๑๒๘ = ๓/๑๒๘ \text{ นิ้ว}$$

เลื่อนขีดสเกลที่ ๔ ของสเกลเลื่อนตรงขีดสเกลที่ ๔ ของสเกลหลัก

$$\text{ขีดสเกลศูนย์เยื้องกัน} = ๑/๔ - ๔ \times ๗/๑๒๘ = ๔/๑๒๘ \text{ นิ้ว}$$

เลื่อนขีดสเกลที่ ๕ ของสเกลเลื่อนตรงขีดสเกลที่ ๕ ของสเกลหลัก

$$\text{ขีดสเกลศูนย์เยื้องกัน} = ๕/๑๖ - ๕ \times ๗/๑๒๘ = ๕/๑๒๘ \text{ นิ้ว}$$

เลื่อนขีดสเกลที่ ๖ ของสเกลเลื่อนตรงขีดสเกลที่ ๖ ของสเกลหลัก

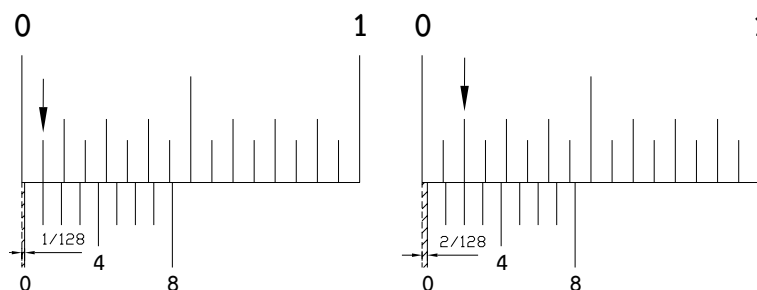
$$\text{ขีดสเกลศูนย์เยื้องกัน} = ๓/๘ - ๖ \times ๗/๑๒๘ = ๖/๑๒๘ \text{ นิ้ว}$$

เลื่อนขีดสเกลที่ ๗ ของสเกลเลื่อนตรงขีดสเกลที่ ๗ ของสเกลหลัก

$$\text{ขีดสเกลศูนย์เยื้องกัน} = ๗/๑๖ - ๗ \times ๗/๑๒๘ = ๗/๑๒๘ \text{ นิ้ว}$$

เลื่อนขีดสเกลที่ ๘ ของสเกลเลื่อนตรงขีดสเกลที่ ๘ ของสเกลหลัก

$$\text{ขีดสเกลศูนย์เยื้องกัน} = ๑/๒ - ๘ \times ๗/๑๒๘ = ๘/๑๒๘ \text{ นิ้ว}$$



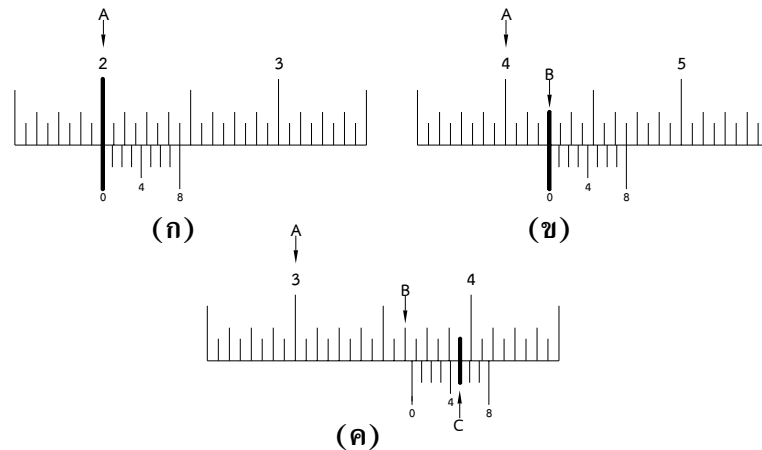
รูปที่ ๗๒ ขีดของสเกลเลื่อน เลื่อนมาตรงกับขีดสเกลหลักสามารถหาระยะทางที่ขีดสเกลศูนย์ของสเกลทั้งสองเยื้องกัน

หลักการอ่านเวอร์เนียคาลิเปอร์ค่าความละเอียด ๑/๑๒๘ นิ้ว (1/128")

ขั้นตอนที่ ๑ อ่านค่าวัดที่ขีดสเกลหลักเป็นจำนวนเต็มของนิ้ว เช่น ๑ นิ้ว, ๒ นิ้ว (โดยพิจารณาขีดศูนย์ของสเกลเลื่อน เลื่อนมาเป็นระยะทางกี่นิ้ว)

ขั้นตอนที่ ๒ อ่านค่าวัดที่ขีดสเกลหลักเป็นเศษส่วนนิ้ว เช่น ๑/๑๖, ๑/๘, ๓/๑๖ เป็นต้น (โดยพิจารณาว่าขีดศูนย์ของสเกลเลื่อนตรงหรือใกล้เคียงกับขีดสเกลหลักมากที่สุด)

ขั้นตอนที่ ๓ อ่านค่าวัดละเอียด ๑/๑๒๘ นิ้ว จากขีดสเกลเลื่อน (โดยพิจารณาว่าขีดใดของสเกลเลื่อนตรงกับขีดสเกลหลัก)



รูปที่ ๗๓ ขั้นตอนการอ่านค่าจากเวอร์เนียคาลิเปอร์วัดละเอียด ๑/๑๒๘ นิ้ว

รูปที่ ๗๓ (ก) ค่าที่อ่านได้ = ๒ นิ้ว

- สเกลเลื่อน ขีดศูนย์ตรงขีดสเกลหลักเป็นจำนวนเต็มของนิ้วขีดที่ ๒ นิ้ว (A) ค่าที่อ่านได้ ๒ นิ้ว

รูปที่ ๗๓ (ข) ค่าที่อ่านได้ = ๔ ๑/๔ นิ้ว

- สเกลเลื่อน ขีดศูนย์อยู่เลยขีดสเกลหลักเป็นจำนวนเต็มของนิ้วขีดที่ ๔ นิ้ว (A) ค่าที่อ่านได้ ๔ นิ้ว
- สเกลเลื่อน ขีดศูนย์ (B) อยู่ตรงกับขีดสเกลหลักเป็นเศษส่วนที่ตำแหน่ง ๑/๔ ค่าที่อ่านได้คือ ๑/๔ นิ้ว ดังนั้นค่าที่อ่านได้คือ $๔ + ๑/๔ = ๔ ๑/๔$ นิ้ว

รูปที่ ๗๓ (ค) ค่าที่อ่านได้ = ๓ ๘๕/๑๒๘ นิ้ว

- สเกลเลื่อน ขีดศูนย์อยู่เลยขีดสเกลหลักเป็นจำนวนเต็มของนิ้วขีดที่ ๓ นิ้ว (A) ค่าที่อ่านได้ ๓ นิ้ว
- สเกลเลื่อน ขีดศูนย์ (B) อยู่ระหว่างขีดสเกลหลักเป็นเศษส่วนที่ตำแหน่ง ๕/๘ และ ๑๑/๑๖ ค่าที่อ่านได้คือ ๕/๘ นิ้ว

- สเกลเลื่อน ขีดสเกลที่ ๕ (C) อยู่ตรงกับขีดสเกลหลักเป็นเศษส่วน ค่าที่อ่านได้คือ ๕/๑๒๘ นิ้ว ดังนั้นค่าที่อ่านได้คือ $๓ + ๕/๘ + ๕/๑๒๘ = ๓ ๘๕/๑๒๘$ นิ้ว

๓.๕.๕ เวอร์เนียคาลิเปอร์ระบบอังกฤษวัดละเอียด ๐.๐๐๑ นิ้ว. (1/1000")

อ่านค่าวัดละเอียดเป็นระบบอังกฤษ เป็นการอ่านแบบทศนิยม (Decimal Inches) สามารถอ่านละเอียดได้ ๐.๐๐๑ นิ้ว เช่น ๑.๖๓๗ นิ้ว, ๕.๒๗๑ นิ้ว เป็นต้น วิธีการแบ่งค่าความละเอียดบนสเกลเลื่อนออกเป็น ๒๕ ช่อง ในความยาว ๑.๒๕ นิ้ว ของสเกลหลัก

๒๕ ช่องสเกลเลื่อน มีระยะทาง = ๑.๒๕ นิ้ว

๑ ช่องสเกลเลื่อน มีระยะทาง = $๑.๒๕ \div ๒๕ = ๐.๐๕$ นิ้ว

เมื่อขีดสเกลศูนย์ของสเกลหลักและสเกลเลื่อนตรงกัน

เลื่อนขีดสเกลที่ ๑ ของสเกลเลื่อนอยู่เยื้องกับขีดสเกลหลัก ๐.๐๕๐ นิ้ว

$$= ๐.๐๕๐ - ๑ \times ๐.๐๕ = ๐.๐๐๐ \text{ นิ้ว}$$

เลื่อนขีดสเกลที่ ๒ ของสเกลเลื่อนอยู่เยื้องกับขีดสเกลหลัก ๐.๑๐๐ นิ้ว

$$= ๐.๑๐๐ - ๒ \times ๐.๐๕ = ๐.๐๐๐ \text{ นิ้ว}$$

เลื่อนขีดสเกลที่ ๓ ของสเกลเลื่อนอยู่เยื้องกับขีดสเกลหลัก ๐.๑๕๐ นิ้ว

$$= ๐.๑๕๐ - ๓ \times ๐.๐๕ = ๐.๐๐๐ \text{ นิ้ว}$$

เลื่อนขีดสเกลที่ ๔ ของสเกลเลื่อนอยู่เยื้องกับขีดสเกลหลัก ๐.๒๐๐ นิ้ว

$$= ๐.๒๐๐ - ๔ \times ๐.๐๕ = ๐.๐๐๐ \text{ นิ้ว}$$

เลื่อนขีดสเกลที่ ๑๐ ของสเกลเลื่อนอยู่เยื้องกับขีดสเกลหลัก ๐.๕๐๐ นิ้ว

$$= ๐.๕๐๐ - ๑๐ \times ๐.๐๔๙ = ๐.๐๑๐ \text{ นิ้ว}$$

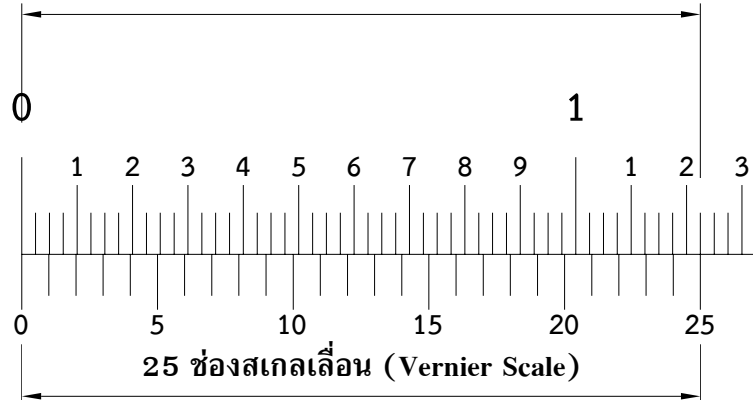
เลื่อนขีดสเกลที่ ๒๐ ของสเกลเลื่อนอยู่เยื้องกับขีดสเกลหลัก ๑.๐๐๐ นิ้ว

$$= ๑.๐๐๐ - ๒๐ \times ๐.๐๔๙ = ๐.๐๒๐ \text{ นิ้ว}$$

เลื่อนขีดสเกลที่ ๒๕ ของสเกลเลื่อนอยู่เยื้องกับขีดสเกลหลัก ๑.๒๕๐ นิ้ว

$$= ๑.๒๕๐ - ๒๕ \times ๐.๐๔๙ = ๐.๐๒๕ \text{ นิ้ว}$$

สเกลหลัก (Main Scale) ยาว 1.225"



รูปที่ ๗๔ หลักการแบ่งค่าความละเอียดบนสเกลเลื่อนของเวอร์เนียคาลิเปอร์ ค่าวัดความละเอียด ๐.๐๐๑ นิ้ว.
ในขณะที่เลื่อนปากวัดออก ขีดสเกลศูนย์ของสเกลเลื่อนจะอยู่เยื้องกับขีดสเกลศูนย์ของสเกลหลัก ดังต่อไปนี้

เลื่อนขีดสเกลที่ ๑ ของสเกลเลื่อนตรงขีดสเกลที่ ๒ ของสเกลหลัก

$$\text{ขีดสเกลศูนย์เยื้องกัน} = ๐.๐๕๐ - ๑ \times ๐.๐๔๙ = ๐.๐๐๑ \text{ นิ้ว}$$

เลื่อนขีดสเกลที่ ๒ ของสเกลเลื่อนตรงขีดสเกลที่ ๔ ของสเกลหลัก

$$\text{ขีดสเกลศูนย์เยื้องกัน} = ๐.๑๐๐ - ๒ \times ๐.๐๔๙ = ๐.๐๐๒ \text{ นิ้ว}$$

เลื่อนขีดสเกลที่ ๓ ของสเกลเลื่อนตรงขีดสเกลที่ ๖ ของสเกลหลัก

$$\text{ขีดสเกลศูนย์เยื้องกัน} = ๐.๑๕๐ - ๓ \times ๐.๐๔๙ = ๐.๐๐๓ \text{ นิ้ว}$$

เลื่อนขีดสเกลที่ ๔ ของสเกลเลื่อนตรงขีดสเกลที่ ๘ ของสเกลหลัก

$$\text{ขีดสเกลศูนย์เยื้องกัน} = ๐.๒๐๐ - ๔ \times ๐.๐๔๙ = ๐.๐๐๔ \text{ นิ้ว}$$

เลื่อนขีดสเกลที่ ๑๐ ของสเกลเลื่อนตรงขีดสเกลที่ ๒๐ ของสเกลหลัก

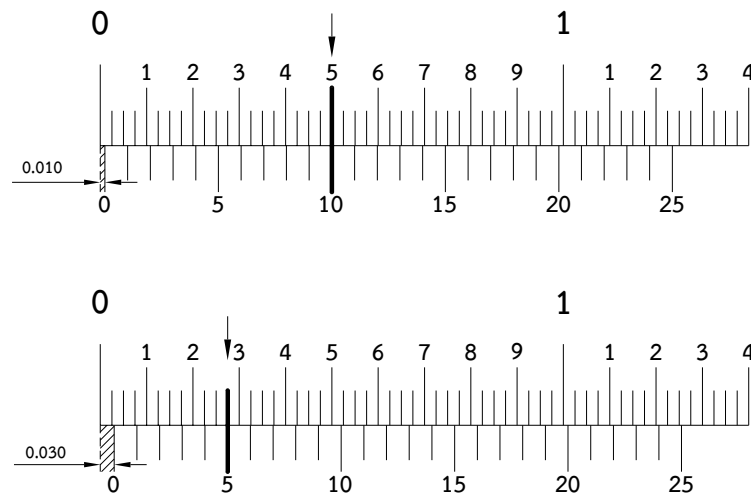
$$\text{ขีดสเกลศูนย์เยื้องกัน} = ๐.๕๐๐ - ๑๐ \times ๐.๐๔๙ = ๐.๐๑๐ \text{ นิ้ว}$$

เลื่อนขีดสเกลที่ ๒๐ ของสเกลเลื่อนตรงขีดสเกลที่ ๔๐ ของสเกลหลัก

$$\text{ขีดสเกลศูนย์เยื้องกัน} = ๑.๐๐๐ - ๒๐ \times ๐.๐๔๙ = ๐.๐๒๐ \text{ นิ้ว}$$

เลื่อนขีดสเกลที่ ๒๕ ของสเกลเลื่อนตรงขีดสเกลที่ ๕๐ ของสเกลหลัก

$$\text{ขีดสเกลศูนย์เยื้องกัน} = ๑.๒๕๐ - ๒๕ \times ๐.๐๔๙ = ๐.๐๒๕ \text{ นิ้ว}$$



รูปที่ ๗๕ ขีดของสเกลเลื่อน เลื่อนมาตรงกับขีดสเกลหลักสามารถหาระยะทางที่ขีดสเกลศูนย์ของสเกลทั้งสองเยื้องกัน

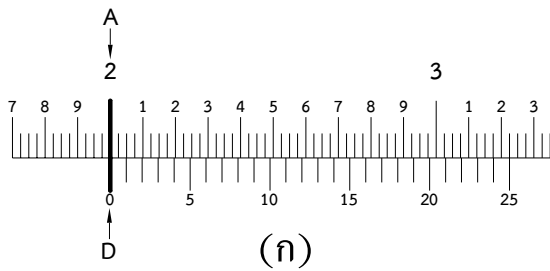
หลักการอ่านเวอร์เนียรัลค่าความละเอียด ๐.๐๐๑ นิ้ว (1/1000")

ขั้นตอนที่ ๑ อ่านค่าวัดที่ขีดสเกลหลักเป็นจำนวนเต็มของนิ้ว เช่น ๑ นิ้ว, ๒ นิ้ว (โดยพิจารณาว่าขีดค่าวัดละเอียด ขีดศูนย์ของสเกลเลื่อน เลื่อนมาเป็นระยะทางกี่นิ้ว)

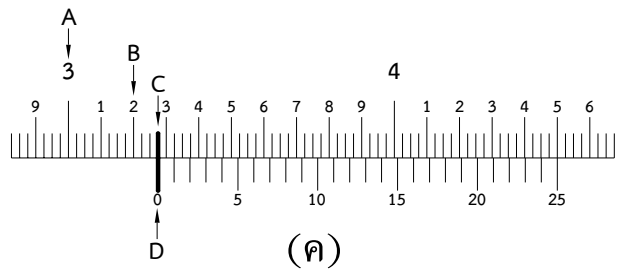
ขั้นตอนที่ ๒ อ่านค่าวัดที่ขีดสเกลหลักเป็นจำนวนทศนิยมหลักของนิ้ว เช่น ๐.๑๐๐, ๐.๔๐๐, ๐.๗๐๐ เป็นต้น (โดยพิจารณาว่าขีดค่าวัดละเอียด ขีดศูนย์ของสเกลเลื่อน ตรงหรือใกล้เคียงกับขีดสเกลหลัก (ทศนิยมหลักของนิ้ว) มากที่สุด แล้วนำไปบวกกับขั้นตอนที่ ๑ เช่น ๒.๗๐๐ นิ้ว, ๔.๓๐๐ นิ้ว, ๕.๘๐๐ นิ้ว)

ขั้นตอนที่ ๓ อ่านค่าวัดที่ขีดสเกลหลักเป็นจำนวนทศนิยมย่อยของนิ้วคือ ๐.๐๒๕ นิ้ว, ๐.๐๕๐ นิ้ว, ๐.๐๗๕ นิ้ว (โดยพิจารณาว่าขีดค่าวัดละเอียด ขีดศูนย์ของสเกลเลื่อน ตรงหรือใกล้เคียงกับขีดสเกลย่อยของนิ้ว (ทศนิยมย่อยของนิ้ว) มากที่สุด แล้วนำไปบวกกับขั้นตอนที่ ๒ เช่น $๒.๗๐๐ + ๐.๐๒๕ = ๒.๗๒๕$ นิ้ว, $๔.๓๐๐ + ๐.๐๕๐ = ๔.๓๕๐$ นิ้ว, $๕.๘๐๐ + ๐.๐๗๕ = ๕.๘๗๕$ นิ้ว)

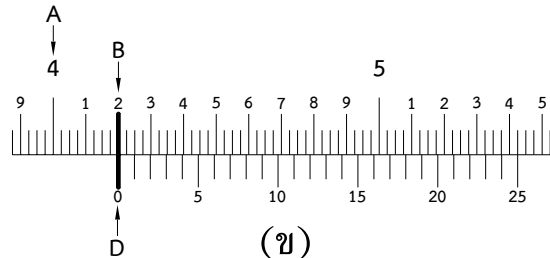
ขั้นตอนที่ ๔ อ่านค่าวัดที่ขีดสเกลเลื่อนเป็นจำนวนทศนิยมย่อยของจำนวน ๐.๐๒๕ นิ้วคือ ๐.๐๐๑ นิ้ว, ๐.๐๐๒ นิ้ว, ๐.๐๐๓ นิ้ว,....., ๐.๐๒๔ นิ้ว, ๐.๐๒๕ (โดยพิจารณาว่าขีดใดของสเกลเลื่อนตรงกับขีดสเกลหลัก จากนั้นนำค่าที่อ่านได้ไปบวกกับขั้นตอนที่ ๓ เช่น $๒.๗๒๕ + ๐.๐๑๑ = ๒.๗๓๖$ นิ้ว, $๔.๓๕๐ + ๐.๐๒๓ = ๔.๓๗๓$ นิ้ว, $๕.๘๗๕ + ๐.๐๑๖ = ๕.๘๙๑$ นิ้ว)



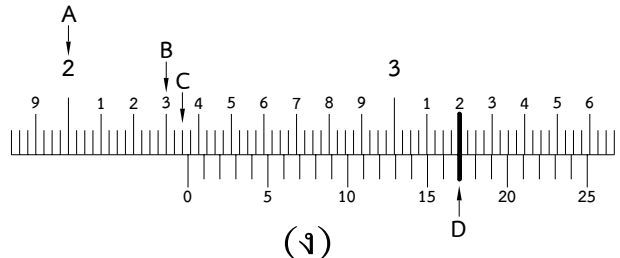
(ก)



(ค)



(ข)



(ง)

รูปที่ ๗๖ ขั้นตอนการอ่านค่าจากเวอร์เนียคาลิเปอร์วัดละเอียด ๐.๐๐๑ นิ้ว

รูปที่ ๗๖ (ก) ค่าที่อ่านได้ = ๒ นิ้ว

- สเกลเลื่อน ขีดศูนย์ (D) ตรงขีดสเกลหลักเป็นจำนวนเต็มของนิ้วขีดที่ ๒ (A) ค่าที่อ่านได้ ๒ นิ้ว

รูปที่ ๗๖ (ข) ค่าที่อ่านได้ = ๔.๒๐๐ นิ้ว.

- สเกลเลื่อน ขีดศูนย์ (D) อยู่เลยขีดสเกลหลักเป็นจำนวนเต็มของนิ้วขีดที่ ๔ (A) ค่าที่อ่านได้ ๔ นิ้ว
- สเกลเลื่อน ขีดศูนย์ (D) อยู่ตรงกับขีดสเกลหลักเป็นจำนวนทศนิยมหลักของนิ้ว ที่ตำแหน่ง ๐.๒๐๐ (B)

ค่าที่อ่านได้คือ ๐.๒๐๐ นิ้ว

ดังนั้นค่าที่อ่านได้คือ $๔ + ๐.๒๐๐ = ๔.๒๐๐$ นิ้ว.

รูปที่ ๗๖ (ค) ค่าที่อ่านได้ = ๓.๒๗๕ นิ้ว

- สเกลเลื่อน ขีดศูนย์ (D) อยู่เลยขีดสเกลหลักเป็นจำนวนเต็มของนิ้วขีดที่ ๓ (A) ค่าที่อ่านได้ ๓ นิ้ว
- สเกลเลื่อน ขีดศูนย์ (D) อยู่ระหว่างขีดสเกลหลักเป็นจำนวนทศนิยมหลักของนิ้ว ที่ตำแหน่ง ๐.๒๐๐ และ ๐.๓๐๐ (B) ค่าที่อ่านได้คือ ๐.๒๐๐ นิ้ว
- สเกลเลื่อน ขีดศูนย์ (D) อยู่ตรงกับขีดสเกลหลักเป็นจำนวนทศนิยมย่อยของนิ้ว ที่ตำแหน่ง ๐.๐๗๕ (C)

ค่าที่อ่านได้คือ ๐.๐๗๕ นิ้ว

ดังนั้นค่าที่อ่านได้คือ $๓ + ๐.๒๐๐ + ๐.๐๗๕ = ๓.๒๗๕$ นิ้ว

รูปที่ ๗๖ (ง) ค่าที่อ่านได้ = ๒.๓๖๗ นิ้ว

- สเกลเลื่อน ขีดศูนย์ (D) อยู่เลยขีดสเกลหลักเป็นจำนวนเต็มของนิ้วขีดที่ ๒ (A) ค่าที่อ่านได้ ๒ นิ้ว
- สเกลเลื่อน ขีดศูนย์ (D) อยู่ระหว่างขีดสเกลหลักเป็นจำนวนทศนิยมหลักของนิ้ว ที่ตำแหน่ง ๐.๓๐๐ และ ๐.๔๐๐ (B) ค่าที่อ่านได้คือ ๐.๓๐๐ นิ้ว
- สเกลเลื่อน ขีดศูนย์ (D) อยู่ระหว่างขีดสเกลหลักเป็นจำนวนทศนิยมย่อยของนิ้ว ที่ตำแหน่ง ๐.๐๕๐ และ ๐.๐๗๕ (C) ค่าที่อ่านได้คือ ๐.๐๕๐ นิ้ว

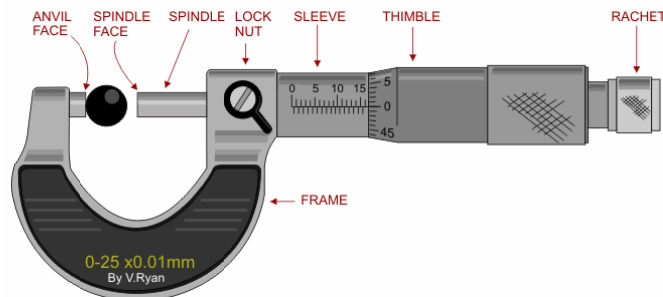
- สเกลเลื่อน ขีดสเกลที่ ๑๗ (D) อยู่ตรงกับขีดสเกลหลักเป็นทศนิยม ค่าที่อ่านได้คือ ๐.๐๑๗ นิ้ว

ดังนั้นค่าที่อ่านได้คือ $๒ + ๐.๓๐๐ + ๐.๐๕๐ + ๐.๐๑๗ = ๒.๓๖๗$ นิ้ว

๓.๖ ไมโครมิเตอร์ (Micrometer)

ไมโครมิเตอร์มีพื้นฐานการสร้างโดยอาศัยหลักการหมุนเคลื่อนที่ตามเส้นรอบวงของเกลียว (Lead) ไปตามแนวแกน อาศัยหลักการทำงานของเกลียวที่จะเกิดค่าระยะพิตซ์ เมื่อทำการหมุนเกลียวไป ๑ รอบ ก็จะได้ระยะพิตซ์เท่ากับ ๑

ส่วนประกอบสำคัญของไมโครมิเตอร์



รูปที่ ๓๗ ส่วนประกอบสำคัญของไมโครมิเตอร์

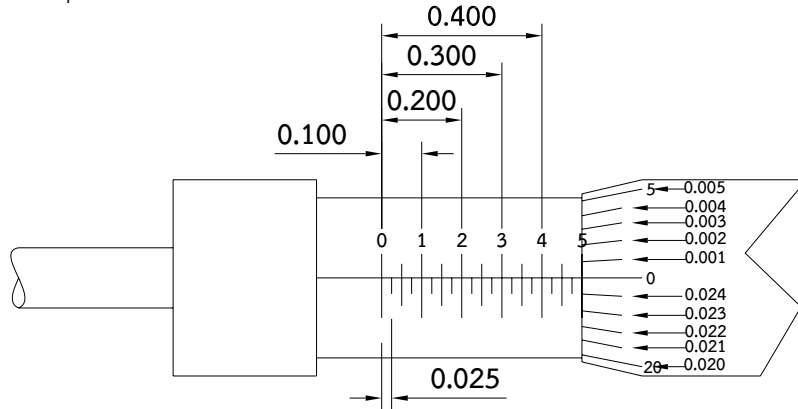
๑. แกนรับ (Anvil) ทำหน้าที่เป็นจุดเริ่มต้น ผ่านการเจียรนัยและติดเหล็กคาร์ไบด์เช่นเดียวกับแกนรับ
๒. แกนวัด (Spindle) เป็นชิ้นเดียวกับสลักเกลียวที่อยู่ด้านใน ผ่านการเจียรนัยอย่างดี บริเวณส่วนปลายที่ใช้เป็นจุดสุดท้ายทำจากเหล็กคาร์ไบด์ (Carbide Tip) เพื่อป้องกันการสึกหรอจากการสัมผัสชิ้นงาน
๓. สลักล็อก (Lock Nut) มีไว้สำหรับยึดเพื่อไม่ให้แกนวัดเคลื่อนที่มี ๒ ลักษณะคือ ล็อกแบบแหวนและล็อกแบบกระดอง
๔. ก้านปลอก (Sleeve) มีลักษณะเป็นปลอกรูปทรงกระบอกสวมติดกับโครงสามารถปรับให้ขยับไปมาได้ ใช้เป็นตัววัดเกลียวและสร้างสเกลที่ก้านปลอก
๕. สเกลที่ก้านปลอก (Sleeve Scale) เปรียบเสมือนสเกลหลักของเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ สำหรับไมโครมิเตอร์ระบบอังกฤษ สเกลที่ก้านปลอกมีความยาว ๑ นิ้ว ส่วนไมโครมิเตอร์ระบบเมตริก สเกลที่ก้านปลอกมีความยาว ๒๕ มิลลิเมตร โดยมีขีดสเกลที่บอกระยะ ๐.๕ มิลลิเมตร อยู่ใต้เส้นอ้างอิง (Index Line)
๖. ปลอกหมุนวัด (Thimble) มีลักษณะเป็นปลอกพิมพ์ลายบริเวณส่วนปลาย เพื่อสะดวกต่อการใช้หมุนวัด เพื่อให้ปลายของแกนวัดเข้าใกล้ชิ้นงานมากที่สุด ต่อจากนั้นจึงหมุนที่หัวหมุนกระทบเลื่อน บริเวณปลายด้านที่ไม่ได้พิมพ์ลายของปลอกหมุนวัดจะทำให้ลาดเอียงเพื่อสร้างขีดสเกล
๗. สเกลที่ปลอกหมุนวัด (Thimble Scale) เปรียบเสมือนสเกลช่วยของเวอร์เนียร์คาลิเปอร์แบ่งออกเป็น ๕๐ ช่องสำหรับไมโครมิเตอร์ระบบเมตริก และแบ่งออกเป็น ๒๕ ช่องสำหรับไมโครมิเตอร์ระบบอังกฤษ
๘. หัวหมุนกระทบเลื่อน (Ratchet Stop) มีไว้สำหรับหมุนผ่อนแรงในขณะที่แกนวัดสัมผัสกับชิ้นงาน มีลักษณะเป็นซี่ฟัน มีสปริงสปให้หมุนไปได้ทางเดียว ขณะที่หมุน หัวหมุนกระทบเลื่อนจนแกนวัดสัมผัสชิ้นงาน จะมีเสียงดังคลิกๆ บางตัวไม่มี แต่มีปลอกความฝืด (Friction Stop) ซึ่งมีไว้สำหรับให้แรงหมุนปลอกหมุนวัดที่เท่ากันทุกครั้ง ป้องกันเกลียวเสียหาย
๙. โครง (Frame) มีหลายขนาดขึ้นอยู่กับขนาดของไมโครมิเตอร์ที่จะใช้วัด ถ้าเป็นไมโครมิเตอร์ระบบเมตริก ขนาดความโตเริ่มจาก ๐-๒๕, ๒๕-๓๐ โดยจะเพิ่มขนาดครั้งละ ๒๕ มิลลิเมตร ส่วนไมโครมิเตอร์ระบบอังกฤษเริ่มจาก ๐-๑, ๑-๒ โดยเพิ่มขนาดครั้งละ ๑ นิ้ว สำหรับไมโครมิเตอร์ที่มีขนาดใหญ่จะเจาะรูที่โครงเพื่อลดน้ำหนัก

๓.๖.๑ ไมโครมิเตอร์ระบบอังกฤษ

ไมโครมิเตอร์ระบบอังกฤษ มีการสร้างที่ก้านปลอกให้มีความยาวขนาด ๑ นิ้ว แบ่งออกเป็น ๑๐ ช่องใหญ่ และแบ่งย่อยเป็น ๔๐ ช่องเล็ก ๑ ช่องใหญ่มีค่าเท่า ๐.๑๐๐ นิ้ว ๑ ช่องเล็กมีค่าเท่า ๐.๐๒๕ นิ้ว สลักเกลียวที่อยู่ภายในเป็นเกลียวขนาด ๔๐ ฟันต่อนิ้ว (40 TPI) นั่นคือเมื่อหมุนเกลียวครบ ๑ รอบ แกนวัดหรือสลักเกลียวเคลื่อนที่ ๑/๔๐ นิ้ว หรือ ๐.๐๒๕ นิ้ว ส่วนสเกลที่ปลอกหมุนวัดแบ่งออกเป็น ๒๕ ช่อง

เมื่อหมุนปลอกหมุนวัดครบ ๑ รอบ หรือ ๒๕ ช่อง แกนวัดเคลื่อน ๐.๐๒๕ นิ้ว

เมื่อหมุนปลอกหมุนวัด ๑ ช่อง แกนวัดเคลื่อนที่ = $0.025 \div 25 = 0.001$ นิ้ว



รูปที่ ๗๘ การแบ่งสเกลที่ก้านปลอกและที่ปลอกหมุนวัดของไมโครมิเตอร์วัดละเอียด ๐.๐๐๑ นิ้ว

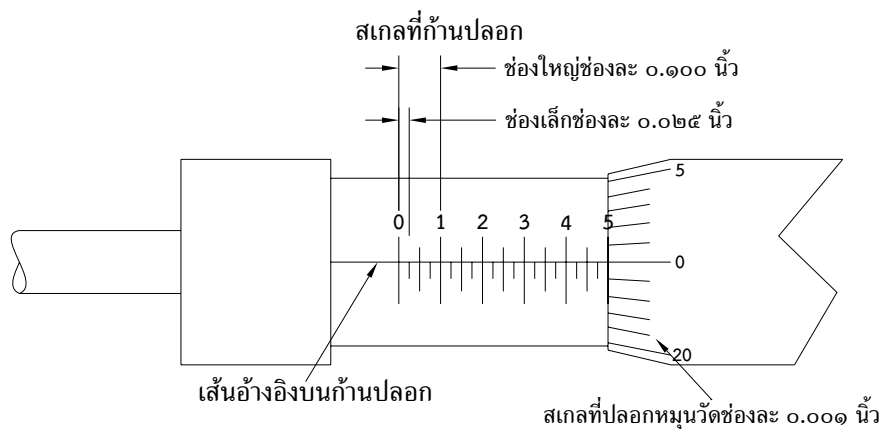
การอ่านไมโครมิเตอร์วัดละเอียด ๐.๐๐๑ นิ้ว

การอ่านค่าไมโครมิเตอร์มีวิธีการคล้ายกับเวอร์เนียคาลิเปอร์ กล่าวคือ ไมโครมิเตอร์มีสเกลที่ต้องพิจารณาอยู่ ๒ สเกลคือ สเกลที่ก้านปลอกและสเกลที่ปลอกหมุนวัด ในขณะที่เวอร์เนียคาลิเปอร์มีสเกลหลักและสเกลเคลื่อน ดังนั้นวิธีการอ่านจึงคล้ายกัน ไมโครมิเตอร์วัดละเอียด ๐.๐๐๑ นิ้ว สเกลที่ก้านปลอกแบ่งออกเป็นช่องเล็กๆ ช่องละ ๐.๐๒๕ นิ้ว ในจำนวน ๔ ช่องเล็กมีค่าเท่ากับ ๑ ช่องใหญ่ เพราะฉะนั้น ๑ ช่องใหญ่จึงมีค่าเท่ากับ ๐.๑๐๐ นิ้ว ส่วนสเกลที่ปลอกหมุนวัดแบ่งออกเป็น ๒๕ ช่อง แต่ละช่องมีค่าเท่ากับ ๐.๐๐๑ นิ้ว ซึ่งสามารถนำมากำหนดเป็นวิธีการอ่านไมโครมิเตอร์วัดละเอียด ๐.๐๐๑ นิ้ว ได้ ๓ ขั้นตอนคือ

ขั้นตอนที่ ๑ พิจารณาตัวเลข (จำนวนช่องใหญ่) ที่ปรากฏบนก้านปลอกที่อยู่พ้นออกมาด้านนอกปลอกหมุนวัด ตัวเลขเหล่านี้คือค่าวัดละเอียด ๐.๑๐๐ นิ้ว เช่น ๐.๓๐๐ นิ้ว หรือ ๐.๗๐๐ นิ้ว

ขั้นตอนที่ ๒ พิจารณาจำนวนช่องเล็กที่อยู่ระหว่างตัวเลขบนก้านปลอก และในขณะเดียวกันจะต้องพิจารณาที่ปลอกหมุนวัดด้วย สังเกตดูว่าปลอกหมุนวัดเลื่อนมาอยู่ที่ช่องที่ ๑, ๒, หรือ ๓ ช่องเล็กเหล่านี้มีค่าช่องละ ๐.๐๒๕ นิ้ว ดังนั้นจึงต้องนำค่า ๐.๐๒๕ นิ้ว, ๐.๐๕๐ นิ้ว, หรือ ๐.๐๗๕ นิ้ว มาบวกเพิ่มกับขั้นตอนที่ ๑

ขั้นตอนที่ ๓ พิจารณาขีดสเกลที่ปลอกหมุนวัด สังเกตดูว่าขีดใดตรงกับเส้นอ้างอิงบนก้านปลอก อ่านค่าที่สเกลเหล่านั้นจาก ๐.๐๐๐ นิ้ว ถึง ๐.๐๒๔ นิ้ว (ขีด ๐ และ ขีด ๐.๐๒๕ นิ้ว บนปลอกหมุนวัดจะทับกันพอดี) นำค่าที่อ่านได้มาบวกเพิ่มกับขั้นตอนที่ ๒

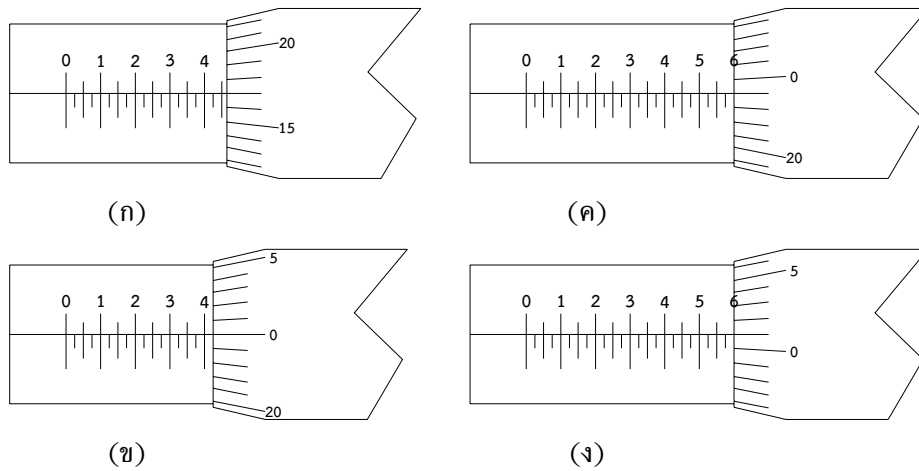


รูปที่ ๗๙ ขั้นตอนการอ่านไมโครมิเตอร์วัดละเอียด ๐.๐๐๑ นิ้ว

ขั้นตอนที่ ๑ จำนวนช่องใหญ่บนก้านปลอก $\times 0.100$ นิ้ว

ขั้นตอนที่ ๒ จำนวนช่องเล็กบนก้านปลอก $\times 0.025$ นิ้ว

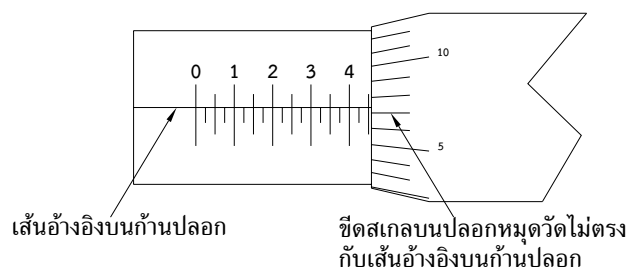
ขั้นตอนที่ ๓ จำนวนช่องบนปลอกหมุนวัด $\times 0.001$ นิ้ว



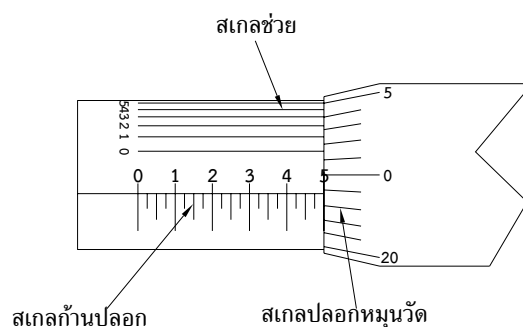
- รูปที่ ๘๐ การอ่านไมโครมิเตอร์วัดละเอียด ๐.๐๐๑ นิ้ว
- จากรูป ๘๐ (ก) ค่าที่อ่านได้ = $4 \times 0.000 + 2 \times 0.0025 + 17 \times 0.0001$
 $= 0.400 + 0.0050 + 0.0017 = 0.4067$ นิ้ว
- จากรูป ๘๐ (ข) ค่าที่อ่านได้ = $4 \times 0.000 + 1 \times 0.0025 + 0 \times 0.0001$
 $= 0.400 + 0.0025 + 0.0000 = 0.4025$ นิ้ว
- จากรูป ๘๐ (ค) ค่าที่อ่านได้ = $5 \times 0.000 + 3 \times 0.0025 + 24 \times 0.0001$
 $= 0.500 + 0.0075 + 0.0024 = 0.5099$ นิ้ว
- จากรูป ๘๐ (ง) ค่าที่อ่านได้ = $6 \times 0.000 + 0 \times 0.0025 + 1 \times 0.0001$
 $= 0.600 + 0.0000 + 0.0001 = 0.6001$ นิ้ว

เวอร์เนียไมโครมิเตอร์ (Vernier Micrometer)

ไมโครมิเตอร์บางตัวมีสเกลช่วย (Vernier Micrometer) ติดอยู่ที่ปลอกก้าน เราเรียกไมโครมิเตอร์ตัวนี้ว่า เวอร์เนียไมโครมิเตอร์ ซึ่งสเกลช่วยที่ติดอยู่ที่ก้านปลอกนี้ทำให้อ่านความละเอียดได้เพิ่มขึ้น เช่นไมโครมิเตอร์ค่าความละเอียด ๐.๐๐๑ นิ้ว เมื่อเพิ่มสเกลช่วยเข้าไปทำให้อ่านค่าได้ความละเอียดเป็น ๐.๐๐๐๑ นิ้ว บางครั้งค่าที่วัดได้ขีดสเกลบนปลอกหมุนวัดไม่ตรงกับเส้นอ้างอิงบนก้านปลอก ทำให้ไม่ได้ที่แท้จริง สเกลช่วยทำให้อ่านค่าวัดละเอียดอย่างถูกต้อง



รูปที่ ๘๑ ค่าวัดความละเอียดที่ไม่สามารถอ่านขีดสเกลบนปลอกหมุนวัด



รูปที่ ๘๒ เวอร์เนียไมโครมิเตอร์ (Vernier Micrometer)

หลักการของไมโครมิเตอร์วัดละเอียด ๐.๐๐๐๑ นิ้ว

สเกลช่วยที่ก้านปลอกแบ่งออกเป็น ๑๐ ช่อง มีค่าเท่ากับ ๙ ช่องบนปลอกหมุนวัดหรือเท่ากับ ๐.๐๐๙ นิ้ว

สเกลช่วยที่ก้านปลอก ๑ ช่อง จะมีค่าเท่ากับ $0.009 \div 10 = 0.0009$ นิ้ว

ค่าความแตกต่างระหว่าง ๑ ช่องสเกลช่วยบนก้านปลอกกับ ๑ ช่องบนปลอกหมุนวัดจะมีค่าเท่ากับ ๐.๐๐๑

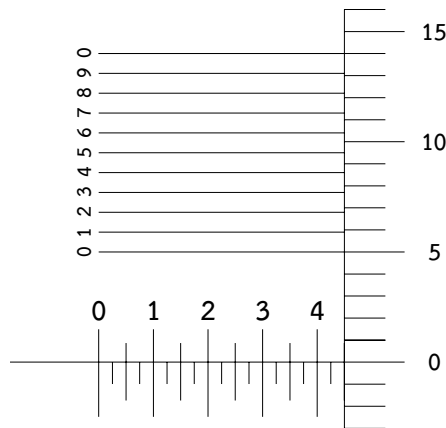
$$- 0.0009 = 0.0001 \text{ นิ้ว}$$

ขีดที่ ๑ บนสเกลช่วยก้านปลอกตรงกับสเกลปลอกหมุนวัด อ่านค่าได้ ๐.๐๐๐๑ นิ้ว

ขีดที่ ๒ บนสเกลช่วยก้านปลอกตรงกับสเกลปลอกหมุนวัด อ่านค่าได้ ๐.๐๐๐๒ นิ้ว

ขีดที่ ๓ บนสเกลช่วยก้านปลอกตรงกับสเกลปลอกหมุนวัด อ่านค่าได้ ๐.๐๐๐๓ นิ้ว

ขีดที่ ๑๐ บนสเกลช่วยก้านปลอกตรงกับสเกลปลอกหมุนวัด อ่านค่าได้ ๐.๐๐๑๐ นิ้ว



รูปที่ ๘๓ การสร้างสเกลช่วยบนก้านปลอกของไมโครมิเตอร์วัดละเอียด ๐.๐๐๐๑ นิ้ว

การอ่านค่าไมโครมิเตอร์วัดละเอียด ๐.๐๐๐๑ นิ้ว

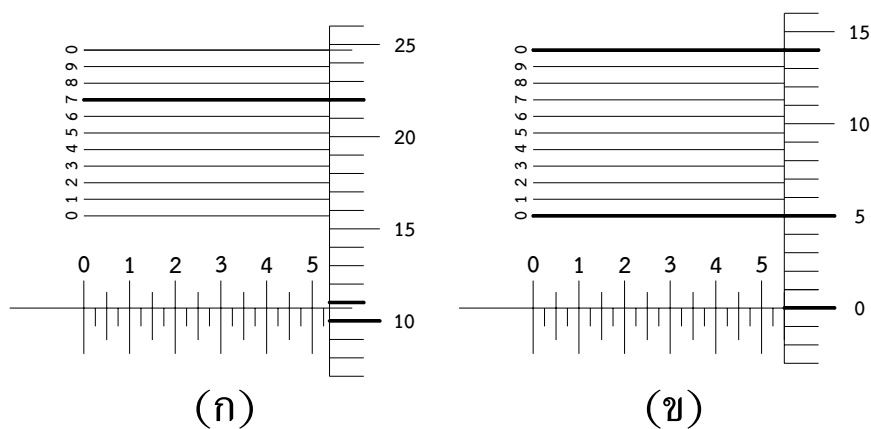
มีวิธีการอ่านเหมือนกับไมโครมิเตอร์วัดละเอียด ๐.๐๐๑ นิ้ว เพียงแต่เพิ่มขึ้นตอนที่ ๔ โดยอ่านที่สเกลช่วยบนก้านปลอกโดยมีค่าวัดความละเอียด ๐.๐๐๐๑ นิ้ว

ขั้นตอนที่ ๑ จำนวนช่องใหญ่บนก้านปลอก $\times 0.100$ นิ้ว

ขั้นตอนที่ ๒ จำนวนช่องเล็กบนก้านปลอก $\times 0.025$ นิ้ว

ขั้นตอนที่ ๓ จำนวนช่องบนปลอกหมุนวัด $\times 0.001$ นิ้ว

ขั้นตอนที่ ๔ จำนวนช่องบนสเกลช่วย $\times 0.0001$ นิ้ว



รูปที่ ๘๔ การอ่านไมโครมิเตอร์วัดละเอียด ๐.๐๐๐๑ นิ้ว

จากรูป ๘๔ (ก) ค่าที่อ่านได้

$$= 5 \times 0.100 + 1 \times 0.025 + 10 \times 0.001 + 1 \times 0.0001$$

$$= 0.500 + 0.025 + 0.010 + 0.0001 = 0.5351 \text{ นิ้ว}$$

จากรูป ๘๔ (ข) ค่าที่อ่านได้

$$= 5 \times 0.100 + 2 \times 0.025 + 0 \times 0.001 + 0 \times 0.0001$$

$$= 0.500 + 0.050 + 0.000 + 0.0000 = 0.5500 \text{ นิ้ว}$$

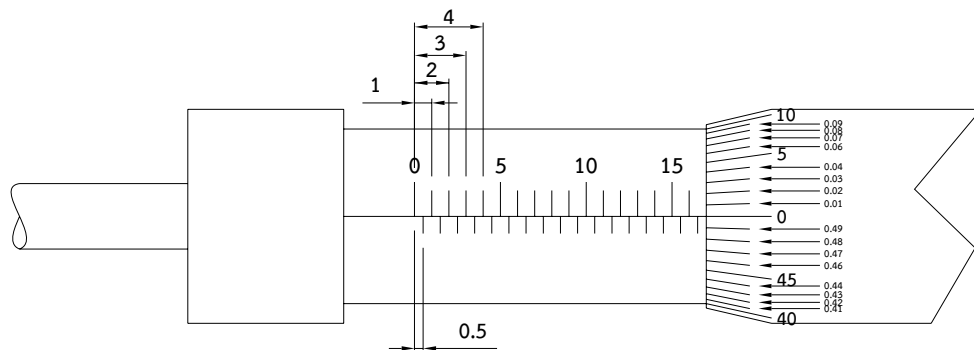
ไมโครมิเตอร์ระบบเมตริกวัดละเอียด ๐.๐๑ มม. (1/100 mm)

ไมโครมิเตอร์อ่านค่าเป็นมิลลิเมตรค่าความละเอียดที่นิยมใช้จะมีค่าเท่ากับ ๐.๐๑ มม. (1/100 mm) ส่วนการสร้างเพื่อให้อ่านค่าได้ละเอียดถึง ๐.๐๐๑ มม. (1/1000) นั้นไม่นิยมนำมาใช้มาวัดชิ้นงาน ถ้าต้องการวัดชิ้นงานที่มีความละเอียดถึง ๐.๐๐๑ มม. จะใช้ไมโครมิเตอร์แบบพิเศษที่มีระบบอิเล็กทรอนิกส์

ไมโครมิเตอร์ระบบเมตริกมีการสร้างสเกลที่ก้านปลอกให้มีขนาดความยาว ๒๕ มม. (แบ่งออกเป็น ๕ ช่วงๆ ละ ๕ มม. คือ ๐, ๕, ๑๐, ๑๕, ๒๐, ๒๕ มม.) แต่ละช่องของสเกลที่ก้านปลอกมีค่าเท่ากับ ๑ มม. และสร้างขีดสเกลบอกระยะ ๐.๕ มม. อยู่ใต้เส้นศูนย์ (Index Line) เพื่อให้สามารถมองเห็นได้ชัดเจนเวลาอ่าน เพราะถ้าแบ่งสเกลที่ก้านปลอกให้มีขนาดช่องละ ๐.๕๐ มม. จะทำให้สเกลชิดติดกัน ยากต่อการอ่าน สลักเกลียวที่อยู่ภายในเป็นเกลียวระยะพิทช์ ๐.๕๐ มม. นั่นคือ เมื่อหมุนเกลียวครบ ๑ รอบ แกนวัดหรือสลักเกลียวเคลื่อนที่ ๐.๕๐ มม. ส่วนสเกลที่ปลอกหมุนวัดแบ่งออกเป็น ๕๐ ช่อง นั่นคือ

เมื่อหมุนปลอกหมุนวัดครบ ๑ รอบ หรือ ๕๐ ช่อง แกนวัดเคลื่อน = ๐.๕๐ มม.

เมื่อหมุนปลอกหมุนวัด ๑ ช่อง แกนวัดเคลื่อน = $0.50 \div 50 = 0.01$ มม.



รูปที่ ๘๕ การแบ่งสเกลที่ก้านปลอกและที่ปลอกหมุนวัดของไมโครมิเตอร์วัดละเอียด ๐.๐๑ มม.

การอ่านไมโครมิเตอร์ระบบเมตริกวัดละเอียด ๐.๐๑ มม. (1/100 mm)

การอ่านไมโครมิเตอร์ระบบเมตริก มีขั้นตอนวิธีการอ่านคล้ายกับไมโครมิเตอร์ระบบอังกฤษ จะแตกต่างกันที่หน่วยสเกลที่ก้านปลอกและที่ปลอกหมุนวัดเท่านั้น

วิธีการอ่านไมโครมิเตอร์วัดละเอียด ๐.๐๑ มม. สามารถกำหนดได้ ๓ ขั้นตอนคือ

ขั้นตอนที่ ๑ อ่านจำนวนช่องสเกลระยะ ๑ มม. บนก้านปลอกว่ามีค่ากี่มิลลิเมตร เช่น ๑, ๘, ๑๐, ๑๕, ๒๕ เป็นต้น

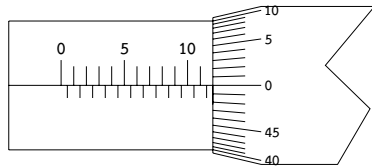
ขั้นตอนที่ ๒ อ่านจำนวนช่องสเกลระยะ ๐.๕๐ มม. จะสังเกตเห็นขีดสเกลระยะ ๐.๕๐ มม. ได้ โดยขีดสเกลระยะ ๐.๕๐ มม. จะพ้นออกมาจากขอบของปลอกหมุนวัด เช่น ๑.๕๐, ๓.๕๐, ๑๐.๕๐, มม.

ขั้นตอนที่ ๓ อ่านจำนวนช่องบนปลอกหมุนวัดที่เลื่อนมาตรงกับเส้นศูนย์ มีความละเอียด ๐.๐๑ มม. เช่น ๐.๐๔, ๐.๑๕, ๐.๓๗, ๐.๔๓ มม. เป็นต้น

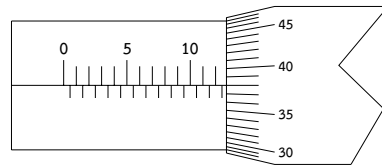
ขั้นตอนที่ ๑ จำนวนช่องใหญ่บนก้านปลอก $\times 1.00$ มม.

ขั้นตอนที่ ๒ จำนวนช่องเล็กบนก้านปลอก $\times 0.50$ มม.

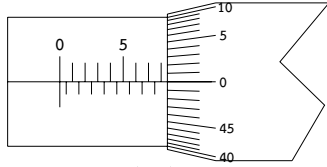
ขั้นตอนที่ ๓ จำนวนช่องบนปลอกหมุนวัด $\times 0.01$ มม.



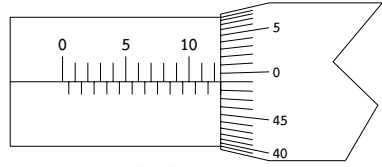
(ก)



(ค)



(ข)



(ง)

รูปที่ ๘๖ การอ่านไมโครมิเตอร์วัดละเอียด ๐.๐๑ มม.

จากรูป ๘๖ (ก) ค่าที่อ่านได้

$$= 12 \times 1.00 + 0 \times 0.50 + 0 \times 0.01$$

$$= 12.00 + 0.00 + 0.00 = 12.00 \text{ มม.}$$

จากรูป ๘๖ (ข) ค่าที่อ่านได้

$$= 8 \times 1.00 + 1 \times 0.50 + 0 \times 0.01$$

$$= 8.00 + 0.50 + 0.00 = 8.50 \text{ มม.}$$

จากรูป ๘๖ (ค) ค่าที่อ่านได้

$$= 12 \times 1.00 + 1 \times 0.50 + 8 \times 0.01$$

$$= 12.00 + 0.50 + 0.08 = 12.58 \text{ มม.}$$

จากรูป ๘๖ (ง) ค่าที่อ่านได้

$$= 12 \times 1.00 + 0 \times 0.50 + 4 \times 0.01$$

$$= 12.00 + 0.00 + 0.04 = 12.04 \text{ มม.}$$

การอ่านไมโครมิเตอร์ระบบเมตริกวัดละเอียด ๐.๐๐๑ มม. (1/1000 มม.)

สเกลช่วยที่ก้านปลอกแบ่งออกเป็น ๑๐ ช่อง มีค่าเท่ากับ ๙ ช่องบนปลอกหมุนวัดหรือเท่ากับ ๐.๐๙ มม.

สเกลช่วยที่ก้านปลอก ๑ ช่อง จะมีค่าเท่ากับ $0.09/10 = 0.009$ มม.

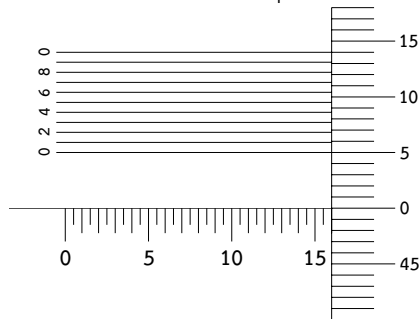
ค่าความแตกต่างระหว่าง ๑ ช่องสเกลช่วยบนก้านปลอกกับ ๑ ช่องบนปลอกหมุนวัด จะมีค่าเท่ากับ $0.01 - 0.009 = 0.001$ มม.

ขีดที่ ๑ บนสเกลช่วยก้านปลอกตรงกับสเกลปลอกหมุนวัด อ่านค่าได้ ๐.๐๐๑ มม.

ขีดที่ ๒ บนสเกลช่วยก้านปลอกตรงกับสเกลปลอกหมุนวัด อ่านค่าได้ ๐.๐๐๒ มม.

ขีดที่ ๓ บนสเกลช่วยก้านปลอกตรงกับสเกลปลอกหมุนวัด อ่านค่าได้ ๐.๐๐๓ มม.

ขีดที่ ๑๐ บนสเกลช่วยก้านปลอกตรงกับสเกลปลอกหมุนวัด อ่านค่าได้ ๐.๐๑๐ มม.



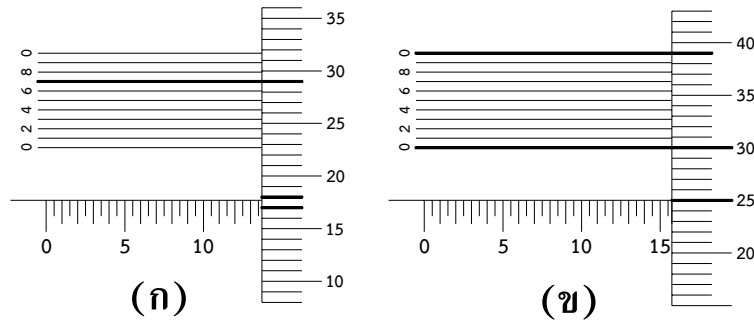
รูปที่ ๘๗ การสร้างสเกลช่วยบนก้านปลอกของไมโครมิเตอร์วัดละเอียด ๐.๐๐๑ มม.

ขั้นตอนที่ ๑ จำนวนช่องใหญ่บนก้านปลอก $\times 1.00$ มม.

ขั้นตอนที่ ๒ จำนวนช่องเล็กบนก้านปลอก $\times 0.50$ มม.

ขั้นตอนที่ ๓ จำนวนช่องบนปลอกหมุนวัด $\times 0.01$ มม.

ขั้นตอนที่ ๔ จำนวนช่องบนสเกลช่วย $\times 0.001$ มม.



รูปที่ ๘๘ การอ่านไมโครมิเตอร์วัดละเอียด ๐.๐๐๑ มม.

จากรูป ๘๘ (ก) ค่าที่อ่านได้ = $๑๓ \times ๑.๐๐ + ๑ \times ๐.๕๐ + ๑๗ \times ๐.๐๑ + ๗ \times ๐.๐๐๑$
 = $๑๓.๐๐ + ๐.๕๐ + ๐.๑๗ + ๐.๐๐๗ = ๑๓.๖๗๗$ มม.

จากรูป ๘๘ (ข) ค่าที่อ่านได้ = $๑๖ \times ๑.๐๐ + ๑ \times ๐.๕๐ + ๒๕ \times ๐.๐๑ + ๐ \times ๐.๐๐๑$
 = $๑๖.๐๐ + ๐.๕๐ + ๐.๒๕ + ๐.๐๐๐ = ๑๖.๗๕$ มม.

๔. Fabricating เครื่องมือตกแต่งขนาดชิ้นงาน

๔.๑ ตะไบ (File)

ตะไบเป็นเครื่องมือที่สำคัญ และจำเป็นอย่างยิ่งในงานช่างกล เพราะตะไบมีฟันคมตัดเล็กละเอียดเรียงเป็นแถวๆ อย่างมีระเบียบมากมาย และมีความแข็งแรงมาก จึงเหมาะที่จะใช้ฉีกผิวงานโลหะ และวัสดุที่มีความแข็ง เพื่อลดขนาดของงานให้เล็กลง ใช้แต่งรูปทรงและปรับผิวงานที่ขรุขระหรือผิดปกติให้เรียบได้ตามต้องการ

ตะไบที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน จะทำด้วยเหล็กกล้าชนิดมีคาร์บอนผสมอยู่สูงโดยเอาเหล็กมาเผาไฟแล้วตี หรือใช้เครื่องมือกลตัดแต่งขึ้นรูปตามแบบที่ต้องการ และทำการปรับแต่งผิวให้เรียบ ต่อจากนั้นก็ทำการตัดฟันโดยวิธีปั๊มกระแทกด้วยเครื่องมือที่มีคมและมีมุมลิ้มคล้ายเหล็กสกัด เมื่อตัดฟันเสร็จเรียบร้อยแล้วจึงทำการชุบแข็งและอบคืนตัว แล้วทำความสะอาดตรวจสอบความเรียบเรียบร้อยก่อนนำออกจำหน่าย



รูปที่ ๘๙ ตะไบ (Files)

ชนิดของฟันตะไบ

๑. แบบฟันเดี่ยว (Single Cut)

ฟันตะไบที่ตัดขึ้นครั้งเดียว ลักษณะฟันจะปรากฏเป็นเส้นตรง เรียงขนานกันจากโคนถึงปลายตะไบ และเส้นฟันจะเฉียงขึ้นทำมุมกับขอบตะไบเป็นมุม $๖๕^{\circ} - ๖๘^{\circ}$ ฟันชนิดนี้ไม่สามารถตัดชิ้นงานออกได้รวดเร็ว เพราะหน้าคมตัดของฟันกว้างมาก ทำให้คมตะไบจมลงในเนื้อชิ้นงานแข็งได้ยาก จึงตัดผิวงานออกได้ครั้งละน้อยๆ แต่ทำให้ได้ผิวงานเรียบละเอียดไม่เป็นเส้นลึก เหมาะที่จะใช้ปรับผิวงานในขั้นสุดท้าย

๒. แบบฟันคู่ตัดกัน (Double Cut)

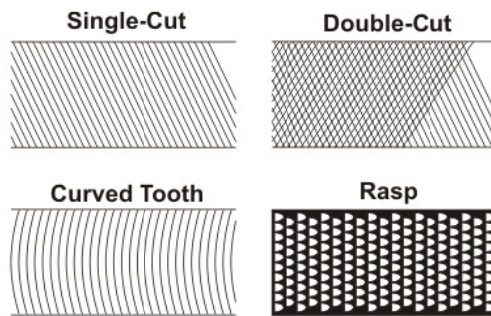
ฟันตะไบที่ตัดขึ้นสองครั้ง โดยการตัดแต่ละครั้งจะวางให้เส้นฟันขวางกัน เส้นฟันตัดครั้งแรกจะตั้ง และทำมุมเฉียงกับขอบของตะไบ $๔๐^{\circ} - ๔๕^{\circ}$ ส่วนฟันตัดขวางครั้งที่สองจะทำมุม $๗๐^{\circ} - ๘๐^{\circ}$ และจะตัดลึกกว่าครั้งแรก ฟันที่เกิดขึ้นครั้งที่สองจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนเล็กๆ จำนวนมากมาย มุมลิ้มคมตัดของตะไบจะโย้ไปทางปลายตะไบ เหมาะที่จะใช้ในการตะไบเพื่อเอาเนื้อชิ้นงานส่วนที่ไม่ต้องการออกไปได้อย่างรวดเร็วกว่าชนิดฟันเดี่ยว แต่คุณภาพของผิวงานจะหยาบ

๓. แบบฟันโค้ง (Curved Cut)

ฟันชนิดนี้ไม่เป็นเส้นตรงแต่จะโค้ง และส่วนโค้งจะเว้าไปทางปลายตะไบ นอกจากนั้นช่วงฟันยังกว้างมาก มุมลิ้มคมตัดค่อนข้างแหลม ซึ่งจะทำให้เศษโลหะที่เกิดจากตะไบไม่อัดลงในร่องของฟัน ตะไบได้ง่ายนัก ตะไบแบบนี้เหมาะที่จะใช้ตะไบโลหะเนื้ออ่อน เช่น อลูมิเนียม ทองแดง พลวง ตะกั่ว

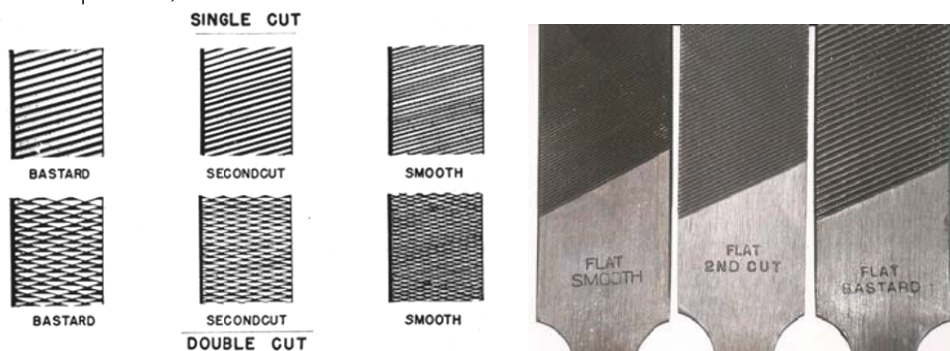
๔. แบบฟันบั้ง (Rasp Cut)

ฟันชนิดนี้จะมีลักษณะคล้ายกับเกล็ดปลาเล็กๆ เรียงรายอยู่บนผิวของตะไบ ตะไบแบบฟันบั้งเหมาะที่จะใช้ถูเนื้อไม้



รูปที่ ๔๐ ชนิดฟันตะไบ.

ทั้งตะไบแบบฟันเดี่ยวและฟันคู่ตัดกันเป็นตะไบที่นิยมกันมาก ซึ่งได้ถูกผลิตขึ้นมาโดยมีขนาดของความหยาบละเอียดของฟันตะไบแตกต่างกันมากมายหลายชนิด ถ้าเป็นตะไบที่มีขนาดใหญ่ ขนาดความหยาบละเอียดของฟันตะไบจะพูดกันตามลำดับขั้นคือ หยาบมาก (Rough), หยาบ (Coarse), กึ่งหยาบ (Bastard), กึ่งละเอียด (Second Cut), ละเอียด (Smooth), ละเอียดมาก (Dead Smooth) ความยาวของตะไบที่มีใช้กันจะมีหลายขนาด แต่ที่ใช้โดยทั่วไปมี ๘, ๑๐ และ ๑๒ นิ้ว



รูปที่ ๔๑ ความหยาบ ละเอียดของตะไบ

รูปร่างของตะไบ

ตะไบได้ถูกผลิตขึ้นมามีรูปร่างหลายๆ แบบ จะใช้แบบไหนขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานของตะไบชนิดต่างๆ

๑. ตะไบแบนแบบธรรมดา (Flat File) ตะไบแบบนี้ที่หน้าตะไบจะแบนทั้งสองข้าง ปลายเรียวเล็กน้อย และฟันเป็นชนิดฟันคู่ตัดกัน ฟันที่สันตะไบทั้งสองข้างจะเป็นฟันคู่ตัดกัน ตะไบแบบนี้จะใช้เมื่อต้องการเอาเนื้องานออกอย่างรวดเร็ว

๒. ตะไบแบนฟันเดี่ยว (Flat Mill File) ตะไบชนิดนี้จะมีหน้าตะไบแบนทั้งสองข้าง ปลายตะไบจะเรียว และฟันตะไบจะเป็นชนิดฟันเดี่ยว และสันตะไบจะมีความหนาน้อยกว่าตะไบแบบธรรมดา และจะมีฟันเดี่ยวตัดไว้ที่สันทั้งสองข้าง ตะไบแบบนี้จะใช้ในการปรับผิวงานให้เรียบในขั้นสุดท้าย

๓. ตะไบแบนข้างตะไบตรง (Hand File) เป็นตะไบแบนชนิดที่สันหรือข้างตะไบทั้งสองข้างตรงและขนานกัน ที่สันข้างหนึ่งจะไม่มีฟันตัดไว้ ใช้สำหรับแต่งร่องแคบๆ กับงานที่มีบ่าเป็นมุมฉาก ส่วนหน้าแบนของตะไบก็ใช้แต่งผิวงานในขั้นสุดท้าย

๔. ตะไบสี่เหลี่ยมด้านเท่า (Square File) เป็นตะไบชนิดสี่เหลี่ยมด้านเท่า ส่วนมากเป็นฟันคู่ตัดกัน ใช้แต่งผิวงานภายในที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากเล็กๆ และแต่งส่วนที่ลึกของร่องและรู

๕. ตะไบสามเหลี่ยมด้านเท่า (Three Square File) เป็นตะไบชนิดสามเหลี่ยมด้านเท่า มีทั้งชนิดฟันเดียวและฟันคู่ ใช้ถูหรือแต่งภายในรูหรือร่องเหลี่ยมที่มีมุมน้อยกว่า ๙๐ องศา และใช้แต่งคมฟันเลื่อยไม้

๖. ตะไบกลม (Round File) นิยมเรียกกันว่า ตะไบทางหนู เพราะมีลักษณะเป็นแท่งกลมและเรียวเล็กลงทางปลาย ใช้ขยายและแต่งรูกลมและร่องกลม

๗. ตะไบทอปลิง (Half Round File) เป็นตะไบที่มีหน้าหนึ่งแบน ส่วนอีกหน้าหนึ่งโค้ง ฟันคมของตะไบเป็นชนิดฟันคู่ตัดกัน ใช้แต่งผิวงานที่เป็นร่องโค้ง แอ่งโค้ง รูกลมขนาดใหญ่

๘. ตะไบมีด (Knife File) มีรูปร่างเหมือนมีด สันข้างหนึ่งหนาและเรียวเล็กลง ด้านตะไบทั้งสองข้างเป็นฟันคู่ตัดกัน ส่วนสันข้างจะเบาและตัดฟันเดียว ใช้แต่งมุมแหลมของบ่าและร่อง



รูปที่ ๙๒ รูปร่างตะไบ

ข้อควรระวังและการดูแลรักษาตะไบ

การเลือกและการใช้ตะไบให้เหมาะสมกับงานจะมีส่วนสำคัญมากที่จะช่วยในการรักษาตะไบให้มีอายุการใช้งานยาวนานยิ่งขึ้น แต่ก็ยังมีข้อเสนอนะในการรักษาตะไบอีกคือ

๑. เมื่อเลิกใช้ตะไบให้ทำความสะอาดด้วยแปรงทองเหลืองให้สะอาดอย่าให้มีเศษโลหะติดอยู่
๒. อย่าใช้ตะไบเคาะลงบนปากกาหัวโต๊ะ หรือแท่งโลหะอย่างอื่น เพื่อที่จะทำความสะอาดตะไบโดยให้เศษโลหะหลุดออก
๓. เมื่อใช้ตะไบอันใหม่ อย่าใช้แรงกดตะไบขณะตะไบชิ้นงานมากเกินไป มันจะทำให้คมตัดของตะไบแตกได้ง่าย หรืออาจจะทำให้เศษโลหะที่เกิดจากการตะไบเข้าไปฝังอยู่ ระหว่างฟันตะไบ จะทำให้ไปขัดกับผิวหน้าของชิ้นงาน
๔. อย่าใช้ตะไบแทนซ่อมงัด (Pry) หรือแทนค้อน ซึ่งตะไบมีความแข็งแรงจะทำให้หักได้ง่าย และเศษตะไบเล็กๆ ที่เกิดจากการหักจะกระเด็นเข้าตา

๕. เก็บตะไบไว้ให้เรียบร้อย อย่าปล่อยให้ตะไบกองอยู่รวมกัน ควรจะแขวนไว้เป็นที่ให้เรียบร้อย

ข้อเสนอนะในการใช้ตะไบ

สิ่งต่อไปนี้จะสังเกตเมื่อใช้ตะไบคือ

๑. อย่าใช้ตะไบโดยไม่มีด้ามถือ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดอาการบาดเจ็บที่ข้อมือหรือที่แขนได้
๒. ในการใช้ตะไบ ต้องมั่นใจได้ว่าตะไบได้ยึดติดกับด้ามถือแน่นดีแล้ว
๓. ในการตะไบผิวชิ้นงานที่แบนราบ โดยวิธีการตะไบขวาง แขนขวาและมือซ้ายจะต้อง จับไว้ในแนวระดับให้มั่นคง อย่าให้ตะไบแกว่ง และให้ดันตะไบไปข้างหน้าในแนวเส้นตรง
๔. คมตะไบจะตัดชิ้นงานก็ต่อเมื่อดันตะไบไปข้างหน้า ฉะนั้นจึงต้องออกแรงกดตะไบเมื่อ ดันไปข้างหน้า แต่ช่วงชักกลับไม่ต้องออกแรงกด
๕. งานที่นำมาตะไบ จะต้องนำไปจับด้วยปากกาหัวโต๊ะ และให้ชิ้นงานอยู่พ้นจากปาก ของปากกาหัวโต๊ะเพียงเล็กน้อย

๖. อย่าใช้มือลูบหน้าตะไบหรือผิวงาน เพราะจะทำให้น้ำมันหรือจารบีที่ติดอยู่กับมือไป เปื้อนตะไบและงาน เมื่อตะไบใหม่จะทำให้ลื่น การนำเอาน้ำมันที่ติดอยู่บนตะไบออก ทำได้โดยการใช้ชอล์กถูบนผิวหน้าของตะไบ

๔.๒ เลื่อยมือ (Hand Hacksaw)

เลื่อยมีประโยชน์สำหรับใช้ตัดแบ่งวัสดุออกเป็นชิ้นๆ การตัดชิ้นงานด้วยเลื่อยมีอนั้นเป็นการทำงานขั้นหายาๆ เพื่อให้ได้ขนาดและรูปทรงตามที่ต้องการก่อนที่จะนำไปทำด้วยเครื่องมือชนิดอื่นต่อไป



รูปที่ ๙๓ เลื่อยมือ

เลื่อยมือที่ใช้ตัดโลหะในงานทั่วๆ ไปจะมีลักษณะที่สำคัญสองส่วนคือ

๑. โครงเลื่อย (Frame)

ทำด้วยเหล็กแผ่นหนาประมาณ ๓/๑๖ นิ้ว หรือท่อเหล็กกลมดัดงอคล้ายรูปตัวยู โดยทั่วไปโครงเลื่อยจะเป็นสองชิ้นส่วนสวมประกบกันโดยใช้สลักและร่องบังคับ เพื่อให้สามารถเปลี่ยนขนาดความยาวของใบเลื่อยได้ ที่ปลายขาทั้งสองข้างมีรูสี่เหลี่ยมสำหรับใช้ร้อยสลักยึดใบเลื่อย ที่ปลายสลักด้านหนึ่งจะเป็นเกลียวและมีนัททางปลาสำหรับขันดึงใบเลื่อยให้ตึง ส่วนสำหรับมือจับจะทำด้วยวัสดุหลายชนิด เช่น อลูมิเนียม พลาสติก ยางแข็ง เป็นต้น โครงเลื่อยยังออกเป็น ๒ ชนิดคือ

๑.๑ Solid Frame Hacksaw เป็นโครงเลื่อยที่ไม่สามารถเปลี่ยนขนาดตามความยาวของใบเลื่อยได้



รูปที่ ๙๓ Solid Frame Hacksaw

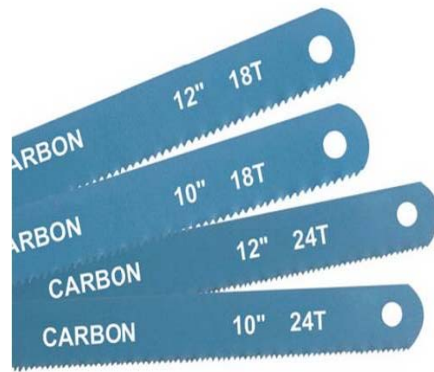
๑.๒ Adjustable Frame Hacksaw เป็นโครงเลื่อยที่สามารถปรับเปลี่ยนขนาดตามความยาวของใบเลื่อยได้



รูปที่ ๙๔ Adjustable Frame Hacksaw

๒. ใบเลื่อย (Blade)

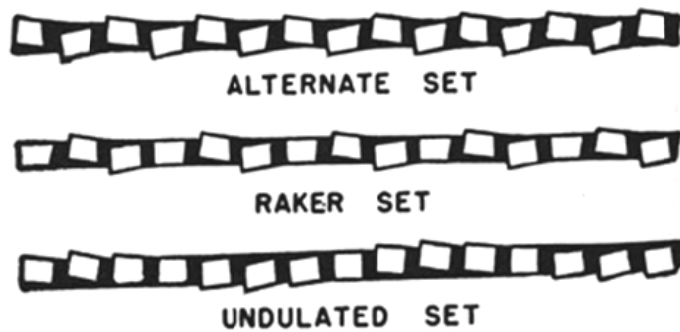
ใบเลื่อยมือจะมีความหนาประมาณ ๐.๐๒๕ นิ้ว กว้าง ๓/๑๖ – ๙/๑๖ ยาว ๘, ๑๐ และ ๑๒ นิ้ว ขนาด ๑๐ และ ๑๒ นิ้ว นิยมใช้มากที่สุด ขนาดของฟันเลื่อยจะวัดเป็นจำนวนฟันต่อระยะความยาว ๑ นิ้ว ขนาดที่นิยมใช้กันโดยทั่วๆ ไปคือ ๑๔, ๑๘, ๒๔, และ ๓๒ ฟัน ต่อความยาว ๑ นิ้ว โลหะที่ใช้ทำใบเลื่อยจะใช้เหล็กที่มีความแข็งแรงและมีคุณสมบัติ เช่น เหล็กเครื่องมือชนิดผสมคาร์บอนสูง (High Carbon Steel) เหล็กความเร็วรอบสูง (High Speed Steel) และเหล็กผสมมังกานีสหรือโมลิบดีนัม ใบเลื่อยถูกชุบให้แข็งมาก ดังนั้น จึงเปราะและหักง่าย การอบชุบใบเลื่อยมีการอบชุบทั้งใบ (All Hard Blade) และอบชุบเฉพาะฟัน (Flexible Blade)



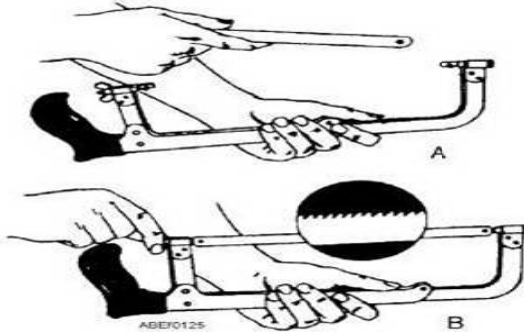
รูปที่ ๙๖ ขนาดความยาวและจำนวนฟันใบเลื่อย



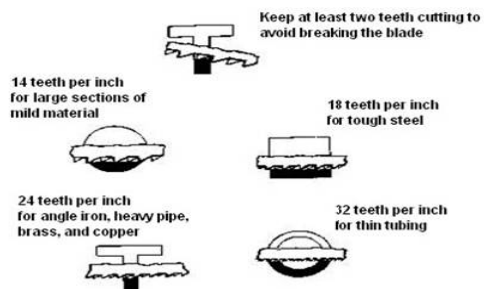
รูปที่ ๙๗ ออบซุบทั้งใบ (All Hard Blade) และออบซุบเฉพาะฟัน (Flexible Blade)



รูปที่ ๙๘ ชนิดฟันเลื่อย



รูปที่ ๙๙ การใส่ใบเลื่อย



MATERIAL	BANDSAW BLADE (TPI)	MATERIAL	BANDSAW BLADE (TPI)
SHEET METAL UNDER 1/8 INCH THICK	24-32	SOLID STOCK CONTINUED	
SHEET METAL OVER 1/8 INCH THICK	18	STEEL, ALLOY	12-14
SOLID STOCK: 1		STEEL, HIGH-SPEED	12-14
ALUMINUM	8-10	STEEL, MACHINE	10-14
BRASS	10-12	STEEL, STAINLESS	12-14
BRONZE	12-14	STEEL, TOOL	12-14
CAST IRON	10-12	TUBING UNDER 1/8-INCH WALL THICKNESS	24-32
COPPER	10-12	TUBING OVER 1/8-INCH WALL THICKNESS	18

1. Three or more teeth must contact the workpiece at all times to prevent shearing of the blade teeth. If the recommended pitch for solid stock fails to meet this requirement, a blade with finer pitch must be selected.

รูปที่ ๑๐๐ การเลือกใบเลื่อย

ข้อควรระวังและความปลอดภัยการใช้เลื่อยมือ

๑. ไม่ใส่ใบเลื่อยกลับทิศทาง
๒. ปรับ-กวดใบเลื่อยให้ตึงก่อนใช้งาน
๓. ขณะใช้งาน ถ้ารู้สึกว่ใบเลื่อยหย่อนต้องปรับแก้ไขให้ตึงใหม่
๔. เมื่อเลิกใช้งาน ควรเก็บโดยวิธีแขวน
๕. ไม่วางทับปนกับเครื่องมือชนิดอื่นเพราะเครื่องมือชนิดอื่นอาจทำให้ใบเลื่อยหักหรือโครงเลื่อยคดเสียรูป
๖. เมื่อเลิกใช้งาน ต้องเช็ดทำความสะอาด ทาด้วยน้ำมันเครื่องบาง ๆ ป้องกันสนิม
๗. อย่าใช้นิ้วกรีดดูความคมของใบเลื่อย
๘. เก็บในที่ที่ปลอดภัยซึ่งมั่นใจว่าจะไม่ตกหล่นเสียหายหรือเกิดอุบัติเหตุ
๙. อย่าใช้มือปิดเศษเลื่อยบนชิ้นงานที่ตัดเพราะครีบละเอียดตรงรอยตัดคมมาก อาจบาดมือได้
๑๐. เพื่อความปลอดภัยควรสวมแว่นตานิรภัยขณะเลื่อยตัดชิ้นงานด้วยใบเลื่อยชนิดซุบแข็งตลอดทั้งใบ

(All Hard Blade)

๑๑. ก่อนใช้งานต้องมั่นใจว่าปรับ-กวดใบเลื่อยได้ตึงดีแล้ว มิฉะนั้นขณะเลื่อยอาจสะบัดหักและพลาดมือ กระแทกบาดเจ็บได้

๔.๓ เครื่องมือตัดท่อ (Tube Cutting Tools)

เป็นเครื่องมือตัดท่อมักลักษณะเป็นใบตัดกลม (Cutting Wheel) สำหรับการตัดท่อและลูกกลิ้ง (Roller) รองรับท่อ การใช้เครื่องมือตัดท่อ ใส่ท่อแล้วบิดสกรูให้แน่นเพื่อให้ใบตัดกลมและลูกกลิ้งสัมผัสกับท่อ ตัวใบตัดกลมต้องตรงเส้นที่ต้องการตัด แล้วจึงบิดสกรูให้แน่นลงไปอีก จากนั้นให้หมุนเครื่องมือตัดท่อไปรอบๆ ท่อ เพิ่มแรงบิดสกรูลงไปเป็นระยะๆ สลับกับการหมุนเครื่องมือตัดท่อ ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าท่อจะขาด



รูปที่ ๑๐๑ เครื่องมือตัดท่อ (Tube Cutting Tools)

๔.๕ เครื่องมือผายปากท่อ (Flaring Tools)

การผายปากท่อเพื่อให้ปากท่อต่อกับ Fitting Bulkhead Connections และ Unit ก่อนผายปากท่อต้องใส่ Sleeve และ Flare Nut ก่อนเสมอ ใช้เครื่องมือ GO – NO GO Gauge วัดเส้นผ่าศูนย์กลางของปากท่อ โดยเส้นผ่าศูนย์กลางนอกของปากท่อโตมากกว่า Sleeve และน้อยกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางในเกลียวของ Flare Nut เส้นผ่าศูนย์กลางของปากท่อจะโตมากขึ้นอยู่กับปลายท่อที่โผล่ขึ้นมาน้อยแค่ไหนจากเครื่องมือผายปาก



รูปที่ ๑๐๒ เครื่องมือผายปากท่อ (Flaring Tools)

๔.๖ เครื่องมือดัดท่อ (Bending Tools)

เครื่องมือชนิดนี้มีด้าม ๒ ด้าม ด้ามหนึ่งมี Circular ไว้ให้ท่ออ้อม มีรีดมีพอที่จะทำให้ท่อได้ตีไม่หัก ส่วนด้ามอีกอันนั้นไว้ยึดท่อ ขณะกำลังดัดท่อโดยให้ตั้งด้ามของเครื่องมือดัดเข้าหาตัว ทำให้ท่อโค้งงอตามร่องบังคับท่อของเครื่องมือดัดท่อ ต้องการท่อโค้งงอทำมุมกึ่งฉากหรือฉากที่เครื่องมือดัดท่อก็ทำได้



รูปที่ ๑๐๓ เครื่องมือดัดท่อ (Bending Tools)

๕. Power Tools

๕.๑ ส่วนไฟฟ้า (Electric Drill)

เป็นเครื่องมือเจาะแบบเครื่องจักร (Machine Tools) ใช้กำลังขับเคลื่อนจากมอเตอร์ไฟฟ้า ใช้ในการเจาะรูในงานโลหะหรืองานไม้ ปัจจุบันส่วนไฟฟ้าเป็นที่นิยมและใช้กันมากกว่าส่วนชนิดอื่น ๆ เพราะมีความสะดวก รวดเร็ว ประหยัดเวลา ประสิทธิภาพการทำงานสูง ส่วนแบบมือถือ (Hand Held Drill) เป็นแบบที่ใช้งานโดยใช้มือถือ ตัวเครื่องเอาไว้ทั้งหมด ซึ่งก็มีอีกหลายประเภทแยกย่อยลงไปอีกตามการใช้งานเพื่อให้เราสามารถเลือกซื้อส่วนไฟฟ้าที่เหมาะสมกับงบประมาณและครอบคลุมการใช้งานที่เราต้องการ

ส่วนไฟฟ้า แบบธรรมา (Pistol-Grip (Corded) Drill)

เหมาะสำหรับการเจาะไม้ อลูมิเนียม และเหล็กที่ไม่หนามาก ส่วนแบบนี้มีข้อดีตรงที่มีระบบการทำงานที่เรียบง่าย มีราคาถูก ส่วนข้อเสียที่เห็นได้ชัด คือมีความหลากหลายในการใช้งานน้อยกว่าส่วนประเภทอื่น ๆ นั้นเอง

ส่วนไร้สาย (Cordless Drill)

นับเป็นส่วนที่ได้รับความนิยมอีกชนิด เพราะความสะดวกในการใช้งาน เป็นส่วนที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ ซึ่งในปัจจุบันส่วนไร้สายมีลักษณะการใช้งานที่แทบจะเหมือนกับส่วนต่อสายไฟ มีทั้งส่วนกระแทกไร้สาย ส่วนโรตารีไร้สาย และอื่นๆ แต่ที่เห็นจะเป็นประโยชน์ใช้สอยอันโดดเด่นที่สุด คงจะเป็นการใช้ขันสกรูนั่นเอง (ใช้เป็นไขควงไฟฟ้า (Power Screwdriver)) โดยปกติแล้ว ช่างจะใช้ส่วนธรรมาในการขันสกรู แต่การใช้ส่วนในการขันสกรูมีข้อเสียตรงที่บางครั้ง ส่วนมีความเร็วมากเกินไป และไม่มีตัวกำหนดแรงบิด แปลว่า หลายครั้งที่สกรูจะกินเข้าเนื้อไม้มากเกินไป แต่ในส่วนไร้สายหลายรุ่นเราสามารถตั้งค่าแรงบิดได้ (Torque Control) เพื่อให้เราสามารถขันสกรูด้วยแรงบิดที่เหมาะสมได้เท่าที่เห็นส่วนสมัยใหม่ส่วนใหญ่สามารถตั้งค่าแรงบิดได้ (Torque Control) ทั้งนี้



รูปที่ ๑๐๔ ส่วนไฟฟ้า (Pistol Grip (Corded) Drill) และส่วนไร้สาย (Cordless Drill)

๕.๒ สว่านลม (Pneumatic Drill)

ส่วนใหญ่ใช้ในการเจาะซ่อมบำรุงโครงสร้างอากาศยาน โดยออกแบบให้มีรูปร่างและขนาดที่ต่างกัน ทั้งนี้เพื่อให้มีความเหมาะสมกับบริเวณพื้นที่ในการเจาะ



รูปที่ ๑๐๕ สว่านลม (Pneumatic Drill)

๕.๓ เครื่องเจียรไนแบบตั้งโต๊ะ (Electric Bench Grinder)

เครื่องเจียรไนแบบตั้งโต๊ะ เป็นเครื่องเจียรไนที่มีขนาดเล็ก ตัวเครื่องจะถูกยึดติดอยู่กับพื้นโต๊ะงานเพื่อเพิ่มความสูงของล้อหินเจียรไนให้มีความสูงเหมาะสมกับผู้ปฏิบัติงาน และยังเป็นการยึดเพื่อไม่ให้ล้อหินเจียรไนเกิดการสั่นสะเทือนหรือเกิดการแกว่งมาก



รูปที่ ๑๐๖ เครื่องเจียรไนแบบตั้งโต๊ะ (Electric Bench Grinder) และอุปกรณ์แต่งหน้าหินเจียรไน (Dressing)

๕.๔ ค้อนลม (Rivet Gun)

ใช้ในการย้ำสลักย้ำ (Rivet) ซ่อมบำรุงโครงสร้างอากาศยาน โดยออกแบบให้มีรูปร่างและขนาดที่ต่างกััน ทั้งนี้เพื่อให้มีความเหมาะสมกับบริเวณพื้นที่ในการย้ำ



รูปที่ ๑๐๘ ค้อนลม (Rivet Gun)

๕.๕ เครื่องดึงหมุดชนิดพิเศษ

ใช้สำหรับงานซ่อมโครงสร้างอากาศยาน ที่ต้องการความแข็งแรงและมีพื้นที่จำกัดในการในการย้ำหมุดด้วยค้อนลม การยึดด้วยสลักยึดแบบดึง (Blind Rivets) เป็นวิธีที่ใช้ยึดชิ้นส่วนโครงสร้างต่าง ๆ ของปีกเข้าด้วยกันในลักษณะที่ทำงานได้ด้านเดียว ไม่สามารถใช้สลักย้ำขาตันได้ ซึ่งส่วนใหญ่เกือบทั้งหมดจะเป็นการยึดเพื่อติดตั้งผิวปีกกับโครงสร้างภายในบริเวณแนวสลักยึด (Rivet Pattern) แนวสุดท้ายหลังจากที่ได้ยึดด้วยสลักย้ำขาตันเสร็จสิ้นทุกแนวแล้ว



รูปที่ ๑๐๘ เครื่องดึงหมุดชนิดพิเศษ

ข้อควรจำ

๑. มีราคาแพงกว่าเครื่องมือทั่วไป และมีประสิทธิภาพสูงจึงจะต้องระมัดระวังในการใช้ มิฉะนั้นจะเป็นอันตรายต่อผู้ใช้หรือเครื่องมือเกิดการเสียหาย
๒. ก่อนใช้เครื่องมือต้องอ่านคู่มือให้เข้าใจก่อนเสมอ
๓. ช่างต้องสังเกต กฎความปลอดภัย การใช้เครื่องมือทุกครั้ง
๔. จำไว้ว่า Power Tools หรือเครื่องมือ อันตราย

บรรณานุกรม

U.S.Department of Transportation, FAA, Airframe and Power Plant Mechanics. General Handbook,
Aviation Maintenance Publishers.WY1976

U.S.Department of Transportation, FAA, Airframe and Power Plant Mechanics. Airframe Handbook,
Aviation Maintenance Publishers. WY1976

ปราโมทย์ อ่อนประไพ. *เครื่องมือเบื้องต้น*.--กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, ๒๕๓๙

อำพัน เมธนาวิน. *การวัดละเอียด*.--กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, ๒๕๕๓

ฝ่ายวิชาการบริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด. *ทฤษฎีช่างกลทั่วไป*.--พิมพ์ครั้งที่ ๓ --กรุงเทพฯ : สกายบุ๊กส์, ๒๕๔๔