การกำหนดสัญลักษณ์ GD&T และค่าความคลาดเคลื่อน

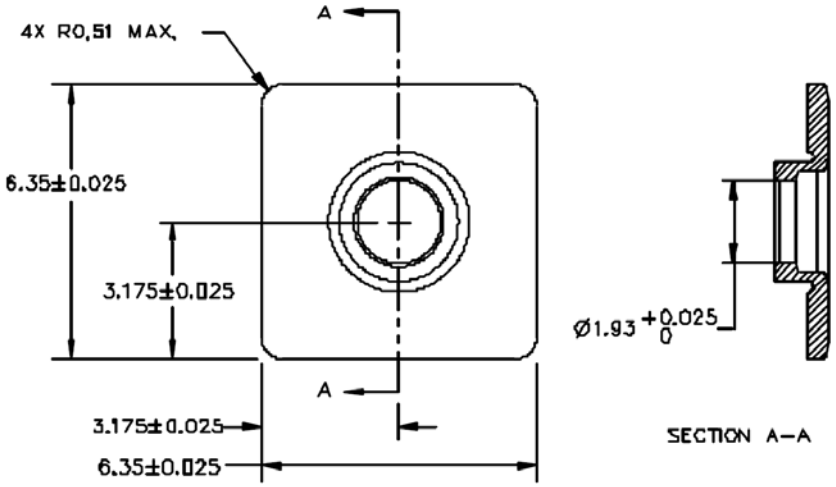
ดร.นรินทร์ จันทวงศ์

ฝ่ายมาตรวิทยามิติ

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

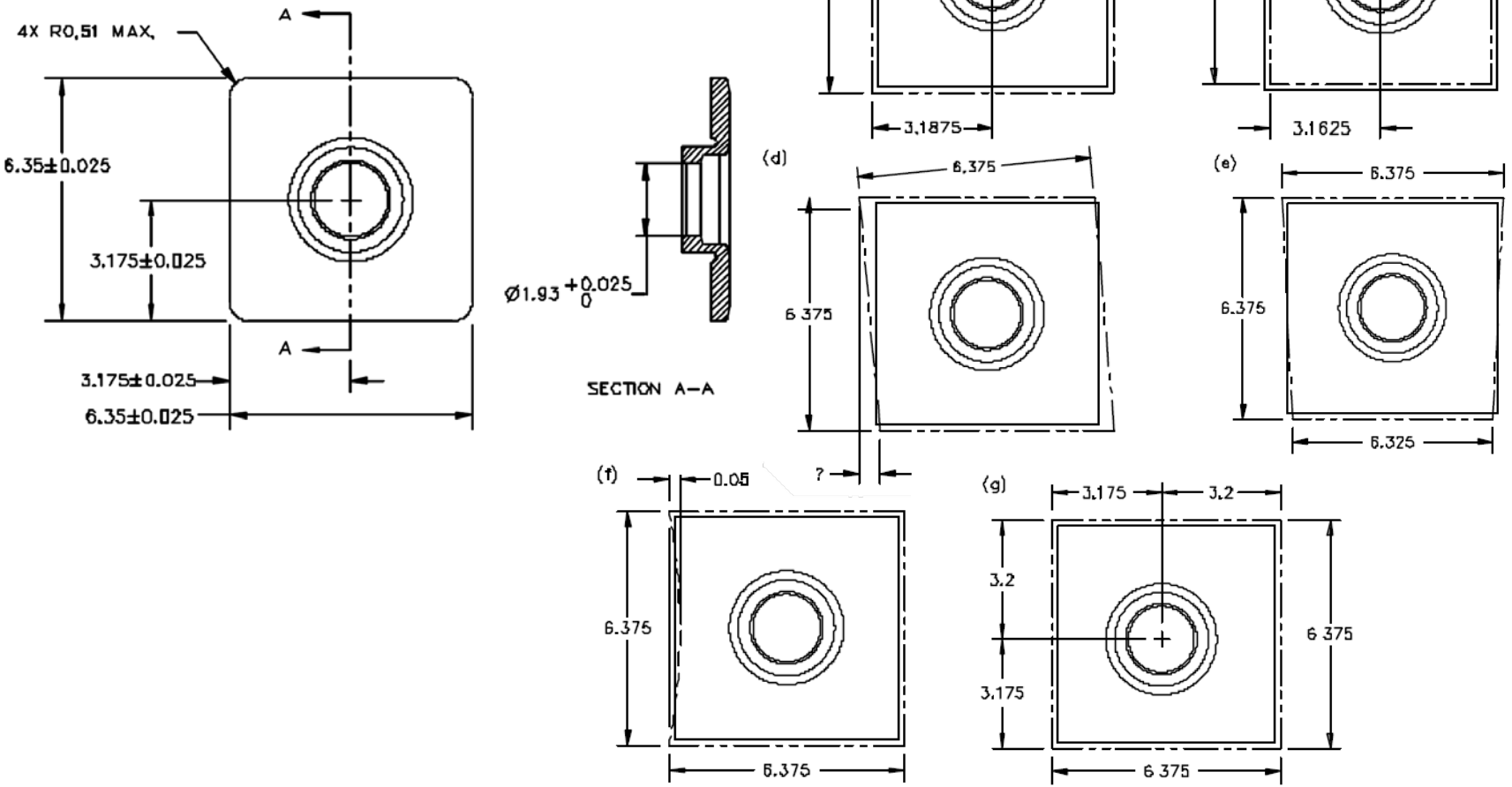
สิ่งที่คิด VS สิ่งที่เป็น

- การบอกแค่ขนาดไม่เพียงพอ
  - การบอกขนาดนั้นไม่สามารถควบคุมหรือบ่งบอกความสัมพันธ์ระหว่างฟีเจอร์ที่เราสนใจ
  - การแสดงถึงความสัมพันธ์ในรูปแบบของการควบคุมต่างๆ เช่น ความฉาก ความร่วมแกน หรือความสมมาตร ของตำแหน่งหรือทิศทางเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อป้องกันความไม่สมบูรณ์ของแบบงาน



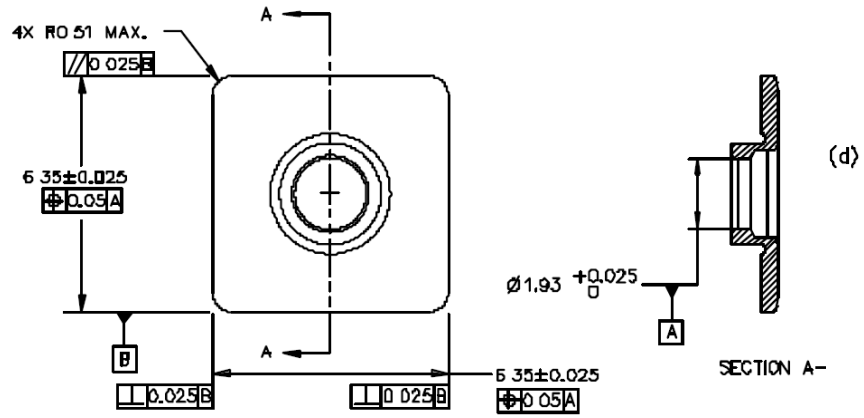
สิ่งที่คิด VS สิ่งที่เป็น

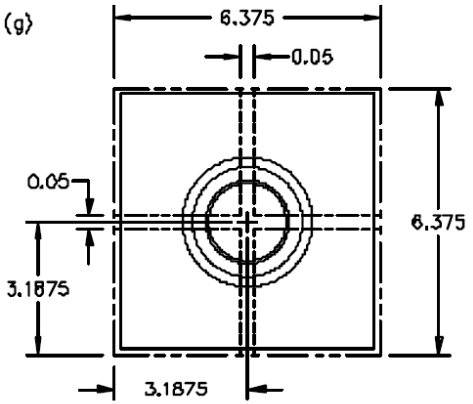
- การบอกแค่ขนาดไม่เพียงพอ

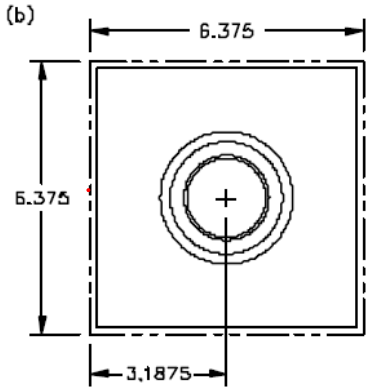


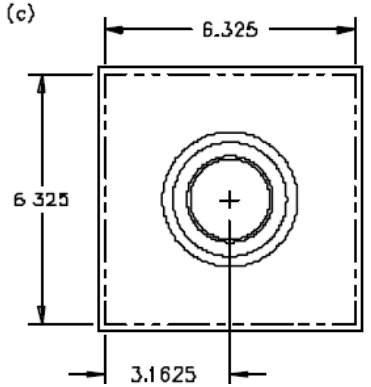
สิ่งที่คิด VS สิ่งที่เป็น

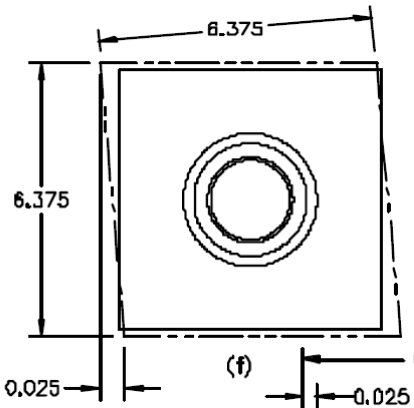
- การบอกขนาดและควบคุมทางเรขาคณิตสามารถช่วยแก้ปัญหาได้

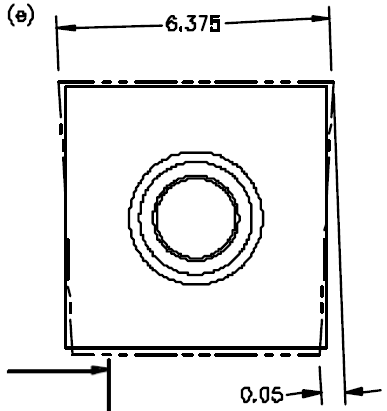


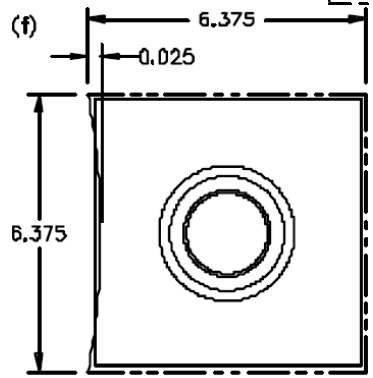












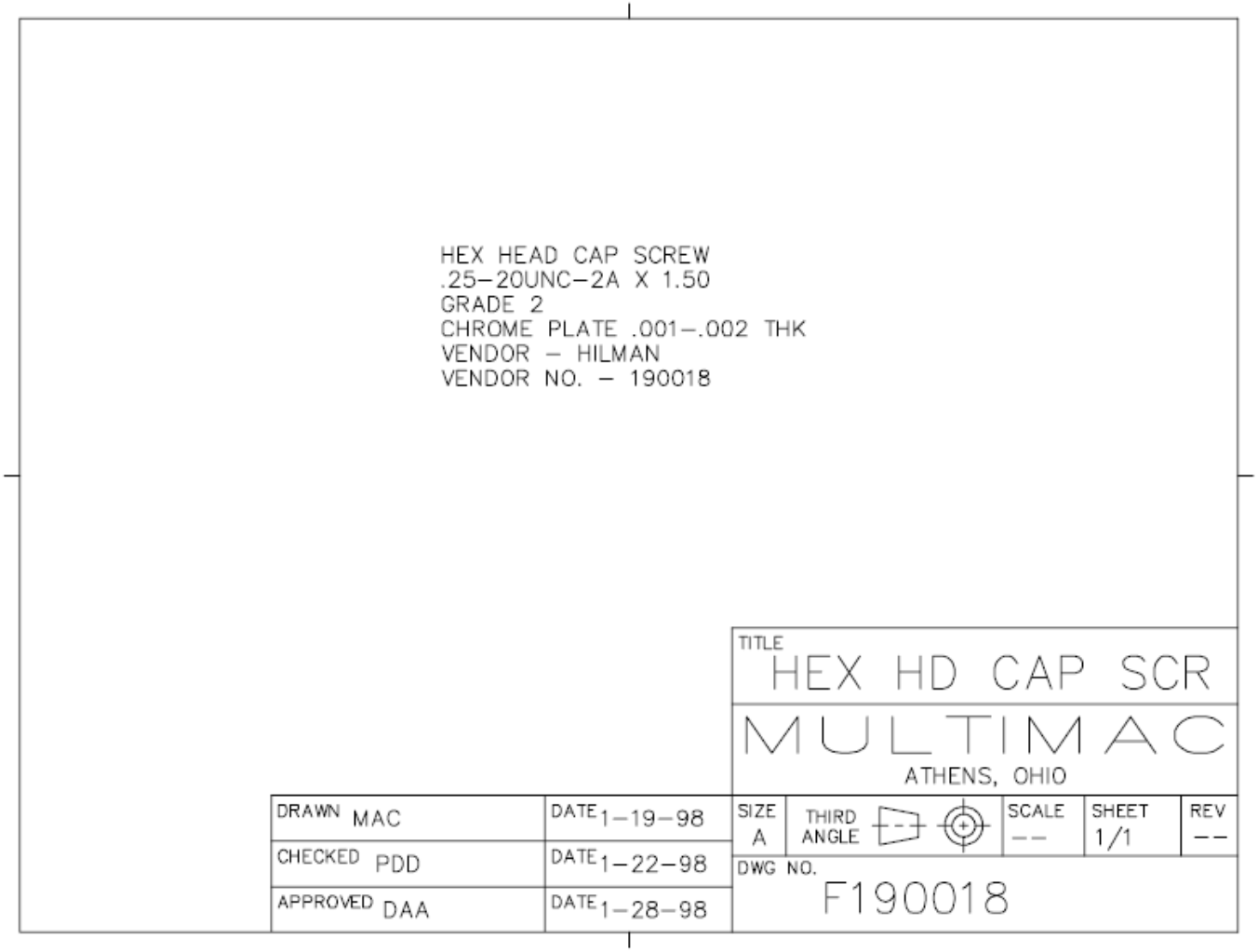
Engineering drawing

- เป็นหนึ่งในเครื่องมือในการสื่อสารที่สำคัญสำหรับการผลิต
- แบบงานไม่ใช่แค่รูปภาพ แต่เป็นสิ่งที่สามารถใช้ในการคำนวณต้นทุน การกำหนดวัตถุดิบ การกำหนดทูลที่ใช้ในการผลิต
- กำหนดวิธีการผลิต การตรวจสอบ และการประกอบชิ้นงาน
- ทวนสอบชิ้นงานที่ผลิตตามข้อมูลที่อยู่ในแบบ

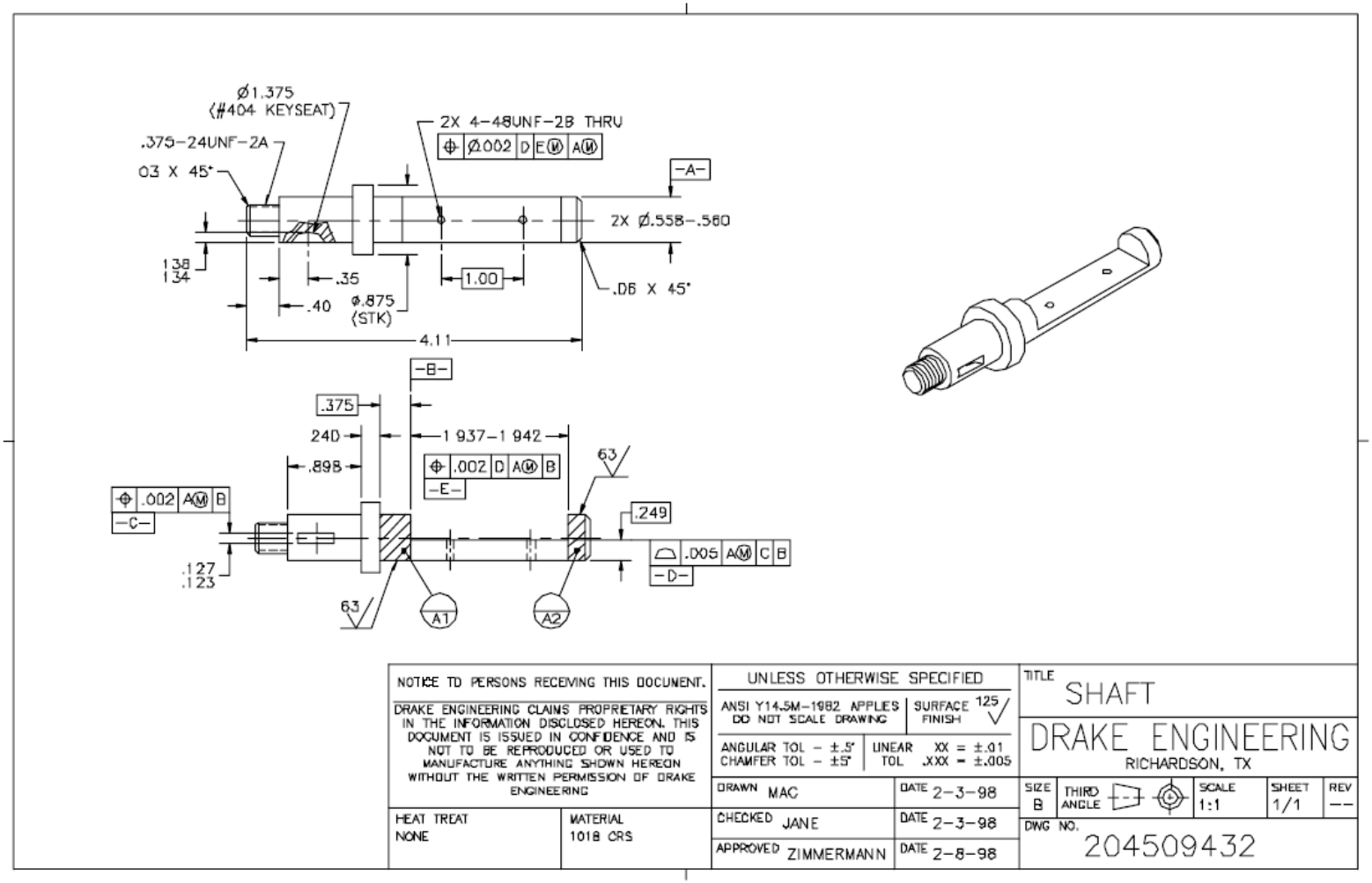
Drawing types

- Note
  - มักจะใช้กับ parts เช่น nuts, bolts, bearing เป็นต้น โดยมากมักจะเป็นการกำหนดรายละเอียดมากกว่าการใช้รูปภาพ
- Detail
  - แบบจะแสดงรายละเอียดทั้งหมดของชิ้นงาน
- Assembly
  - แบบประกอบจะแสดงในรูปของการประกอบบางส่วนหรือการประกอบสำเร็จ โดยจะแสดงถึงตำแหน่งที่สัมพันธ์กันระหว่างชิ้นงาน

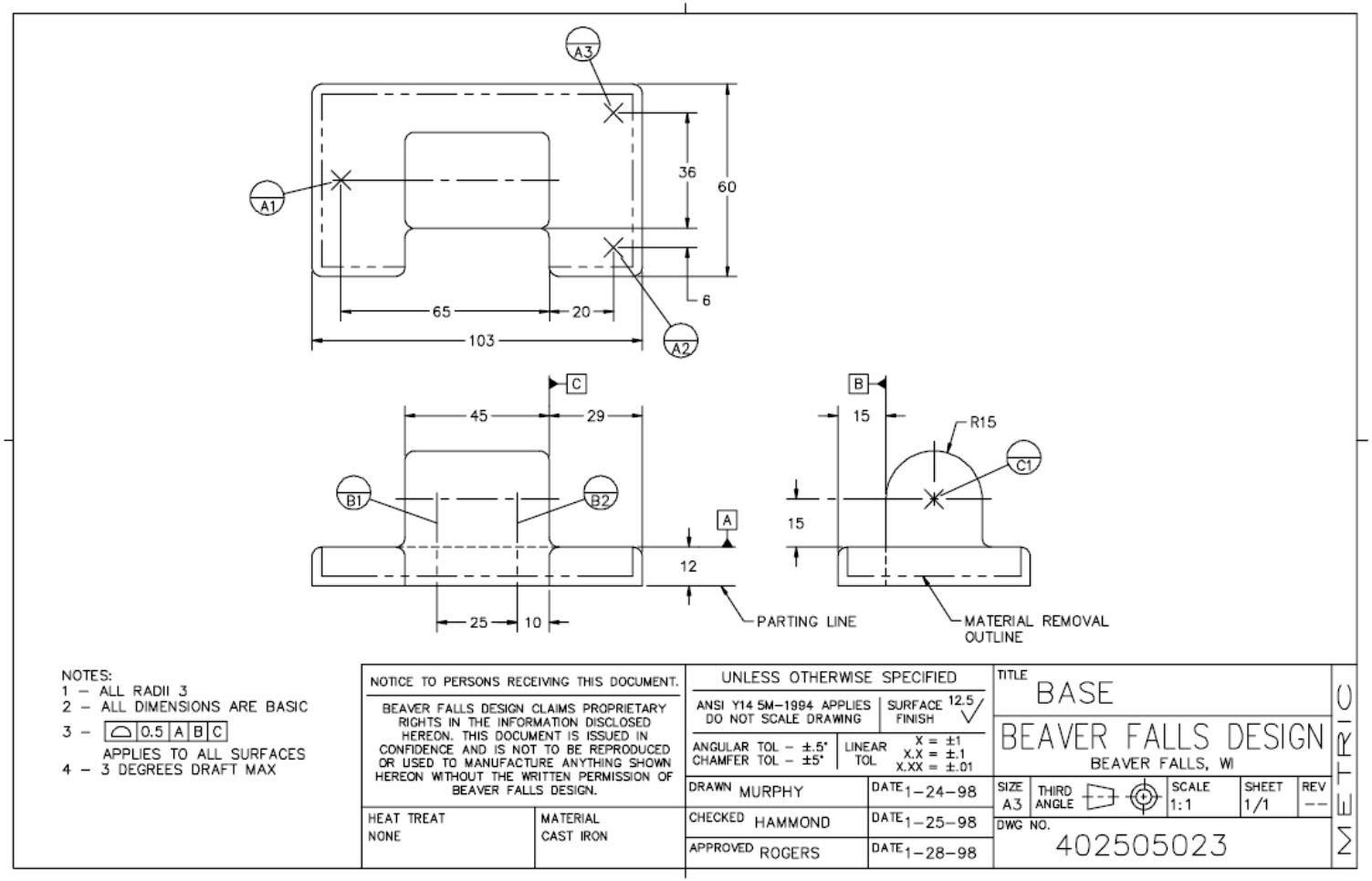
Drawing types - Note



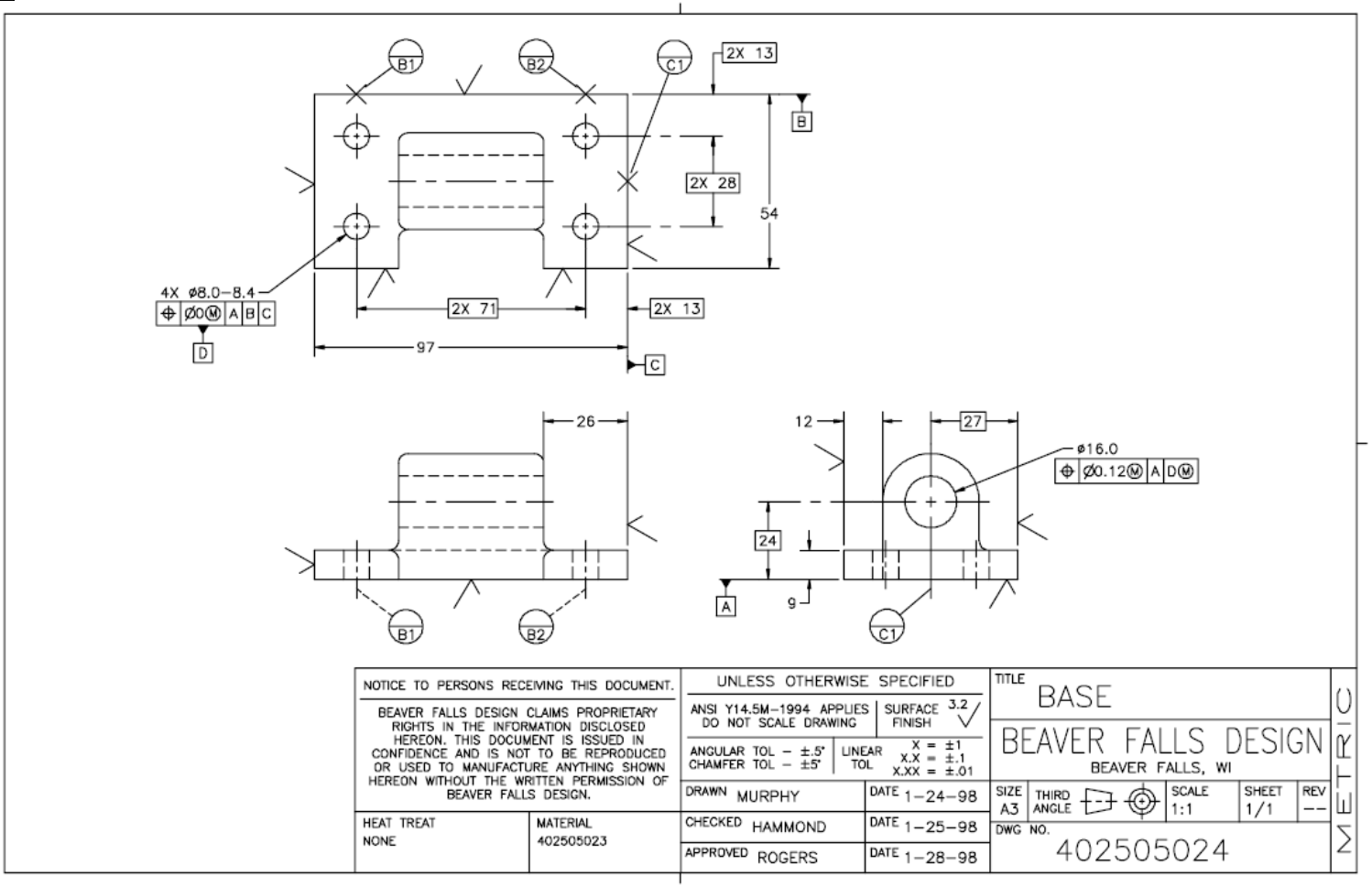
Drawing types -Detail



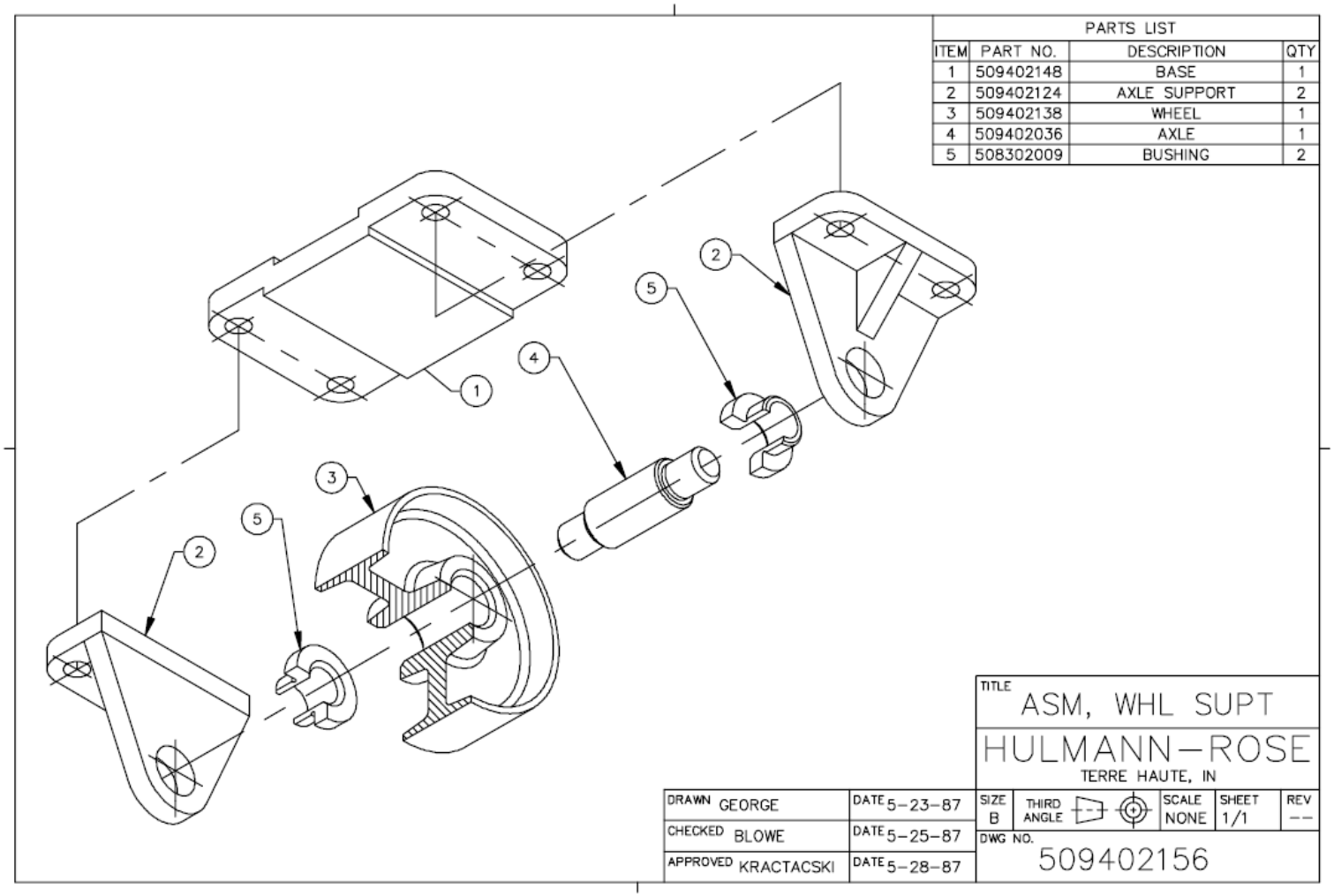
Drawing types -Detail



Drawing types -Detail



Drawing types -Assembly



PARTS LIST

ITEM	PART NO.	DESCRIPTION	QTY
1	509402148	BASE	1
2	509402124	AXLE SUPPORT	2
3	509402138	WHEEL	1
4	509402036	AXLE	1
5	508302009	BUSHING	2

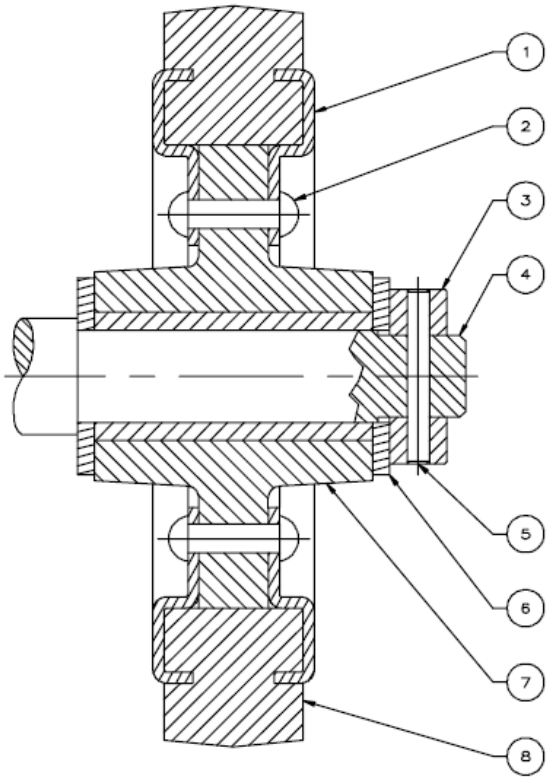
DRAWN GEORGE	DATE 5-23-87	SIZE B	THIRD ANGLE	SCALE NONE	SHEET 1/1	REV --
CHECKED BLOWE	DATE 5-25-87					
APPROVED KRACTACSKI	DATE 5-28-87					

TITLE
ASM, WHL SUPT

HULMANN-ROSE
TERRE HAUTE, IN

DWG NO.
509402156

Drawing types -Assembly



PARTS LIST			
ITEM	PART NO.	DESCRIPTION	QTY
1	2048697	BRACKET	2
2	2048663	RIVET	6
3	2048641	RETAINER	1
4	2048621	SHAFT	1
5	2048642	PIN SPRING	1
6	2048643	SPACER	2
7	2048692	HUB WHEEL	1
8	2048682	WHEEL	1

NOTICE TO PERSONS RECEIVING THIS DOCUMENT.

BEAVER FALLS DESIGN CLAIMS PROPRIETARY RIGHTS IN THE INFORMATION DISCLOSED HEREON. THIS DOCUMENT IS ISSUED IN CONFIDENCE AND IS NOT TO BE REPRODUCED OR USED TO MANUFACTURE ANYTHING SHOWN HEREON WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF BEAVER FALLS DESIGN.

DRAWN	WALLY COX	DATE	7–6–98
CHECKED	BOB WILD	DATE	7–7–98
APPROVED	ALI BENDROB	DATE	7–7–98

TITLE
ASM WHEEL

BEAVER FALLS DESIGN
ATHENS, OHIO

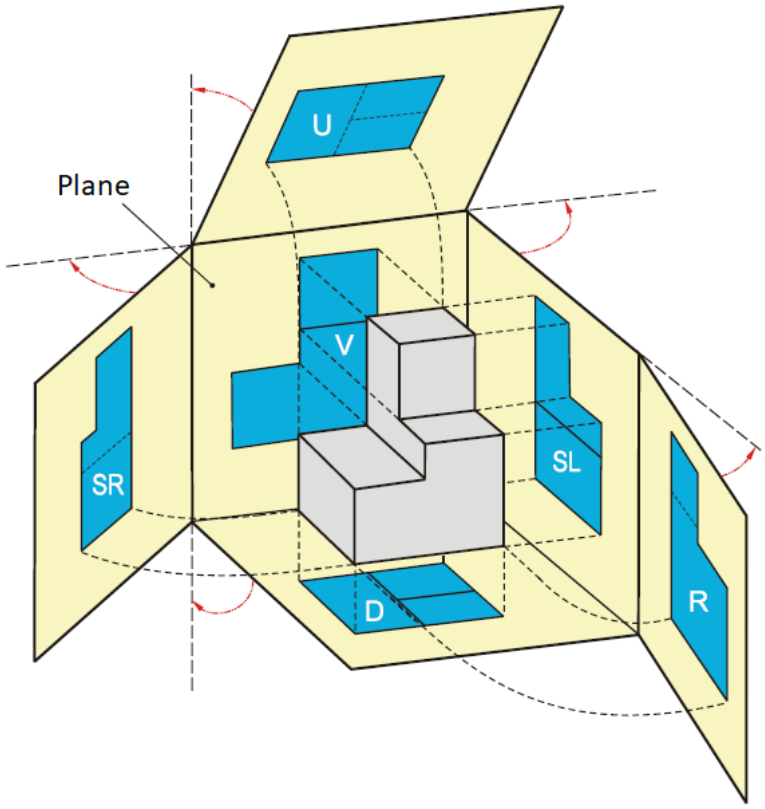
SIZE		SCALE	SHEET	REV
B	THIRD ANGLE	NONE	1/1	--

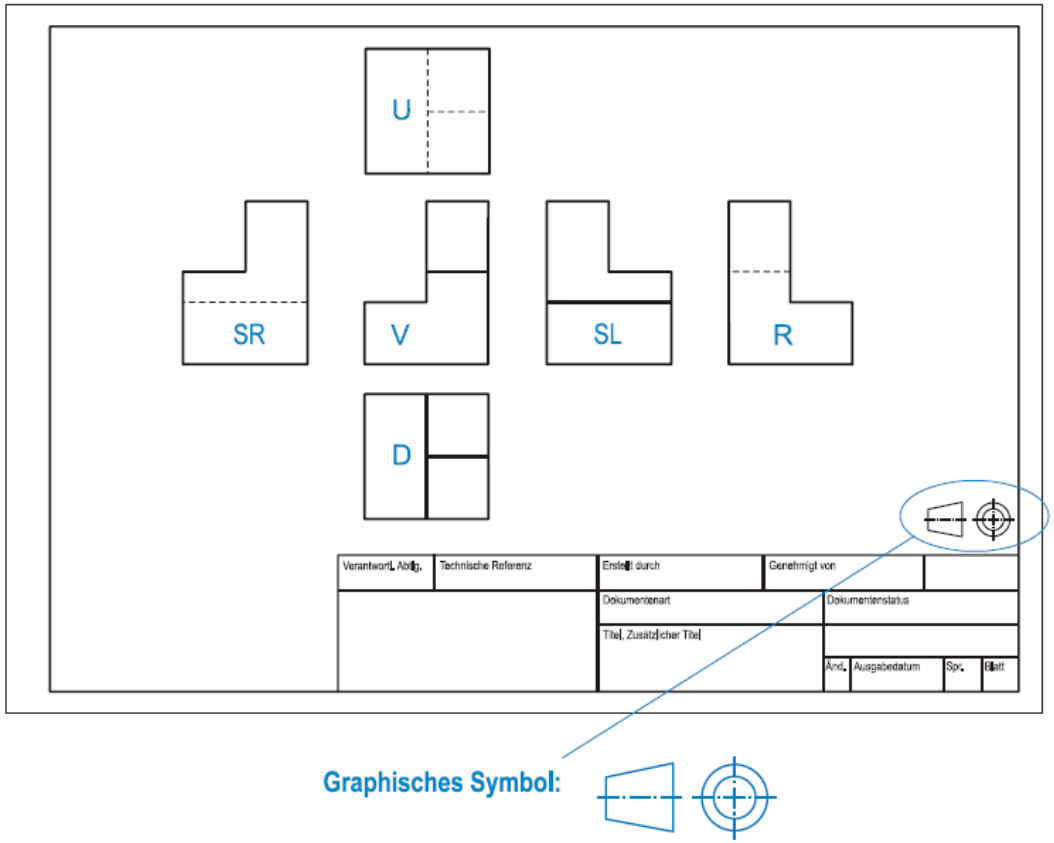
DWG NO.
2048698

INCH

มุมมองภาพฉาย

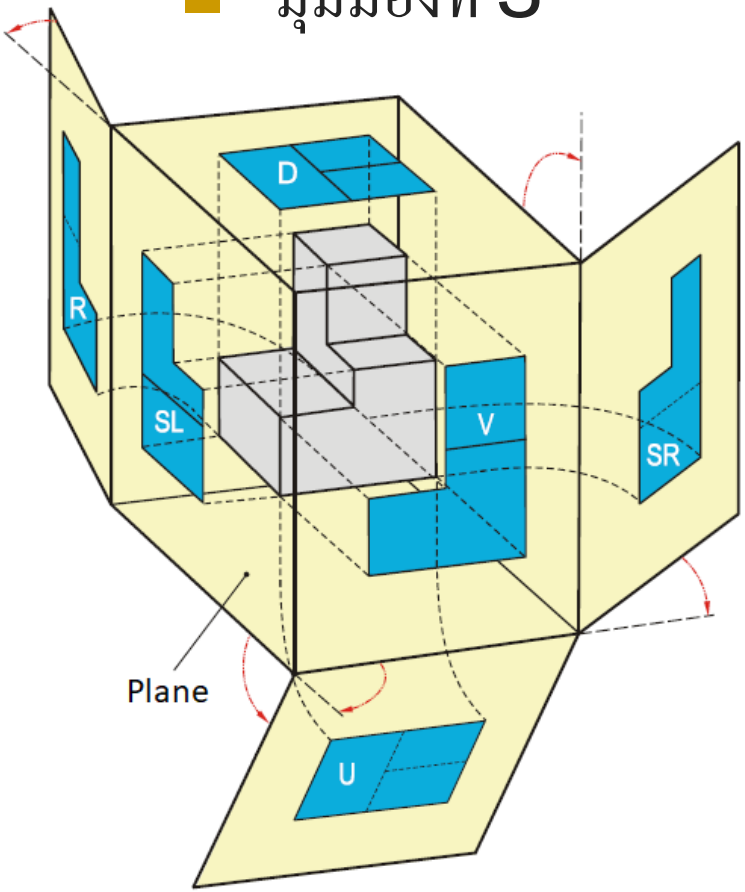
- มุมมองที่ 1

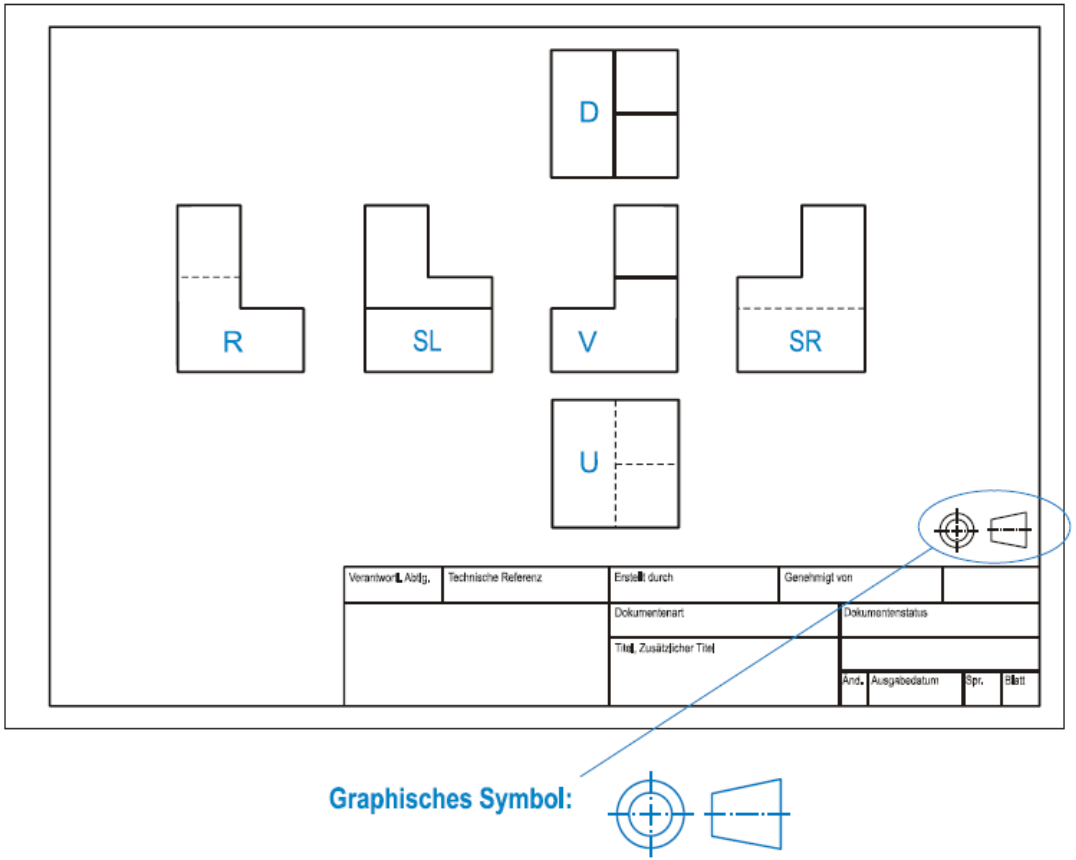




มุมมองภาพฉาย

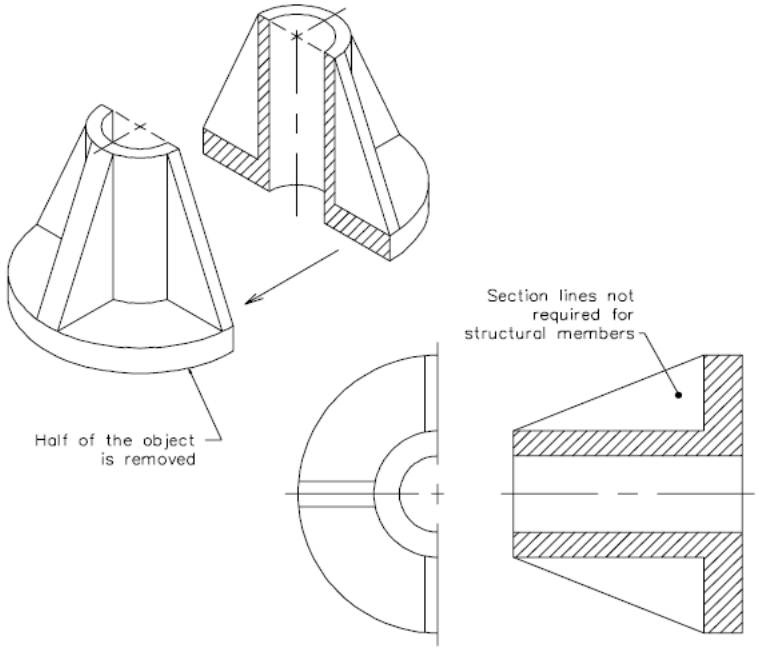
- มุมมองที่ 3



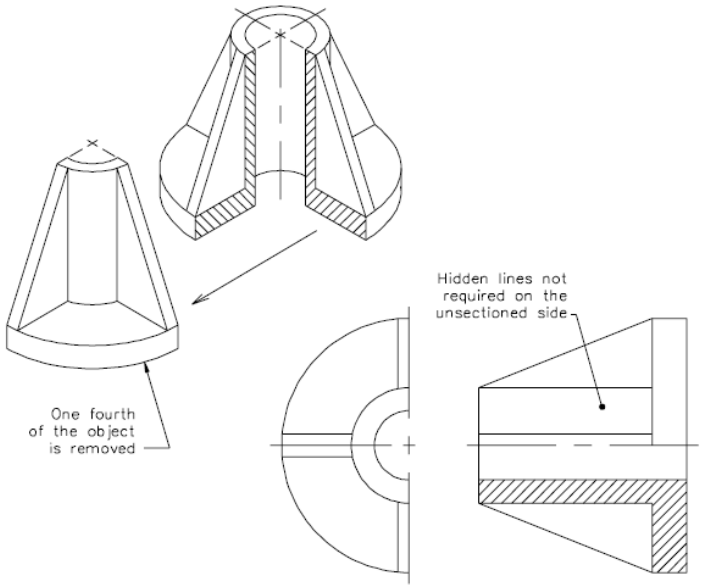


Section view

- Full sections
  - เป็นการแสดงแบบตัดชิ้นงานจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่งโดยสมบรูณ์

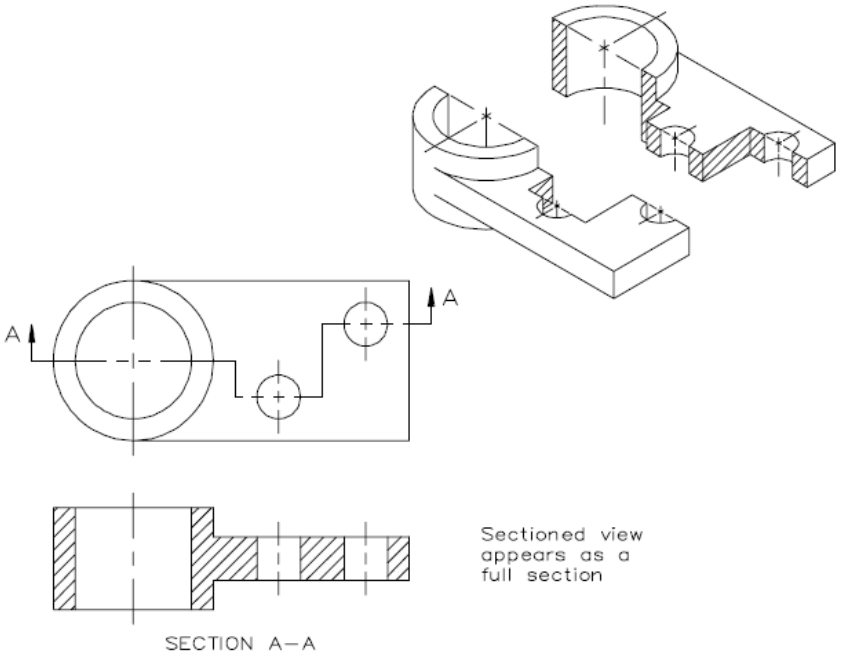


- Half sections
  - เป็นการแสดงแบบตัดชิ้นงานจากด้านหนึ่งไปจนถึงกึ่งกลางชิ้นงาน

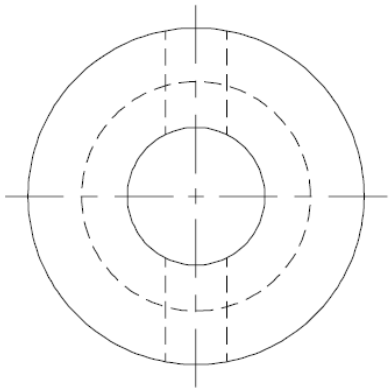


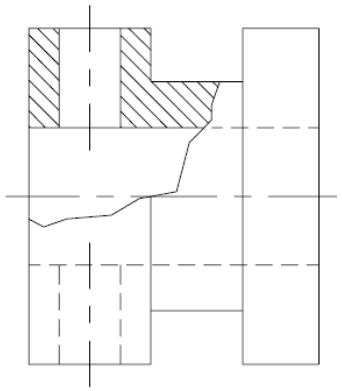
Section view

- Offset sections
  - เป็นการแสดงแบบตัดชิ้นงานที่มีการปรับตำแหน่งเพื่อให้ผ่านจุดที่สนใจ



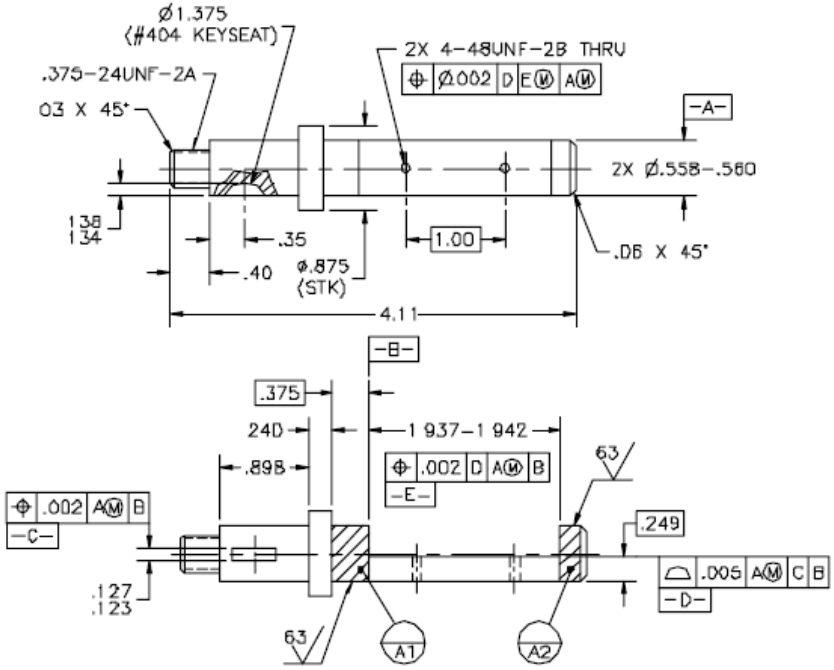
- Broken-out sections
  - เป็นการแสดงแบบตัดชิ้นงานในลักษณะที่มีการแตกออกเล็กน้อยมากกว่าการตัดทั้งชิ้น

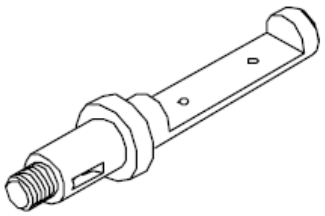




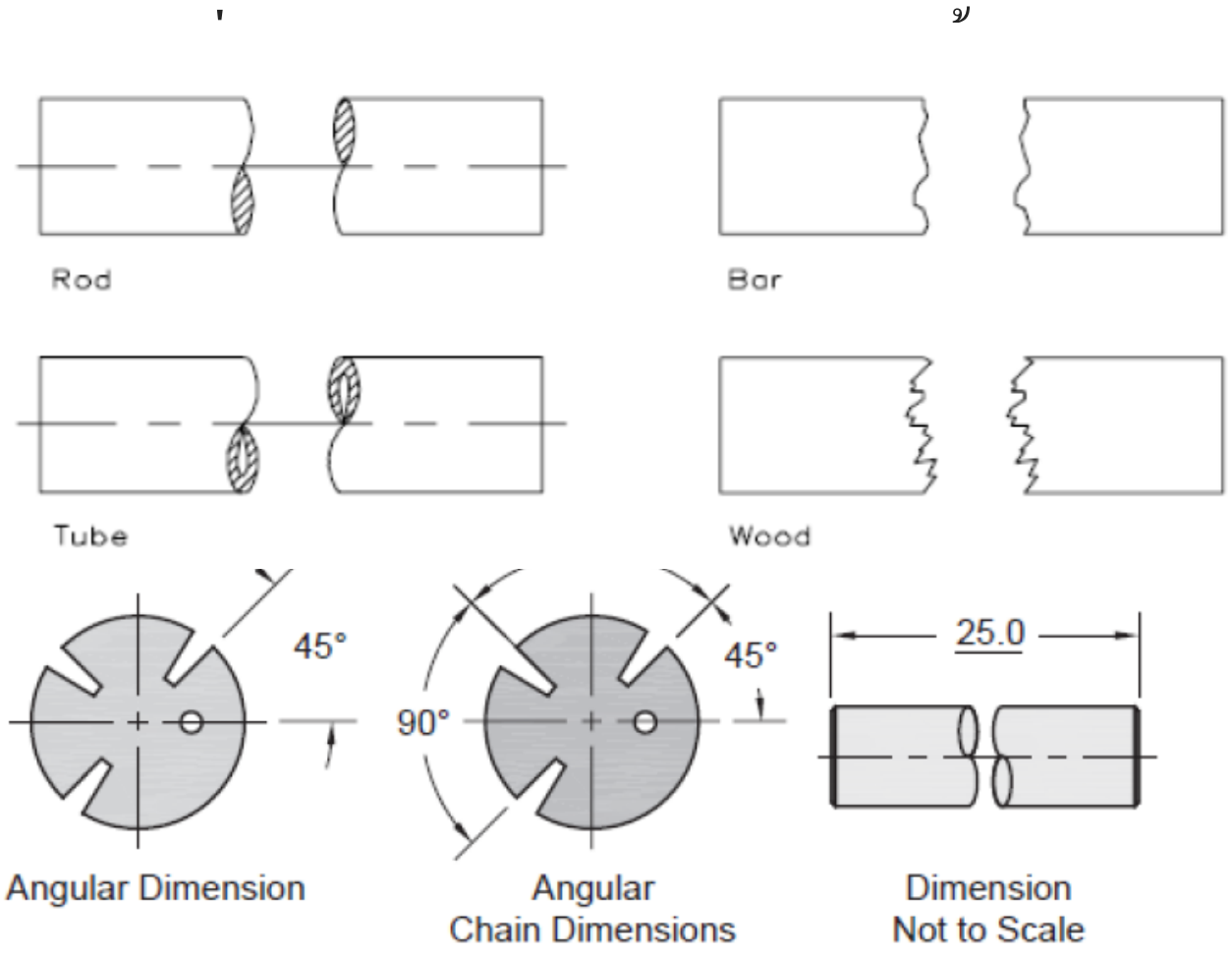
Part features

- Feature - เป็นคำทั่วไปที่ใช้เรียกส่วนทางกายภาพของชิ้นงาน เช่น พื้นผิว รู เพลา ร่อง เป็นต้น



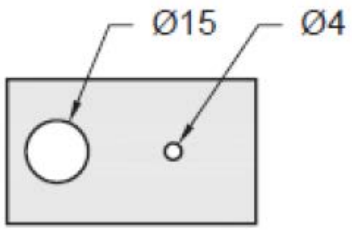


Coordinate dimension

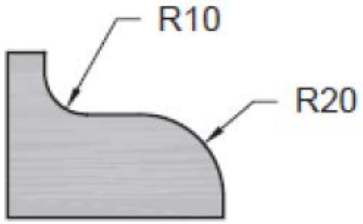


Coordinate dimension

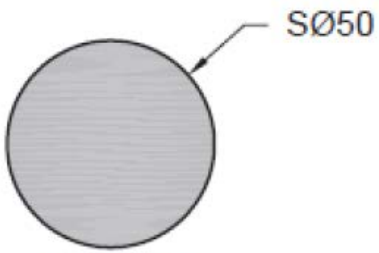
- มีรูปแบบที่หลากหลายในการกำหนดขนาดชิ้นงาน



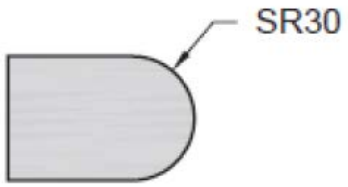
Diametral Dimensions



Radial Dimensions



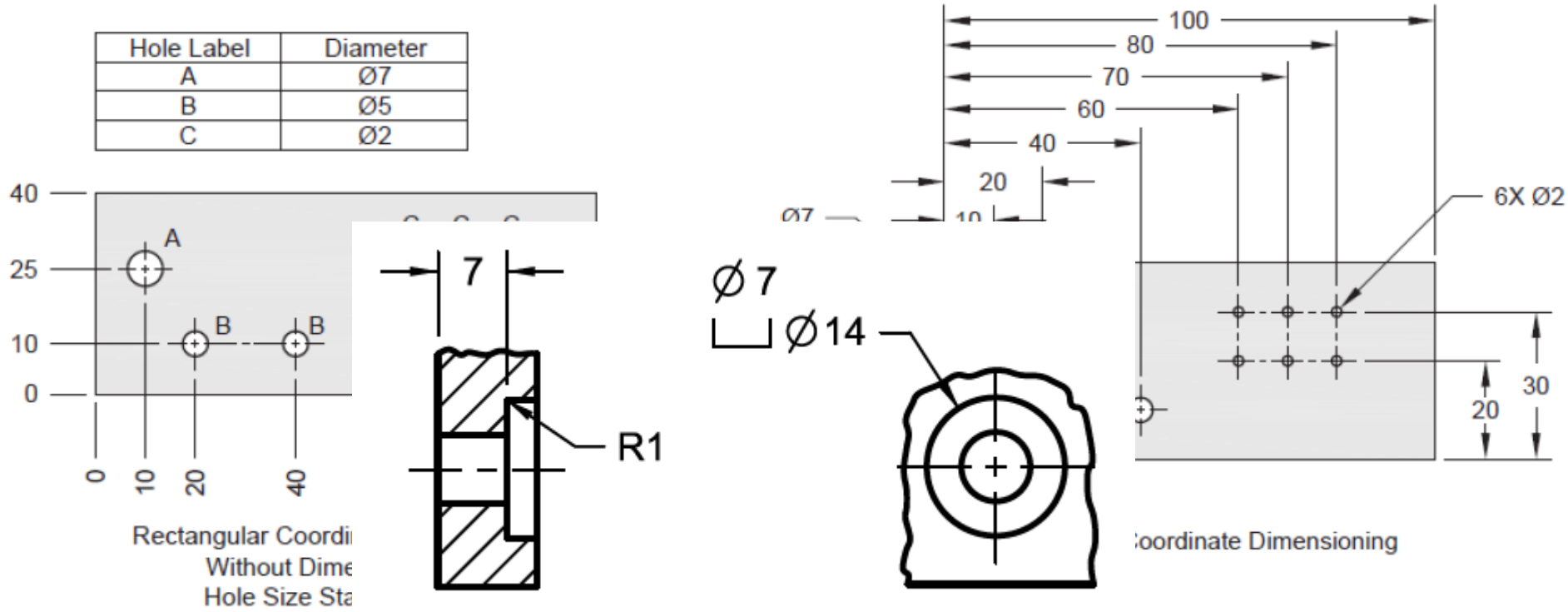
Spherical Diametral Dimensions



Spherical Radial Dimensions

Coordinate dimension

- มีรูปแบบที่หลากหลายในการกำหนดขนาดชิ้นงาน



Tolerance

- Coordinate tolerance
  - เป็นการกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนในรูปแบบพิกัด (±) ณ ตำแหน่งต่างๆ หรือเป็นการกำหนดไว้โดยทั่วไปในแบบ

$.500 \pm .005$

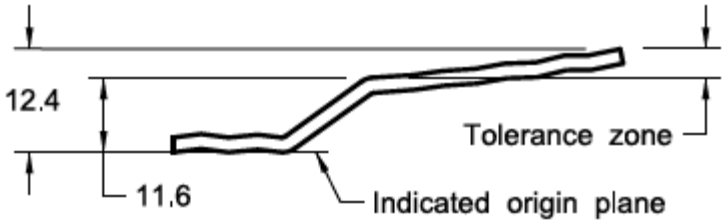
$32\ ^{0}_{-0.02}$

REV	DESCRIPTION	DATE
Ace Vise Co.		
Drawn by: J. Krulikowski		Date: 23JUL94
Unless otherwise specified: All dimensions in millimeters Angles: ± 5° Dimensions: ± 0.5		
MATERIAL	STEEL SAE 1010-20	
PART NAME	VISE PAD	
Part No.	859721	

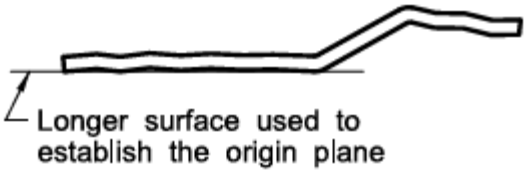
Coordinate dimension

- Limit to an origin

Means this

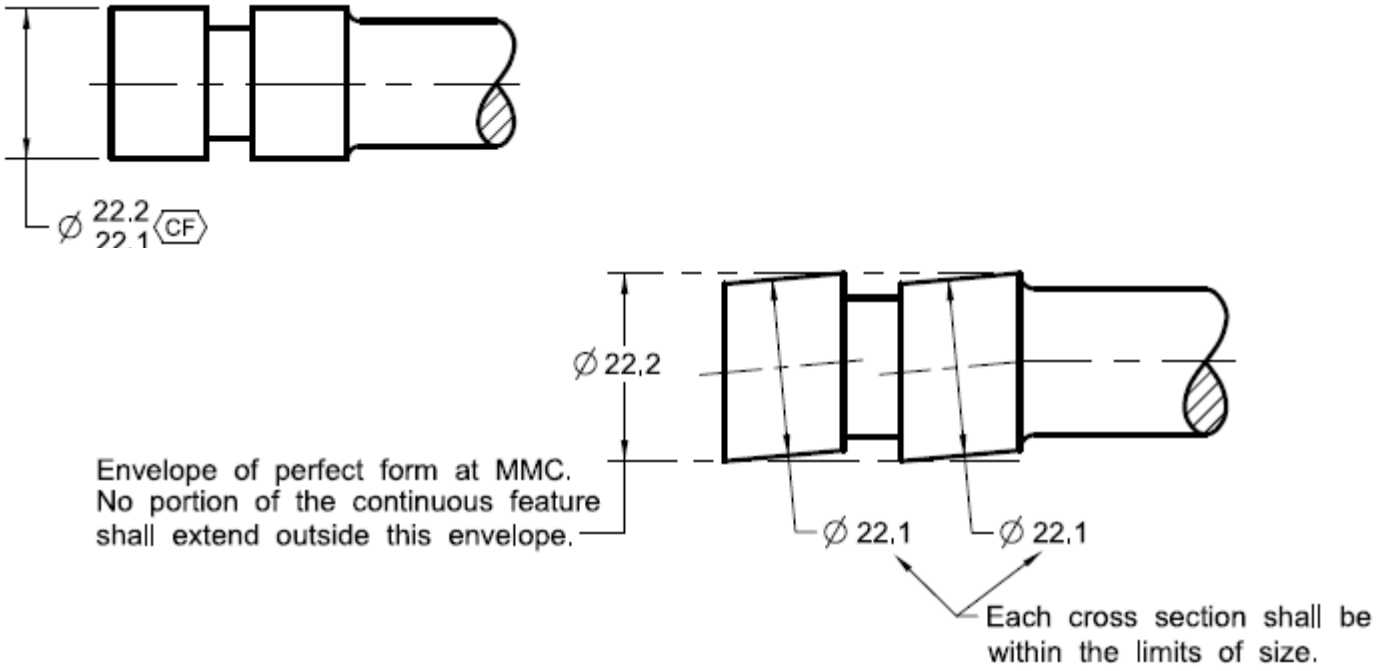


Not this

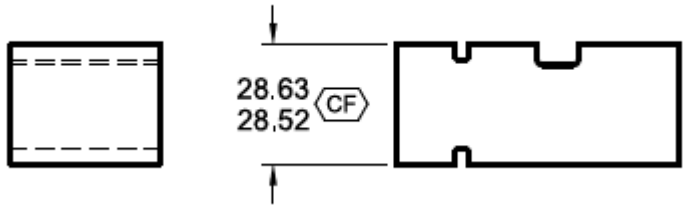


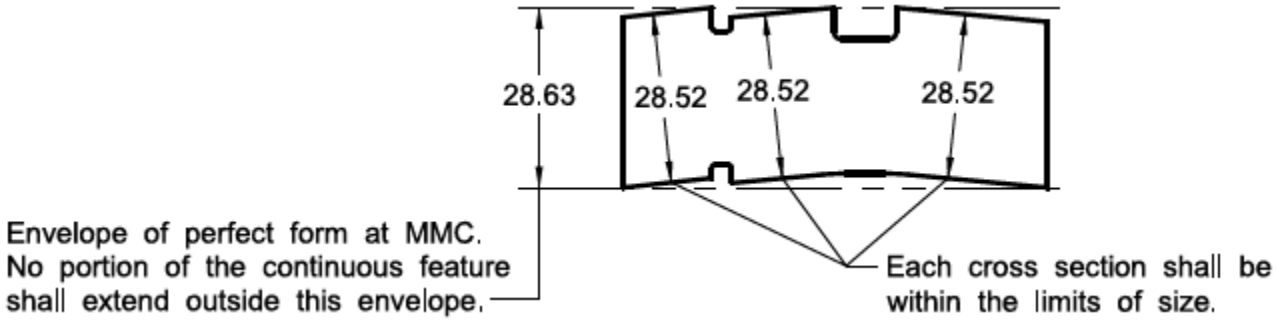
Coordinate dimension

- Continuous Feature, External Cylindrical



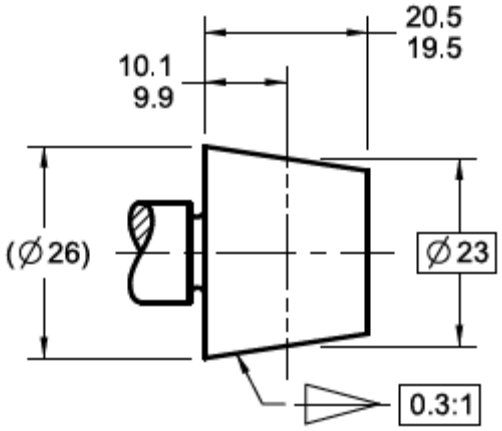
Coordinate dimension

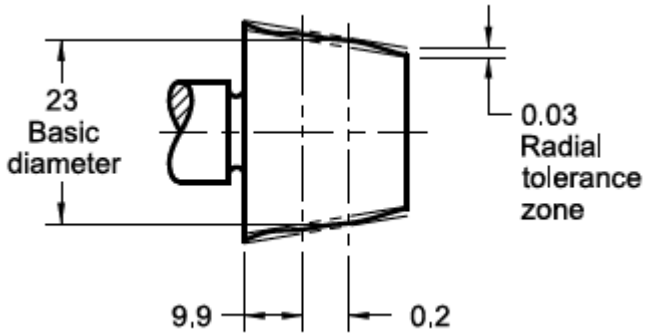




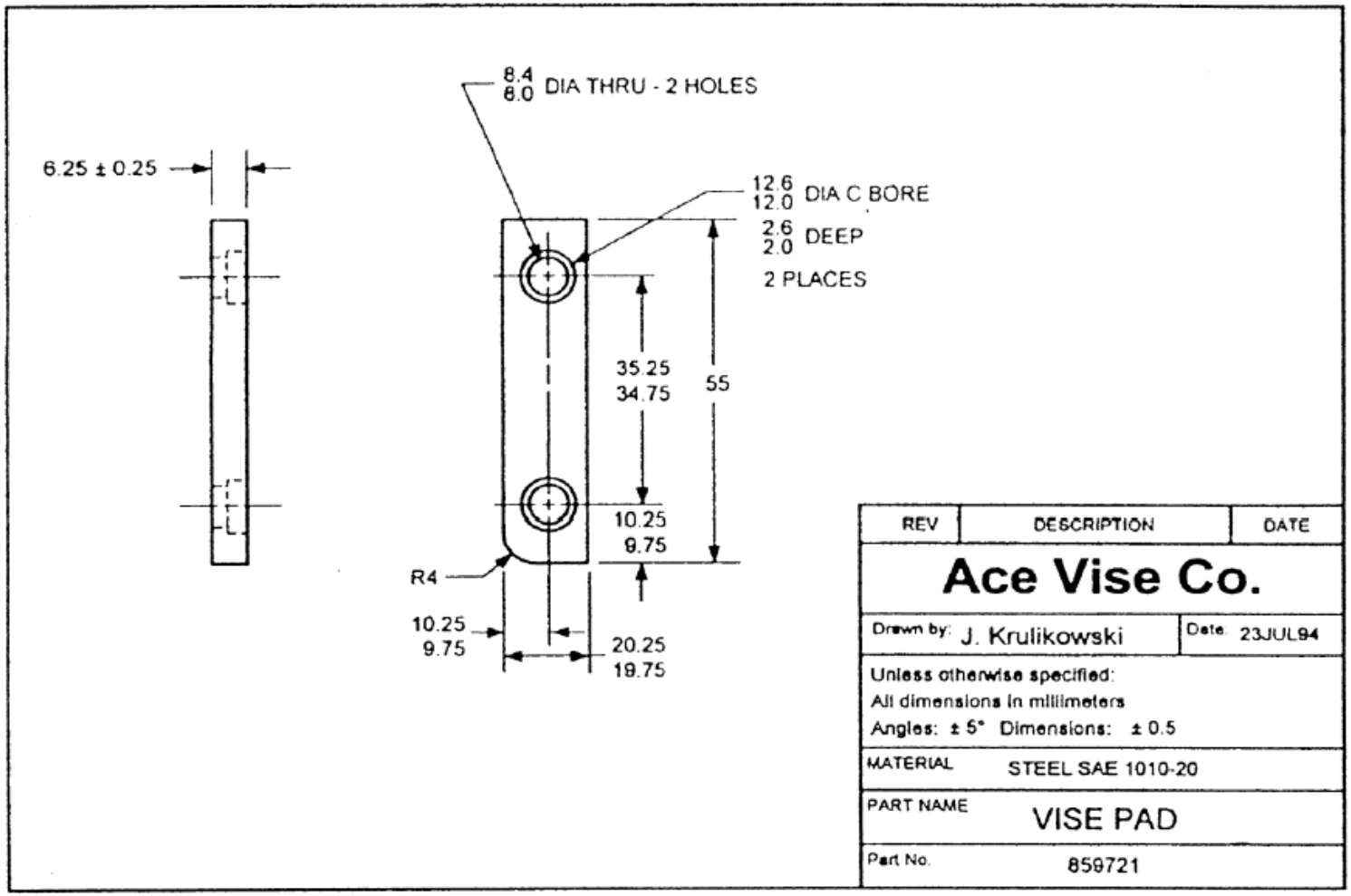
Coordinate dimension

- **Specifying a Basic Taper and a Basic Diameter**





Tolerance

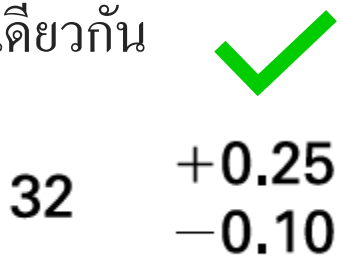

8.4
8.0 DIA THRU - 2 HOLES
6.25 ± 0.25
12.6
12.0 DIA C BORE
2.6
2.0 DEEP
2 PLACES
35.25
34.75
55
10.25
9.75
R4
10.25
9.75
20.25
19.75
REV
DESCRIPTION
DATE
Ace Vise Co.
Drawn by: J. Krulikowski
Date: 23JUL94
Unless otherwise specified:
All dimensions in millimeters
Angles: ± 5° Dimensions: ± 0.5
MATERIAL STEEL SAE 1010-20
PART NAME VISE PAD
Part No. 859721

Tolerance

- รูปแบบในการกำหนดค่า Tolerance หน่วยมิลลิเมตร
  - หากเป็นพิกัดความคลาดเคลื่อนแบบทางเดียวและมีด้านในด้านหนึ่งของพิกัดความคลาดเคลื่อนเป็นศูนย์ ให้แสดงศูนย์โดยไม่ต้องมีเครื่องหมาย

$$32\ ^{0}_{-0.02} \quad \text{or} \quad 32\ ^{+0.02}_{0}$$

  - หากมีค่าพิกัดความคลาดเคลื่อนทั้งสองทิศทาง ให้แสดงในหลักทศนิยมเดียวกัน



$$32\ ^{+0.25}_{-0.10}$$

$$32\ ^{+0.25}_{-0.1}$$

Tolerance

- รูปแบบในการกำหนดค่า Tolerance หน่วยมิลลิเมตร
  - ถ้าการแสดงค่าของชิ้นงานอยู่ในรูปแบบค่ามากสุดและน้อยสุด ทั้งสองค่าต้องแสดงในเลขนัยสำคัญเดียวกัน

25.45
25.00

25.45
25

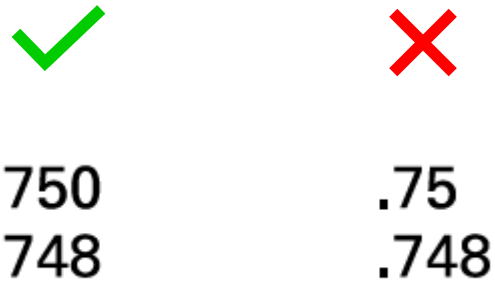
Tolerance

- รูปแบบในการกำหนดค่า Tolerance หน่วยนิ้ว
  - หากเป็นพิกัดความคลาดเคลื่อนแบบทางเดียวและมีด้านในด้านหนึ่งของพิกัดความคลาดเคลื่อนเป็นศูนย์ ให้แสดงศูนย์โดยมีเลขนัยสำคัญเท่ากันกับด้านที่มีค่าคลาดเคลื่อนและเท่ากับค่าระบุ

  - หากมีค่าพิกัดความคลาดเคลื่อนเท่ากันสองทิศทาง ให้แสดงในเลขนัยสำคัญเดียวกันกับค่าที่ระบุ

Tolerance

- รูปแบบในการกำหนดค่า Tolerance หน่วยนิ้ว
  - ถ้าการแสดงค่าของชิ้นงานอยู่ในรูปแบบค่ามากสุดและน้อยสุด ทั้งสองค่าต้องแสดงในเลขนัยสำคัญเดียวกัน



Tolerance

- รูปแบบในการกำหนดค่า Tolerance ของมุม
  - ถ้ามีการใช้ angle dimensions ค่าความคลาดเคลื่อนของมุมจะต้องอยู่ในเลขนัยสำคัญเดียวกัน และถ้ามีค่าน้อยกว่า 1º ให้แสดงเลขศูนย์ด้วย

$25.0° \pm 0.2°$

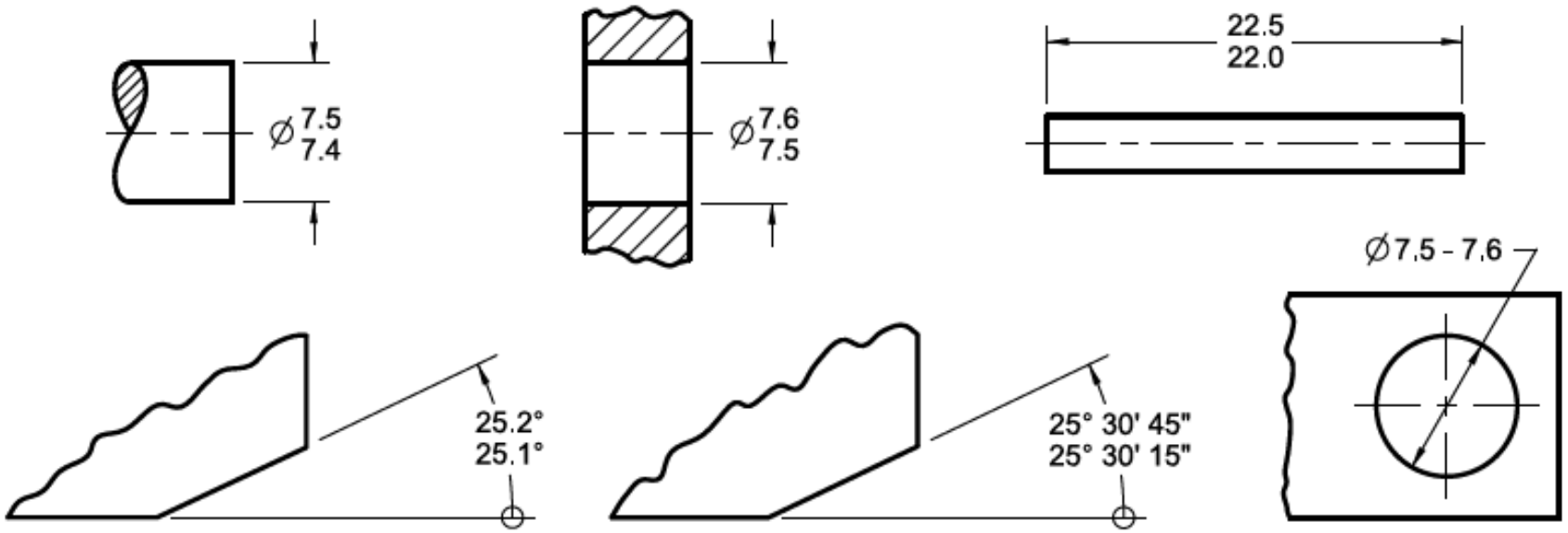
$25° \pm 0°30'$

$25° \pm .2°$

$25° \pm 30'$

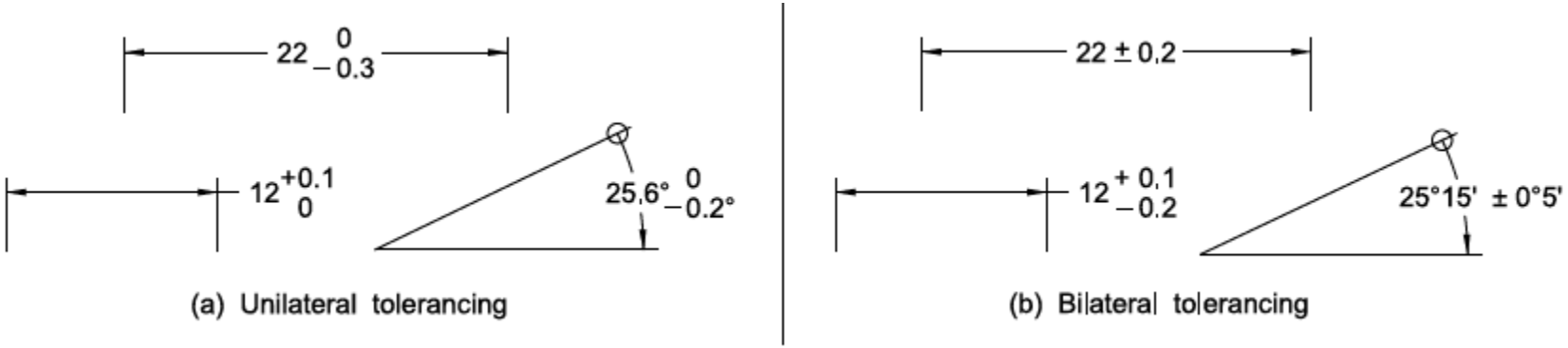
ตัวอย่างการกำหนดค่า Tolerance

- Limit dimensioning



ตัวอย่างการกำหนดค่า Tolerance

- Plus and minus Tolerancing



(a) Unilateral tolerancing

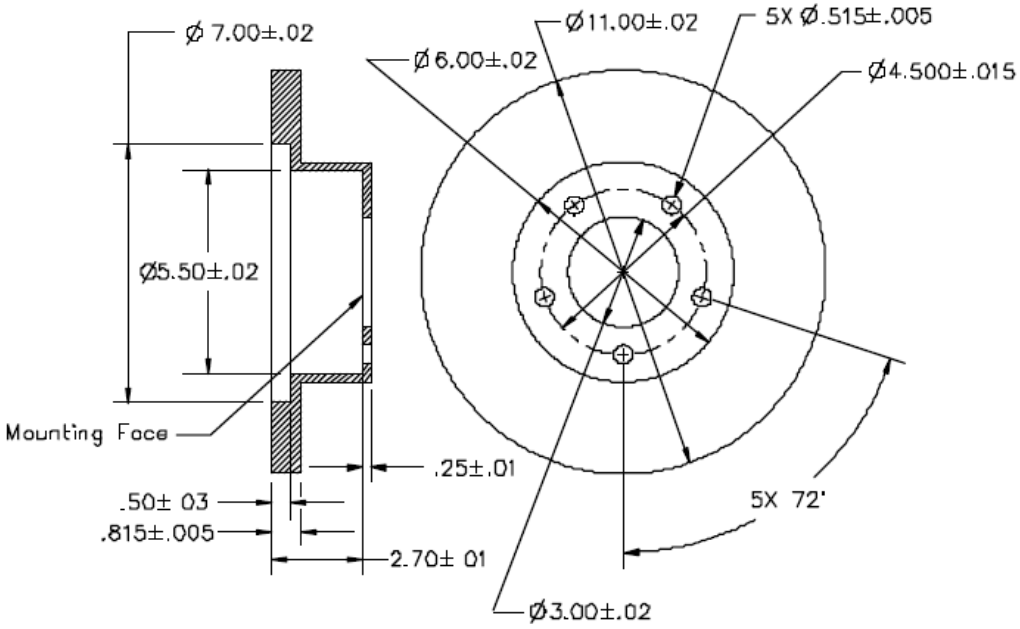
(b) Bilateral tolerancing

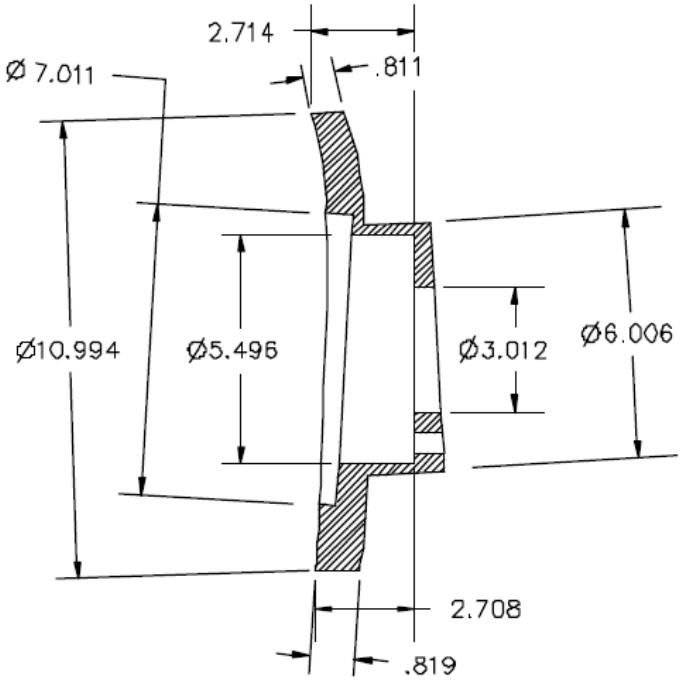
- Symbols for Metric Limits and Fits

(a) $\begin{matrix}29.980\\29.959\end{matrix}$ (30 f7) (b) 30 f7$\left(\begin{matrix}29.980\\29.959\end{matrix}\right)$ (c) 30 f7

การบอกขนาดนั้นเพียงพอหรือไม่?

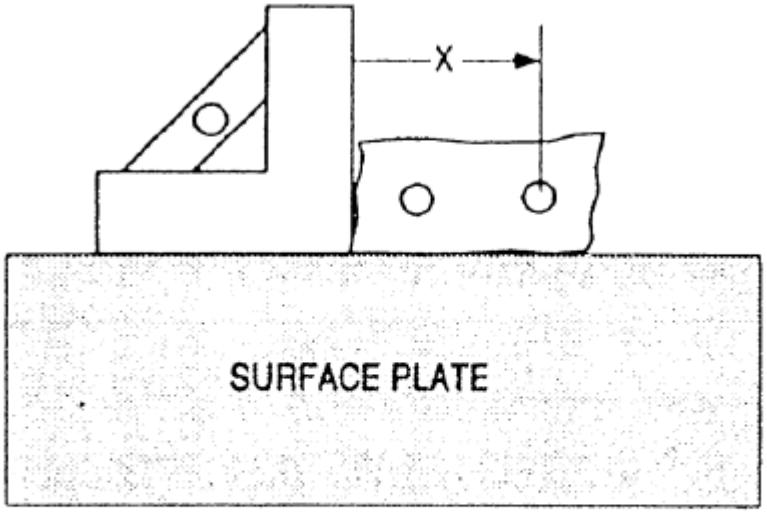
- การบอกเพียงแค่ขนาดนั้นไม่เพียงพอต่อการผลิตจริง เนื่องด้วยการบอกขนาดเพียงอย่างเดียวนั้นไม่แสดงถึงความสัมพันธ์ของแต่ละ Feature





การบอกขนาดนั้นเพียงพอหรือไม่?

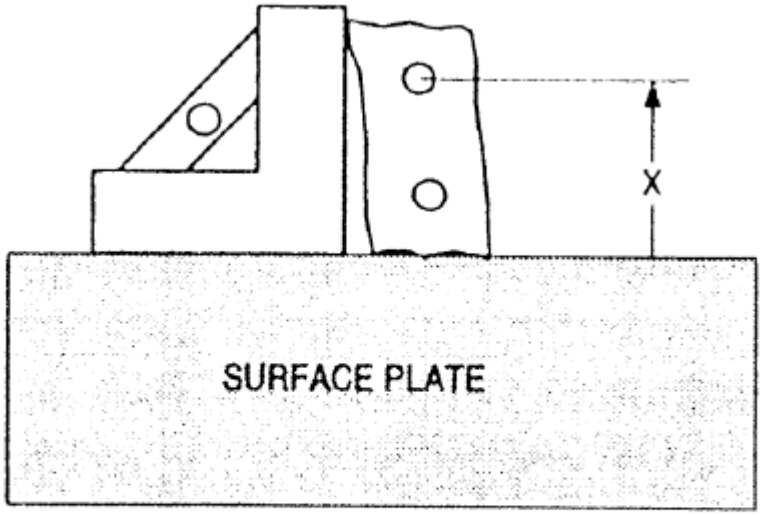
- การบอกเพียงแค่ขนาดเพียงอย่างเดียวนั้นอาจสร้างความสับสนในการตรวจสอบชิ้นงาน



This method for part measurement?

A

OR



This method for part measurement?

B

ความเหมาะสมในการใช้งาน

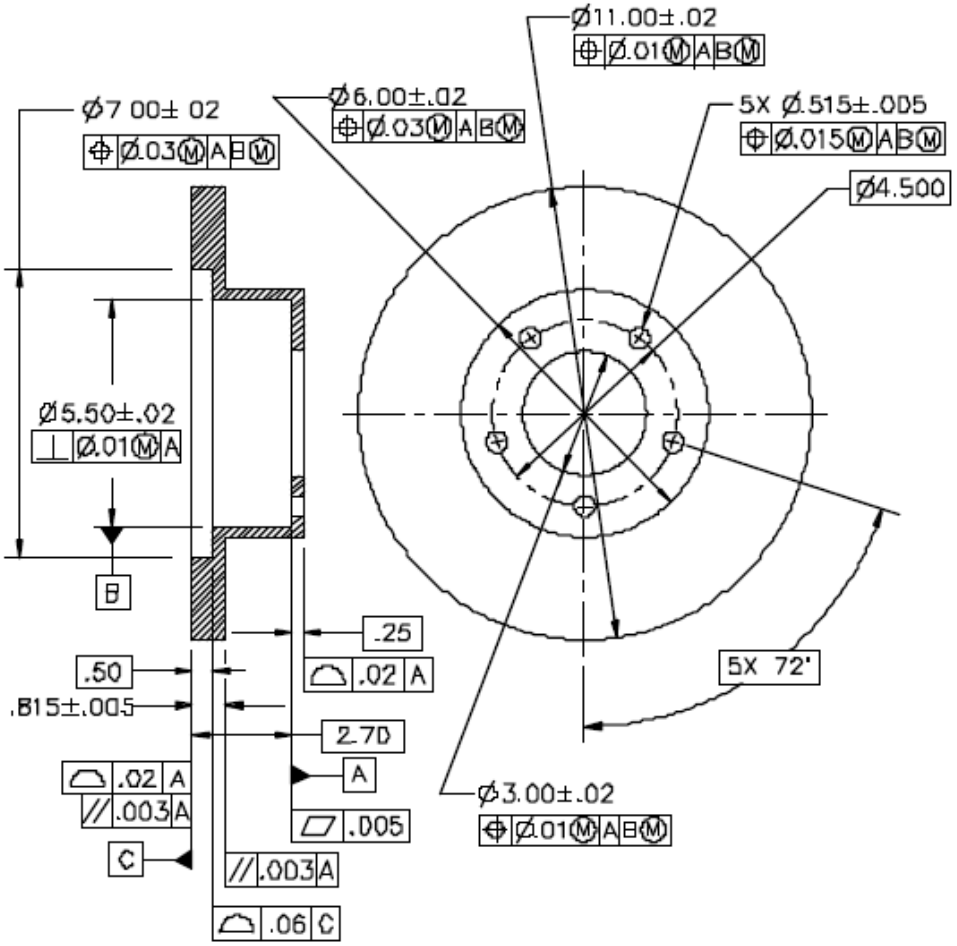
- การบอกพิกัดขนาดเพียงอย่างเดียวอาจไม่สามารถควบคุมชิ้นงานได้ทั้งหมด

Coordinate Dimension Usage		
Type of Dimension	**Appropriate Use**	**Poor Use**
Size	X	
Chamfer	X	
Radius	X	
Locating Part Features		X
Controlling Angular Relationships		X
Defining the Form of Part Features		X

What is GD&T?

- อะไรคือ GD&T?
  - GD&Tย่อมาจาก “Geometric Dimensioning & Tolerancing” เป็นภาษาสัญลักษณ์เพื่อกำหนดความคาดเคลื่อนของ ขนาด (Size), ฟอร์ม (Form), ทิศทาง (Orientation), ตำแหน่ง (Location) ของ features บนชิ้นงาน
  - GD&T สามารถใช้ในการควบคุมความสัมพันธ์ระหว่าง features บนชิ้นงาน
- มาตรฐาน
  - ISO 1101:2017, ASME Y14.5-2018

ตัวอย่างแบบชิ้นงานที่มีการใช้ GD&T



Geometry controls

- การควบคุมลักษณะทางเรขาคณิต (Geometry controls) มีการควบคุมใน 4 เรื่องที่สำคัญ ได้แก่
  - ขนาด (Size)
  - รูปร่าง (Form/Shape)
  - มุม (Angle)
  - ที่ตั้ง (Location)

Feature - Form

ประเภท	ชื่อ	สัญลักษณ์	เดตัม
ค่าพิกัดความเผื่อรูปทรง (Form deviation)	ค่าความตรง (Straightness)		ไม่ต้องการ
	ค่าความราบ (Flatness)		ไม่ต้องการ
	ค่าความกลม (Roundness)		ไม่ต้องการ
	ค่าความเป็นทรงกระบอก (Cylindricity)		ไม่ต้องการ
	ค่าความเป็นเส้นโค้ง (Profile of any line)		ไม่/ต้องการ
	ค่าความเป็นผิวโค้ง (Profile of any surface)		ไม่/ต้องการ

Feature – Orientation

ประเภท	ชื่อ	สัญลักษณ์	เดตัม
ค่าพิกัดความเผื่อทิศทาง (Orientation deviation)	ค่าความขนาน (Parallelism)	//	ต้องการ
	ค่าความตั้งฉาก (Perpendicularity)	⊥	ต้องการ
	ค่าความเป็นมุม (Angularity)	∠	ต้องการ

Feature - Location

ประเภท	ชื่อ	สัญลักษณ์	เดตัม
ค่าพิกัดความเผื่อที่ตั้ง (Location deviation)	ค่าตำแหน่ง (Position)	⌖	ต้องการ
	ค่าความร่วมศูนย์/ร่วมแกน (Concentricity/Coaxiality)	◎	ต้องการ
	ค่าความสมมาตร (Symmetry)	⌯	ต้องการ

Feature – Run-Out

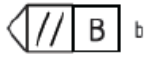
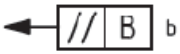
ประเภท	ชื่อ	สัญลักษณ์	เดตัม
ค่าพิกัดความเผื่อรันเอ้าท์ (Run-Out deviation)	ค่ารันเอ้าท์ (Run-Out)		ต้องการ
	ค่ารันเอ้าท์ทั้งหมด (Total Run-Out)		ต้องการ

สัญลักษณ์อื่นๆ

Modifying symbols

TERM	SYMBOL
AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION	Ⓜ
AT LEAST MATERIAL CONDITION	Ⓛ
PROJECTED TOLERANCE ZONE	Ⓟ
FREE STATE	Ⓕ
TANGENT PLANE	Ⓣ
DIAMETER	Ø
SPHERICAL DIAMETER	SØ
RADIUS	R
SPHERICAL RADIUS	SR
CONTROLLED RADIUS	CR
REFERENCE	( )
ARC LENGTH	⌒
STATISTICAL TOLERANCE	⟨ST⟩
BETWEEN	◄►

Auxiliary feature indicators

Any cross-section	ACS
Intersection plane indicator	
Orientation plane indicator	
Direction feature indicator	
Collection plane indicator	

Geometry controls

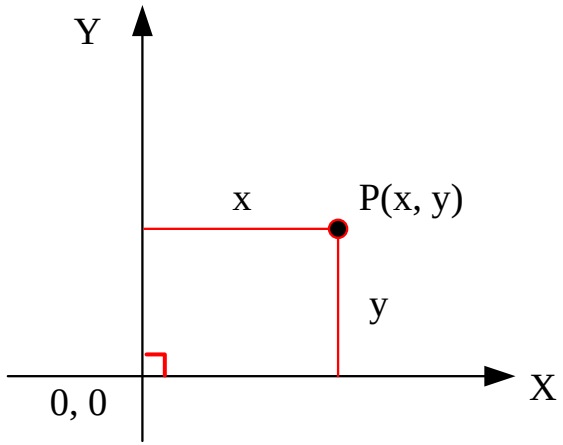
- ลักษณะทางเรขาคณิตที่กล่าวมา จะมีการควบคุมใน 3 รูปแบบ ได้แก่
  - การควบคุมผิว (Surface controls)
    - เป็นการควบคุมรูปร่างของผิว ตัวอย่างเช่น flatness, straightness, circularity, cylindricity, profile, runout, perpendicularity, angularity and parallelism.
  - การควบคุมแกน (Axis controls)
    - เป็นการควบคุมรูปร่าง ทิศทาง มุม หรือตำแหน่งของแกน ที่โดยส่วนใหญ่จะมีลักษณะกลม เช่น position, perpendicularity, angularity, parallelism, straightness, concentricity
  - การควบคุมกลางระนาบ (Center plane controls)

Geometry controls

- ลักษณะทางเรขาคณิตที่กล่าวมา จะมีการควบคุมใน 3 รูปแบบ ได้แก่
  - การควบคุมกลางระนาบ (Center plane controls)
    - เป็นการควบคุมและจำกัดขอบเขตความกว้างของระนาบ เช่น position, perpendicularity, angularity, flatness, symmetry

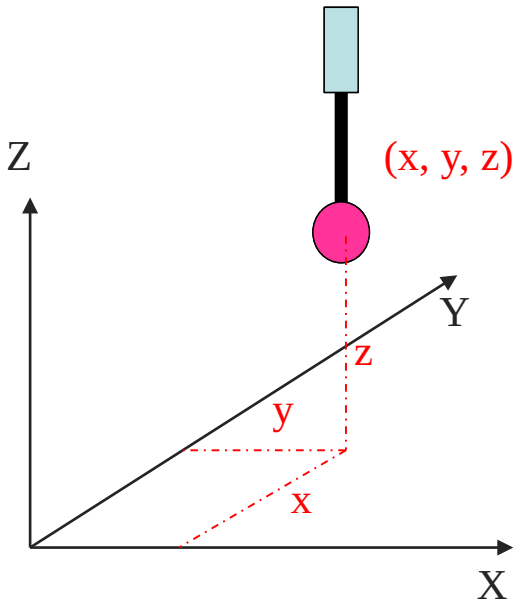
ระบบพิกัดชิ้นงาน

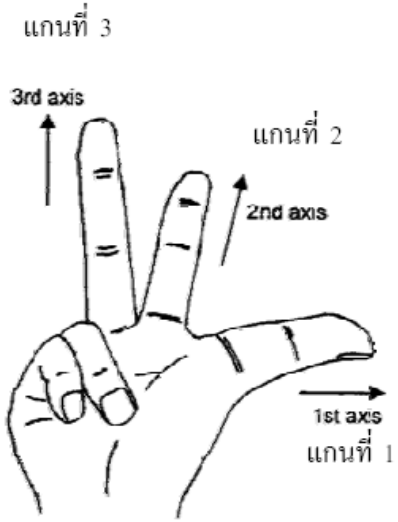
- ระบบพิกัดฉาก 2 มิติ (2D Cartesian Coordinate System)
  - ระบบพิกัดตามแนวแกนหรือระนาบที่ตั้งฉากกันสองแนว



ระบบพิกัดชิ้นงาน

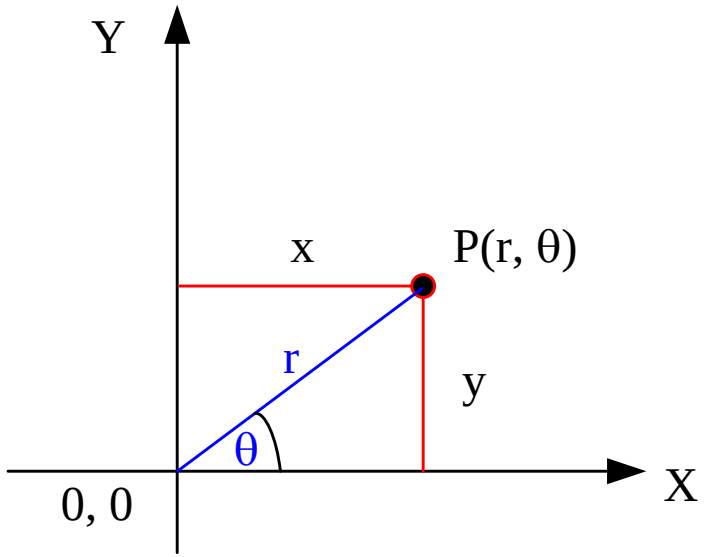
- ระบบพิกัดฉาก 3 มิติ (Cartesian Coordinate System)
  - กำหนดด้วยแกน 3 แกนซึ่งตั้งฉากกันคือแกน X, Y, Z โดยทิศทางของแกนเรียงตาม “กฎมือขวา”





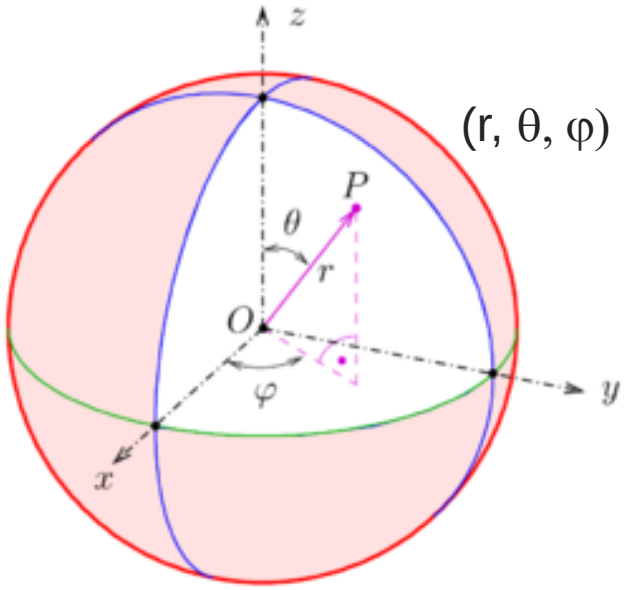
ระบบพิกัดชิ้นงาน

- ระบบเชิงขั้ว (Polar Coordinate System)
  - กำหนดตำแหน่งด้วยพิกัด 2 ส่วนคือ
    - พิกัด r รัศมีวัดจากจุดกำเนิดถึงตำแหน่งที่สนใจ
    - พิกัด θ วัดจากแกน X ไปยังแนวของ r



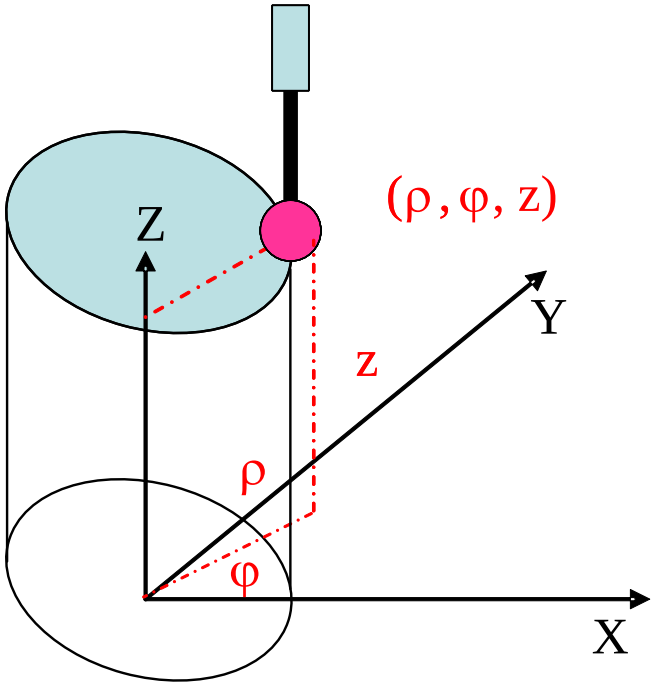
ระบบพิกัดชิ้นงาน

- ระบบพิกัดทรงกลม (Spherical Coordinate System)
  - กำหนดตำแหน่งด้วยพิกัด 3 ส่วนคือ
    - พิกัด r รัศมีของทรงกลม วัดจากจุดกำเนิด
    - พิกัด θ วัดจากแกน Z ไปยังแนวของ r
    - พิกัด φ วัดในทิศทวนเข็มนาฬิกา จาก แกน x ไปยังแนวของ r ในระนาบ XY



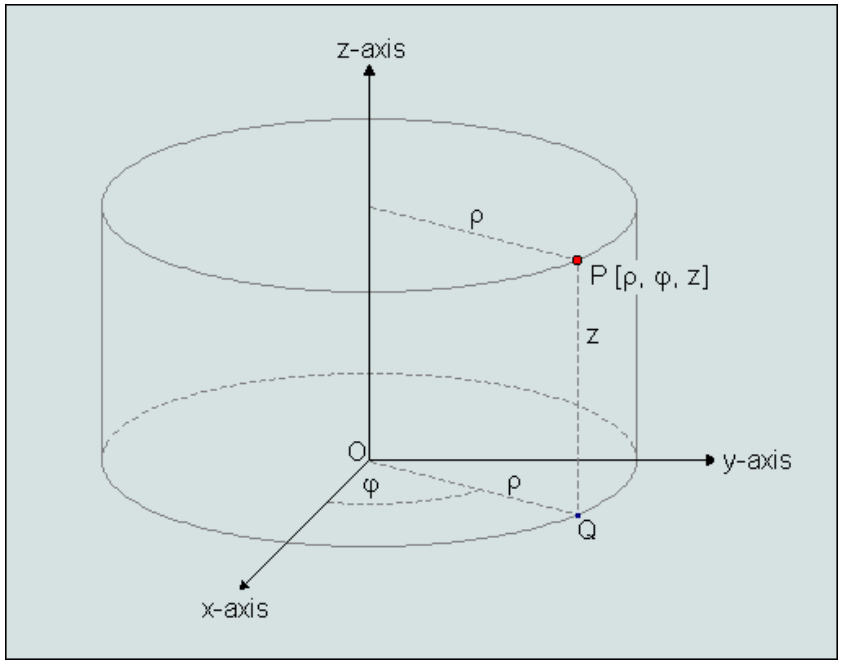
ระบบพิกัดชิ้นงาน

- ระบบพิกัดทรงกระบอก (Cylindrical Coordinate System)
  - กำหนดตำแหน่งด้วยพิกัด 3 ส่วนคือ
    - พิกัด ρ รัศมีของทรงกระบอก วัดจากแกน z ในแนวขนานกับระนาบ XY
    - พิกัด φ วัดในทิศทวนเข็มนาฬิกาจากแกน X ไปยังแนวของ ρ
    - พิกัด z ค่าตำแหน่งในแนวแกน Z



Coordinate Transformation

ความสัมพันธ์ระหว่างระบบพิกัดฉากกับพิกัดทรงกระบอก



ตัวแปรในระบบพิกัดทรงกระบอกสามารถเขียนให้อยู่ในเทอมระบบพิกัดคาร์เทเซียน ได้ดังนี้

ตัวแปรในระบบพิกัดคาร์ทีเซียนสามารถเขียนให้อยู่ในเทอม

$$x = \rho\cos\varphi$$

$$y = \rho\sin\varphi$$

$$z = z$$

$$\rho = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$$

$$z = z$$

Coordinate Transformation

ความสัมพันธ์ระหว่างระบบพิกัดฉากกับพิกัดทรงกลม

ตัวแปรในระบบพิกัดคาร์ทีเซียนสามารถเขียนให้อยู่ในเทอมของพิกัดทรงกลมดังนี้

$$x = r\sin\theta\cos\varphi$$

$$y = r\sin\theta\sin\phi$$

$$z = r\cos\theta$$

ตัวแปรในระบบพิกัดทรงกลมสามารถเขียนให้อยู่ในเทอมของระบบพิกัดคาร์ทีเซียน

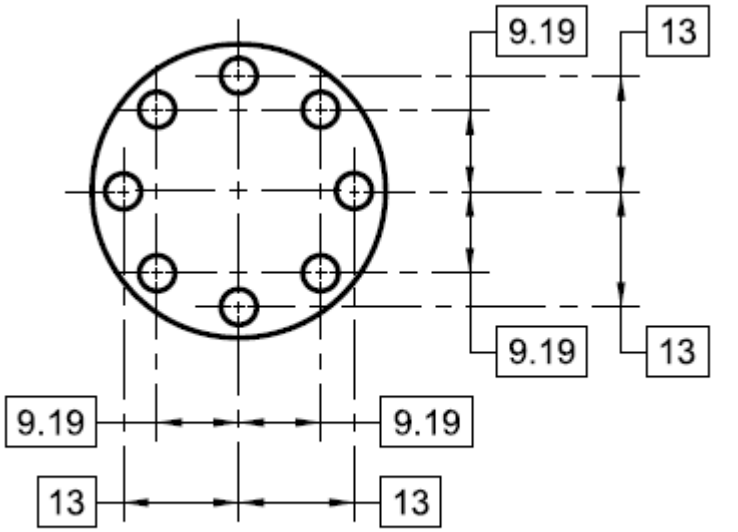
$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \qquad (r \geq 0)$$

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}\right) \qquad (0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ)$$

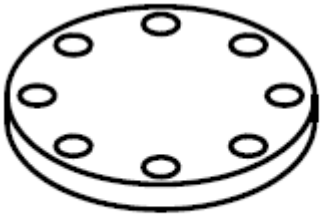
$$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$$

Basic dimension

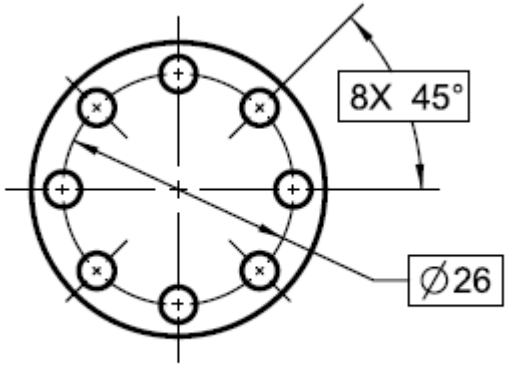
- Basic dimension สามารถถูกกำหนดได้จากรูปแบบของระบบพิกัดชิ้นงาน



Basic dimensions in rectangular coordinates



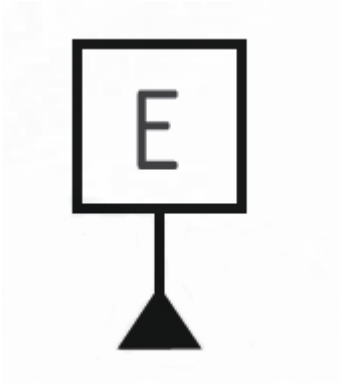
Basic dimensions in the model



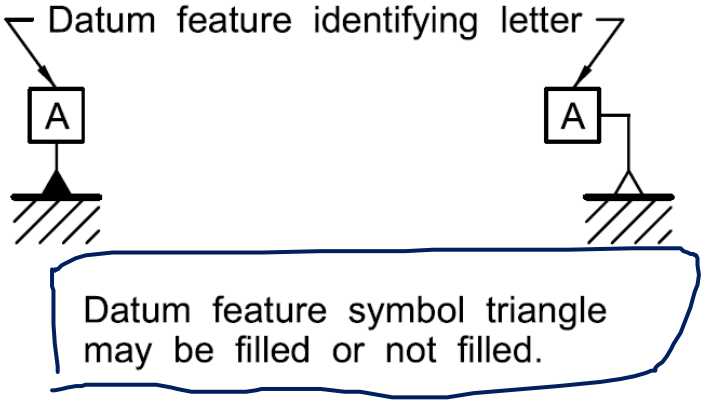
Basic dimensions in polar coordinates

เดตัม (Datum)

- จุด เส้น ระนาบหรือพื้นผิวที่ใช้ในการอ้างอิงการวัดตำแหน่งของขนาดต่างๆ ที่ทำให้การผลิตชิ้นส่วนมีความสมบูรณ์ทั้งในด้านรูปร่าง ขนาด ระยะ และตำแหน่ง



ISO 1101

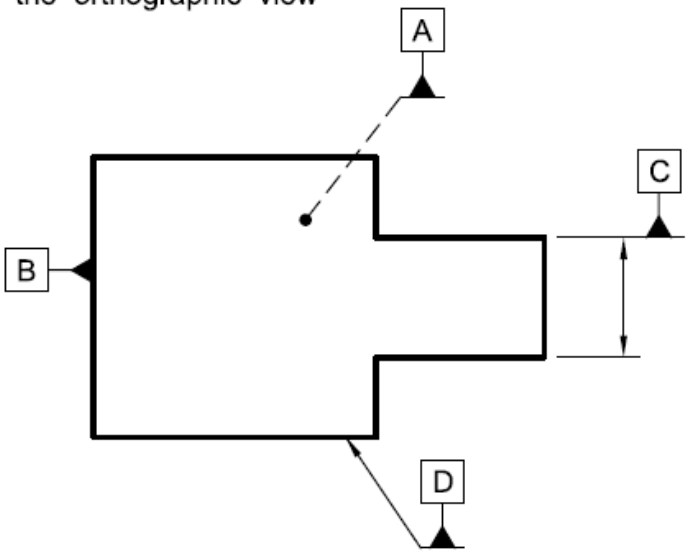


ASME Y14.5M

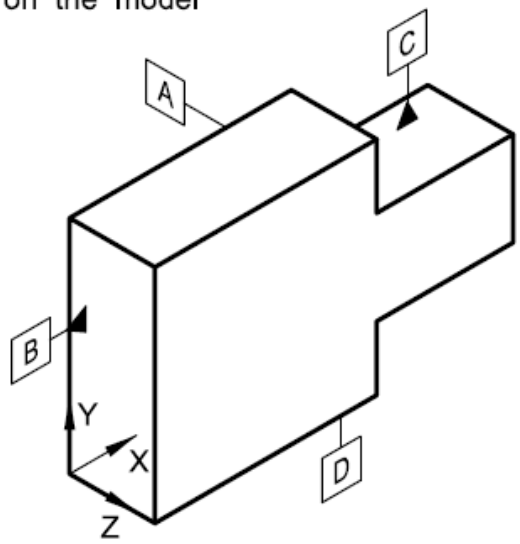
เดตัม (Datum)

- Datum feature symbols on a feature surface and an extension line

This on the orthographic view

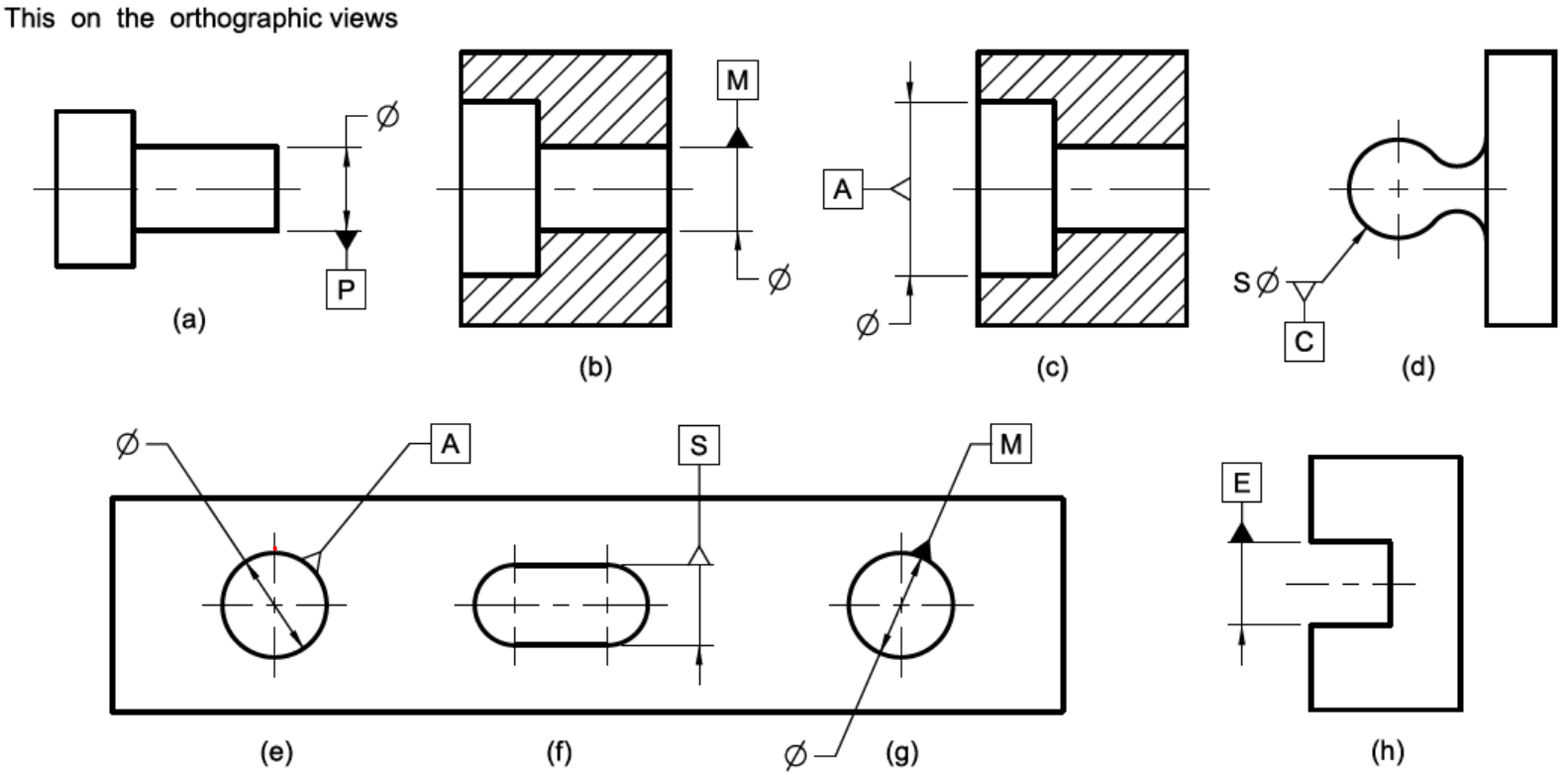


or this on the model



เดตัม (Datum)

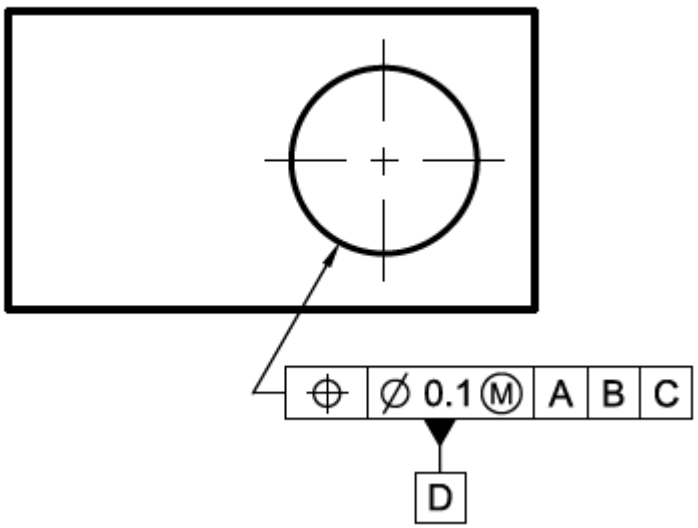
- Datum feature symbols on features of size



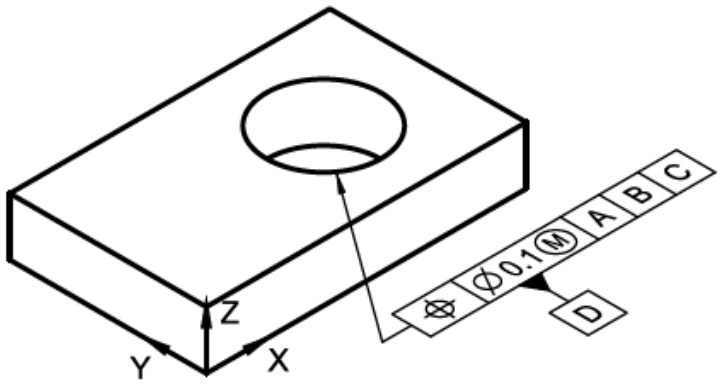
เดตัม (Datum)

- Datum feature symbol in conjunction with a feature control frame

This on the orthographic view



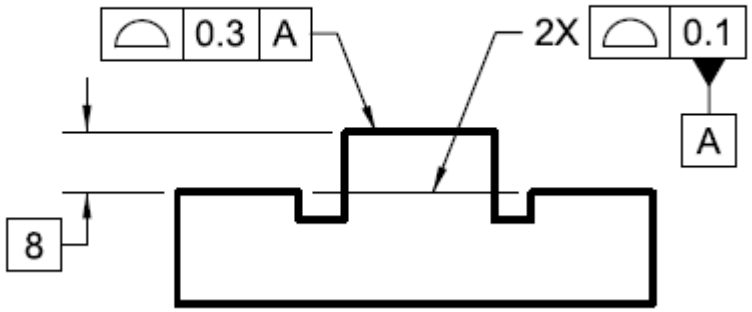
or this on the model



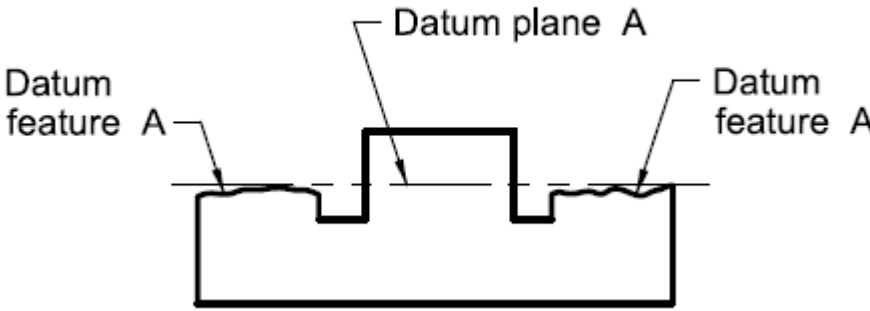
เดตัม (Datum)

- Two datum features establishing a single datum plane

This on the orthographic view

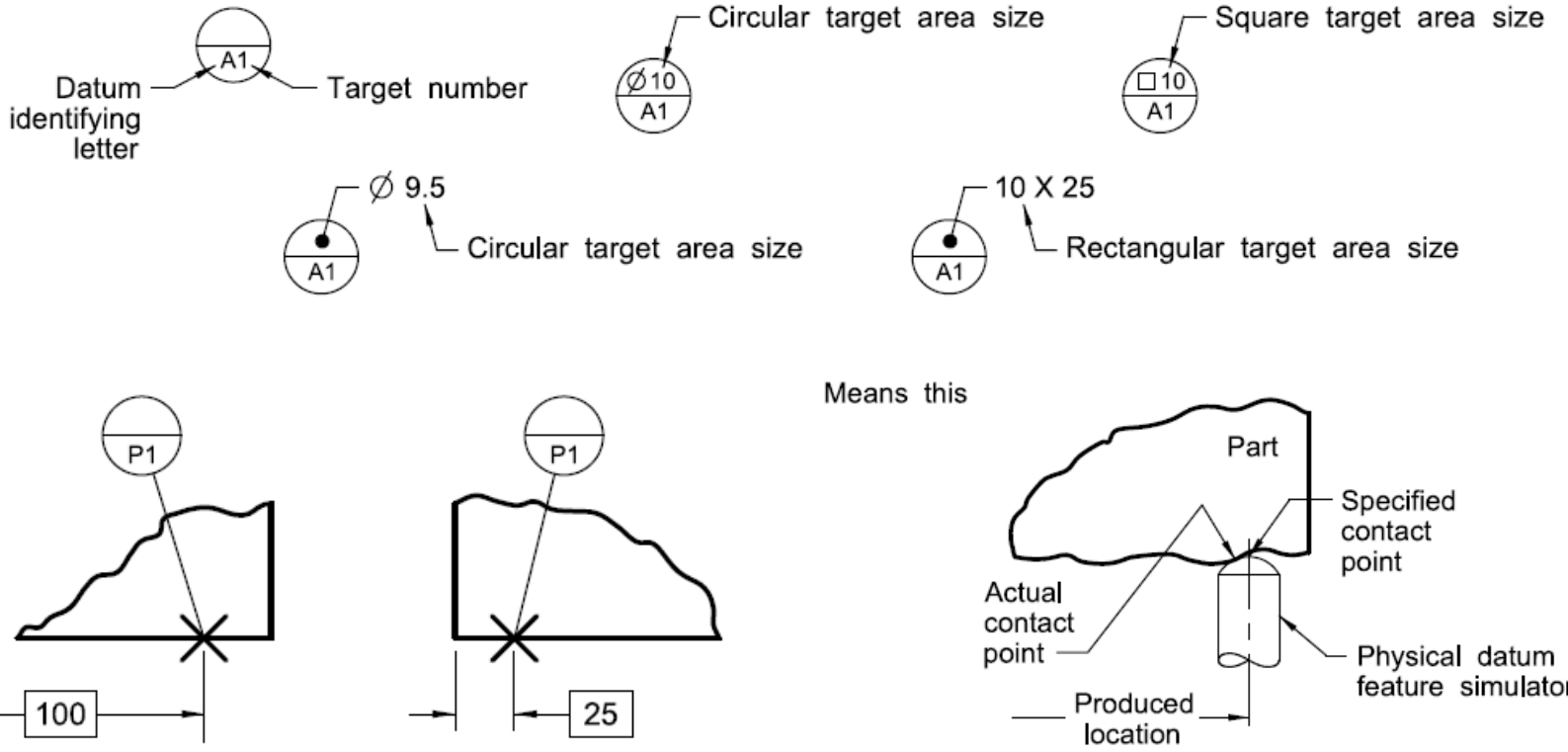


Means this



เดตัม (Datum)

- Datum target

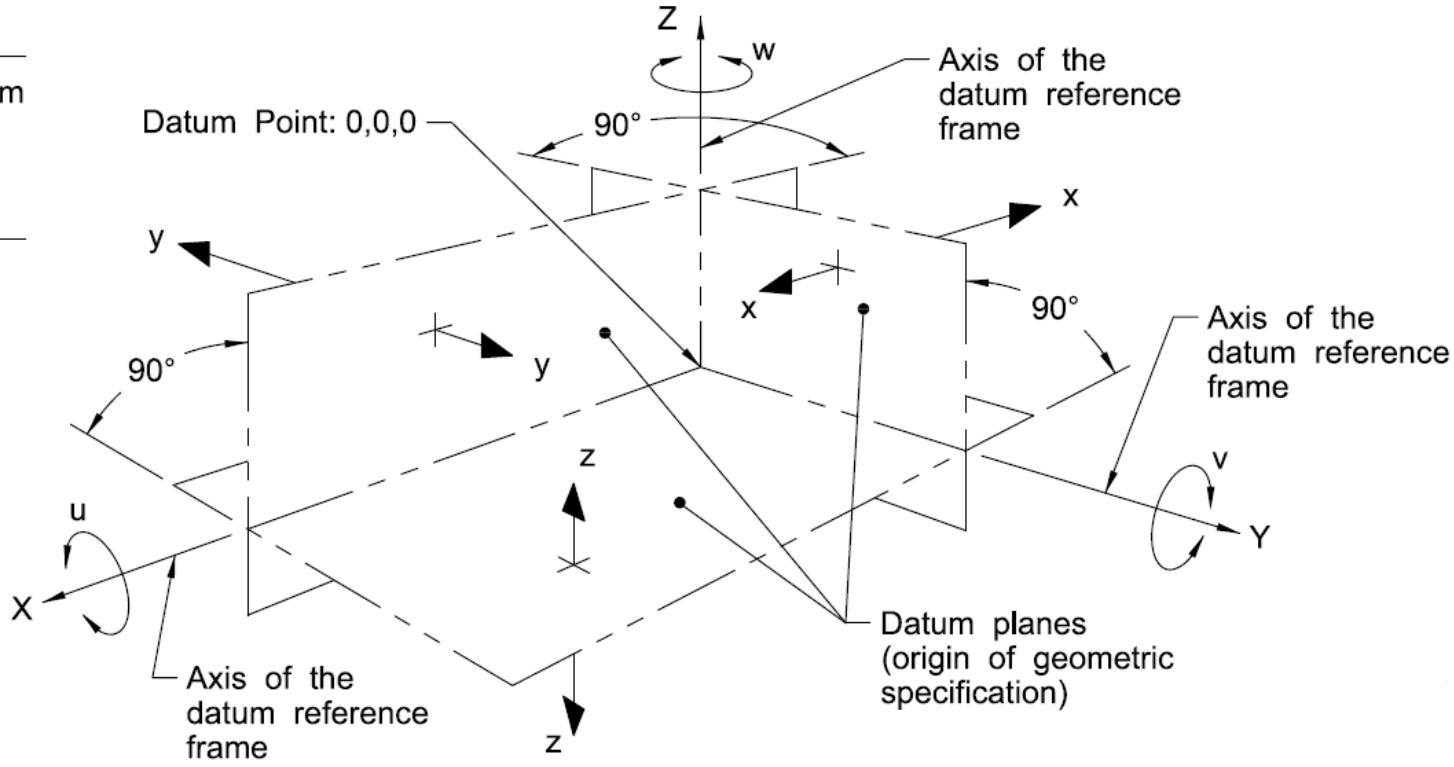


Datum reference frame

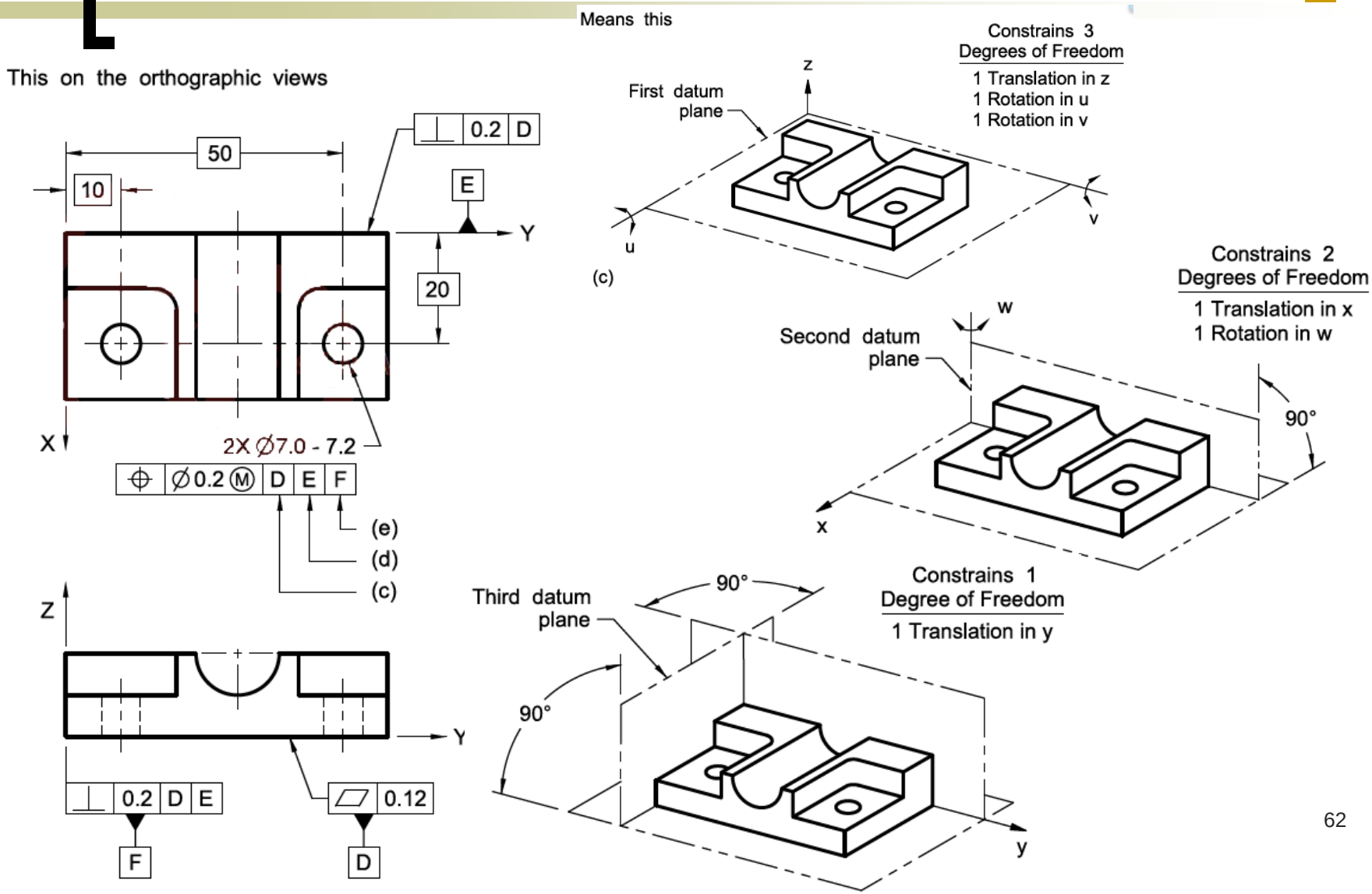
Degrees of Freedom

Translational Freedom
x = Along X Axis
y = Along Y Axis
z = Along Z Axis

Rotational Freedom
u = About X Axis
v = About Y Axis
w = About Z Axis



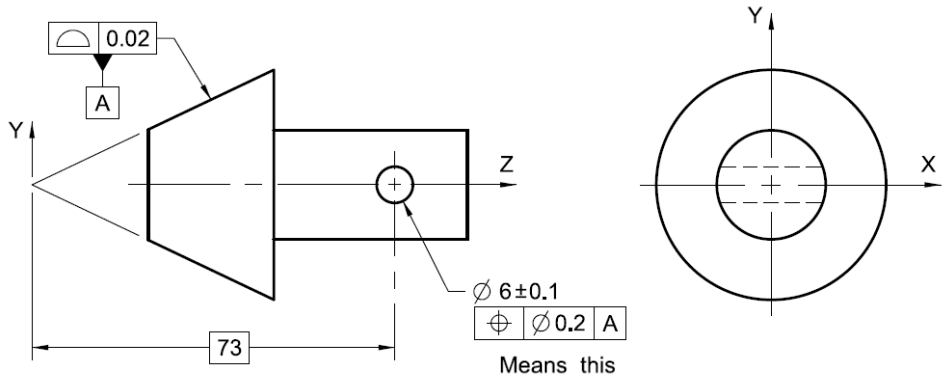
Sequence of datum reference frame

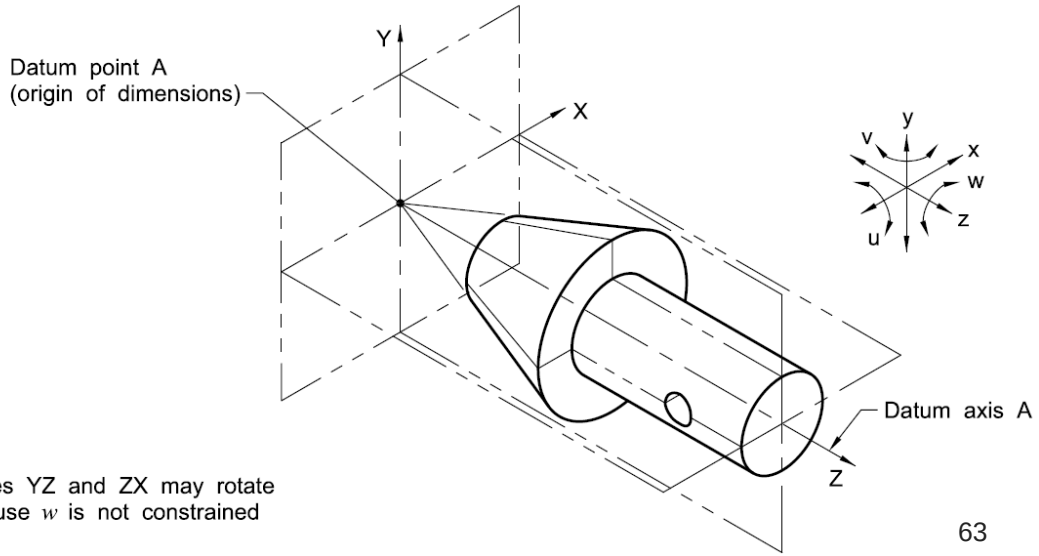


Conical Datum Feature Referenced

- Constrain Five Degrees of Freedom

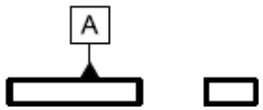
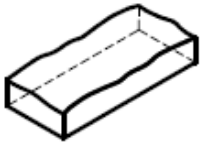
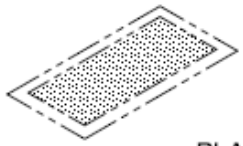
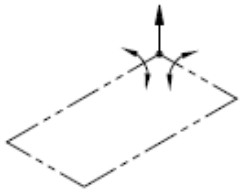
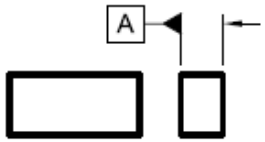
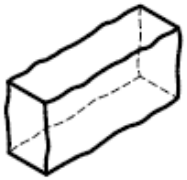
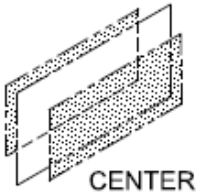
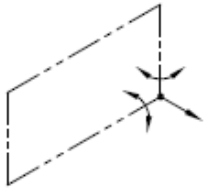
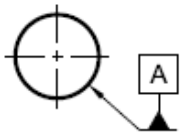
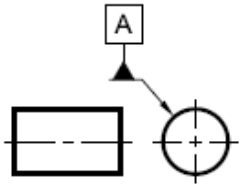
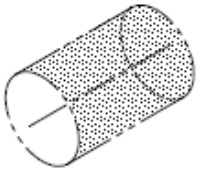
This on the orthographic views



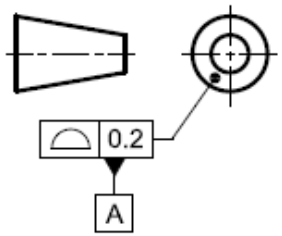
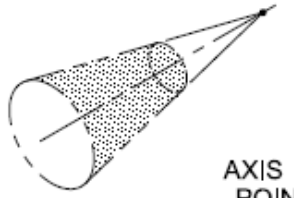
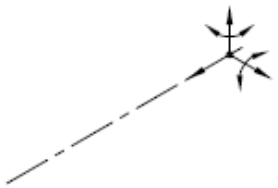
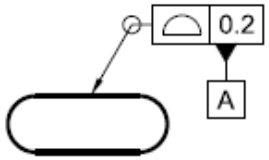
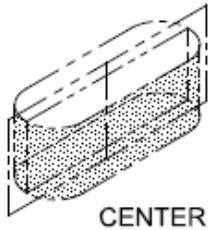
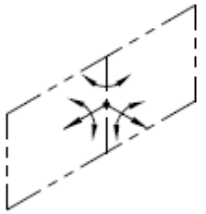
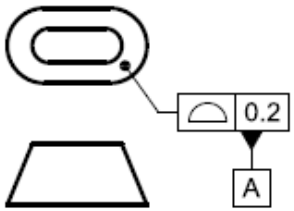
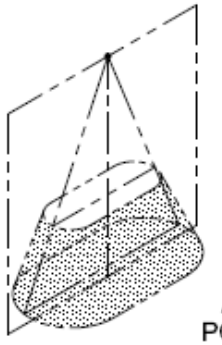
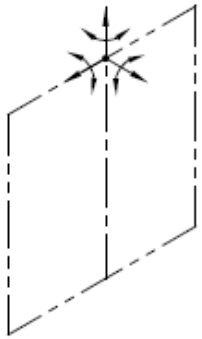


Planes YZ and ZX may rotate because w is not constrained

Constrained Degrees of Freedom for Primary Datum Features

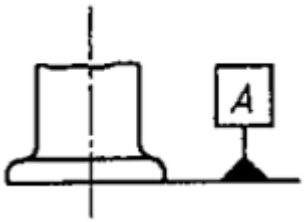
FEATURE TYPE	ON THE DRAWING	DATUM FEATURE	DATUM AND TRUE GEOMETRIC COUNTERPART	DATUM AND CONSTRAINING DEGREES OF FREEDOM
PLANAR (a)			 PLANE	
WIDTH (b)			 CENTER PLANE	
SPHERICAL (c)			POINT	
CYLINDRICAL (d)			 AXIS	

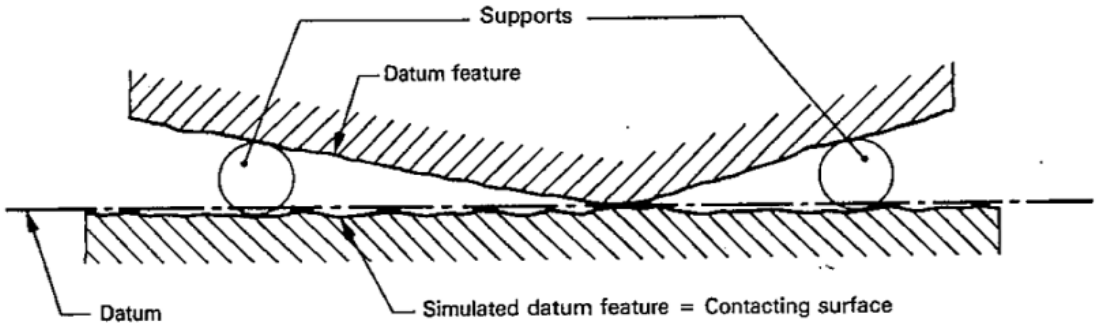
Constrained Degrees of Freedom for Primary Datum Features

CONICAL (e)				
LINEAR EXTRUDED SHAPE (f)				
COMPLEX (g)				

เดตัม (Datum)

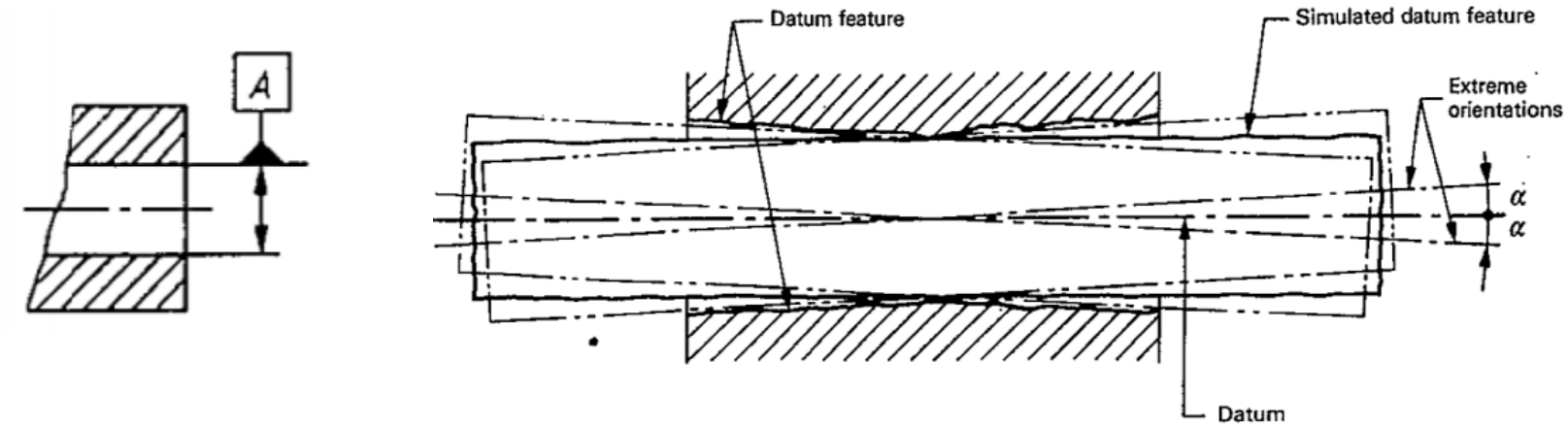
- เดตัมแบบเส้นหรือระนาบ (Datum being a straight line or a plane)





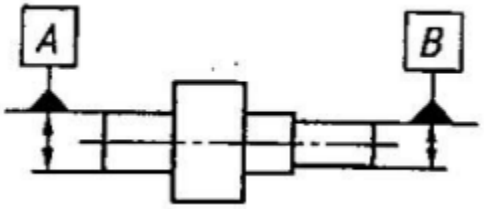
เดตัม (Datum)

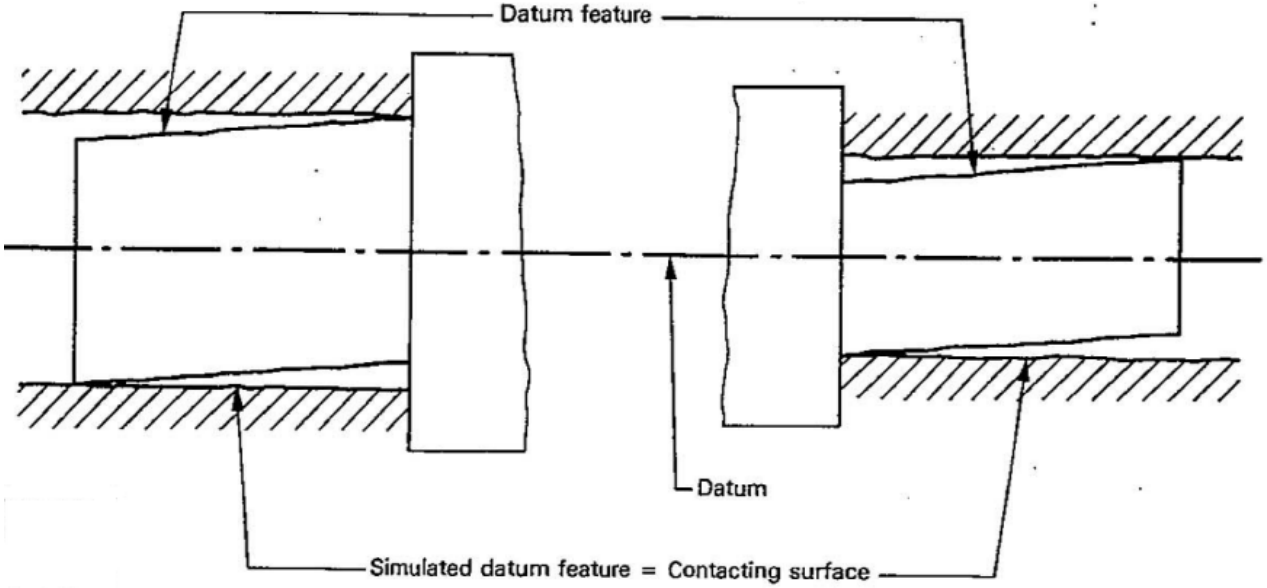
- เดตัมแบบแกนทรงกระบอก (Datum being the axis of a cylinder)



เดตัม (Datum)

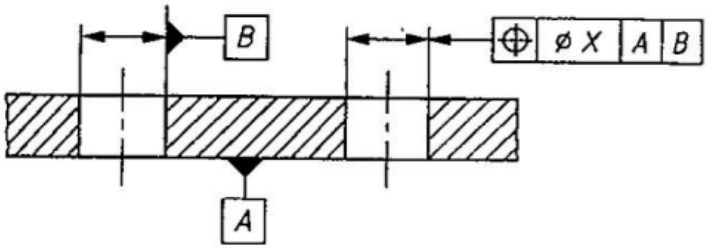
- เดตัมแบบร่วมแกนหรือร่วมระนาบ (Datum being the common axis or a common median plane)

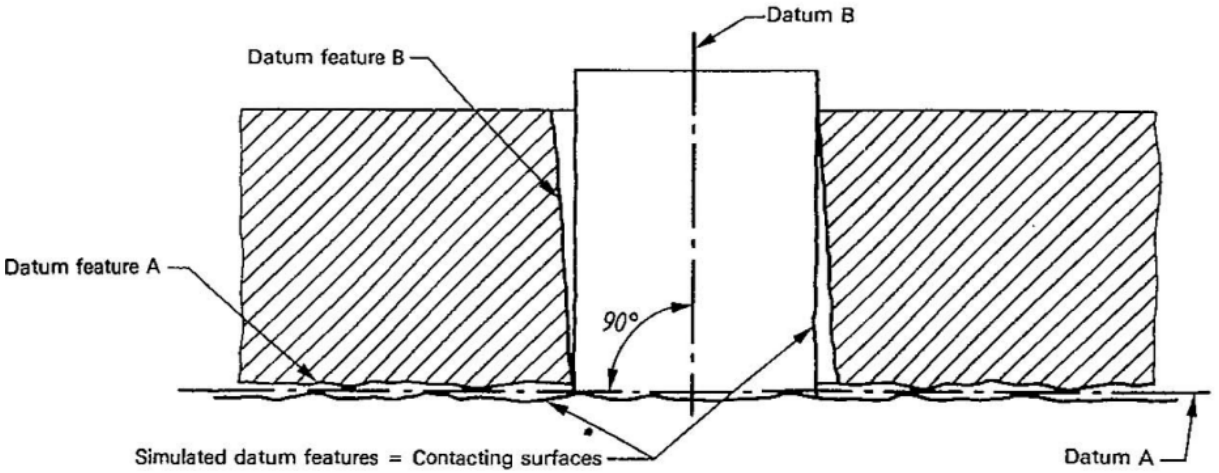




เดตัม (Datum)

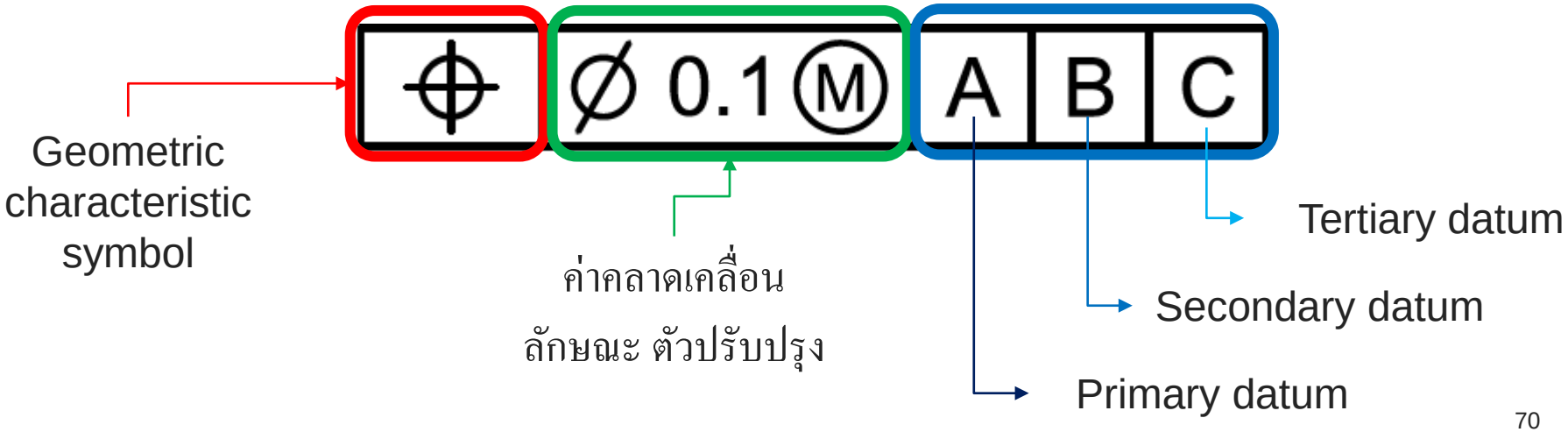
- เดตัมแบบแกนทรงกระบอกตั้งฉากกับระนาบ (Datum being the axis of a cylinder and perpendicular to a plane)



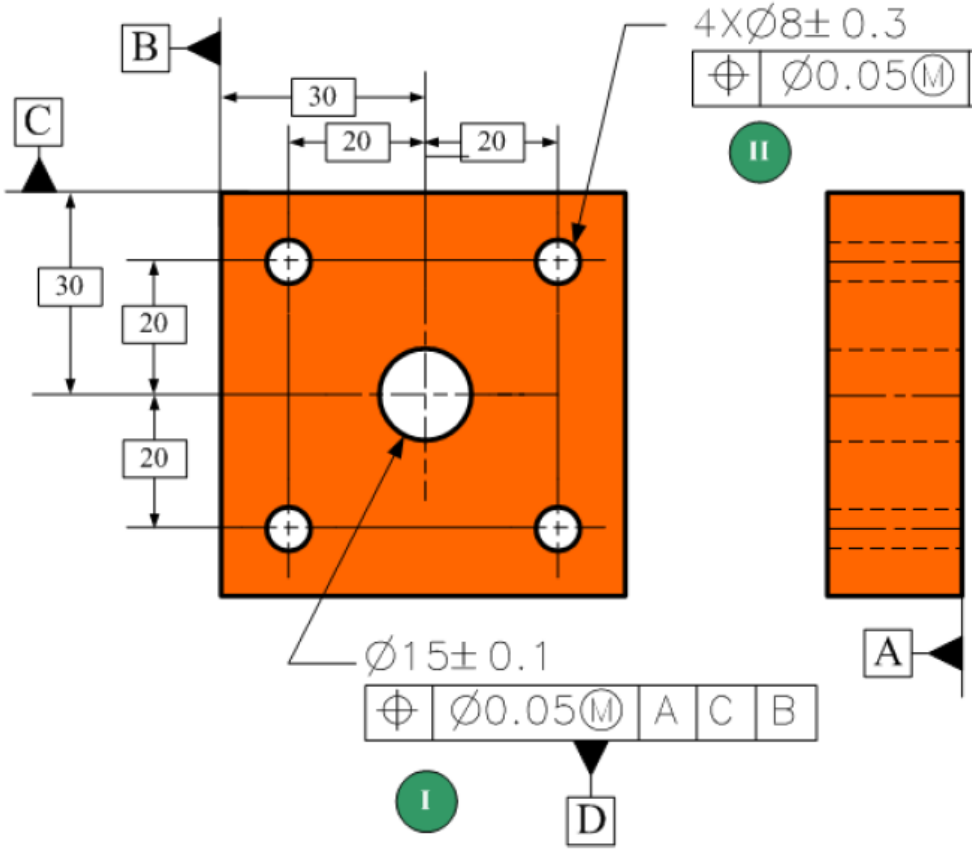


Control frame

- คือ พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมที่ประกอบด้วยสัญลักษณ์ทางเรขาคณิต (geometric characteristic symbol) ตามด้วย ค่าคลาดเคลื่อน ลักษณะ ตัวปรับปรุง (modifiers) และ เดตัมที่อ้างอิงหากมีการใช้งาน



การอ่านกรอบควบคุม



I

⌖ ตำแหน่ง

Ø ของเส้นผ่านศูนย์กลางแกน

0.05 ต้องอยู่ภายใน 0.05 mm

Ⓜ ถ้าถูกสร้างภายใต้เงื่อนไขวัสดุมากสุด

A ซึ่งสัมพันธ์กับดาตัม A สำหรับความฉาก

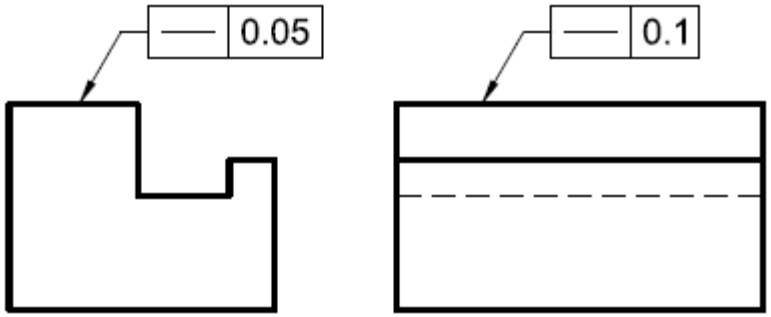
C สัมพันธ์กับดาตัม C สำหรับตำแหน่ง (30 mm)

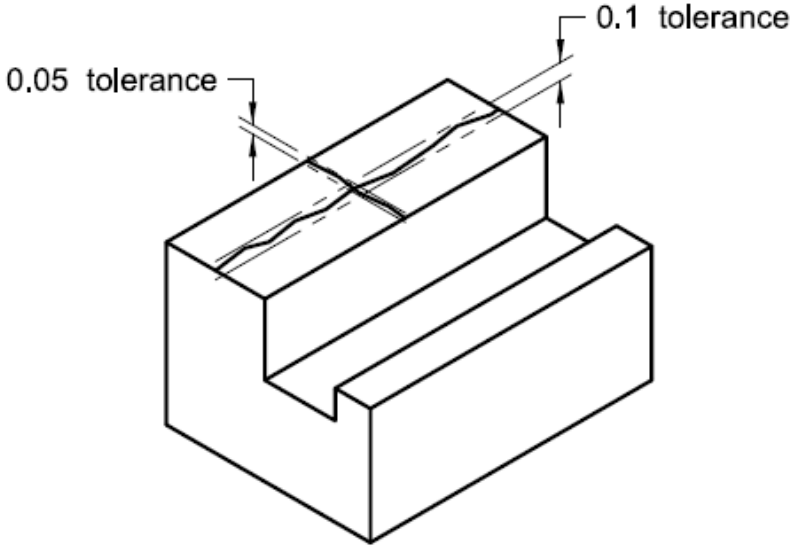
B สัมพันธ์กับดาตัม B สำหรับตำแหน่ง (30 mm)

ค่าความตรง (Straightness)

- ในกรณีที่ชิ้นงานมีลักษณะเป็นผิวเรียบ ค่าความตรงจะถูกพิจารณาในเส้นตรงสองเส้นที่อยู่ในระนาบ

This on the orthographic views

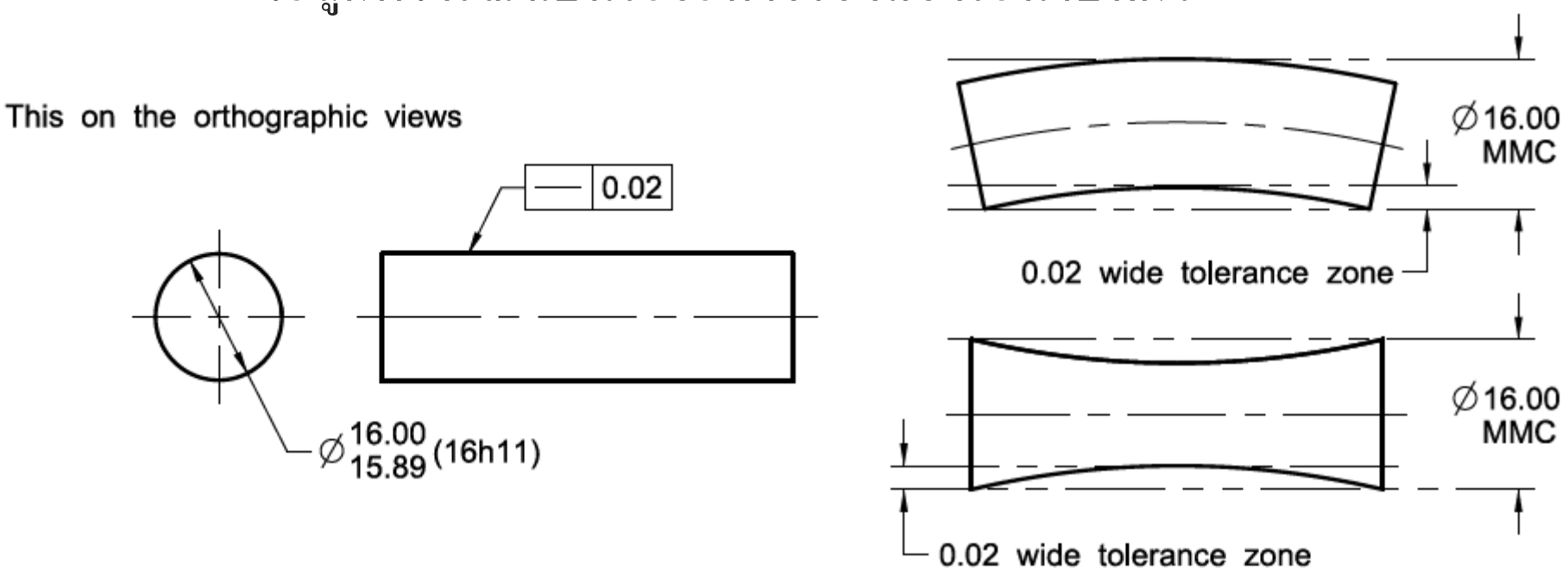




Each longitudinal element of the surface shall be within two parallel lines 0.05 apart in the left view and 0.1 in the right view of the drawing.

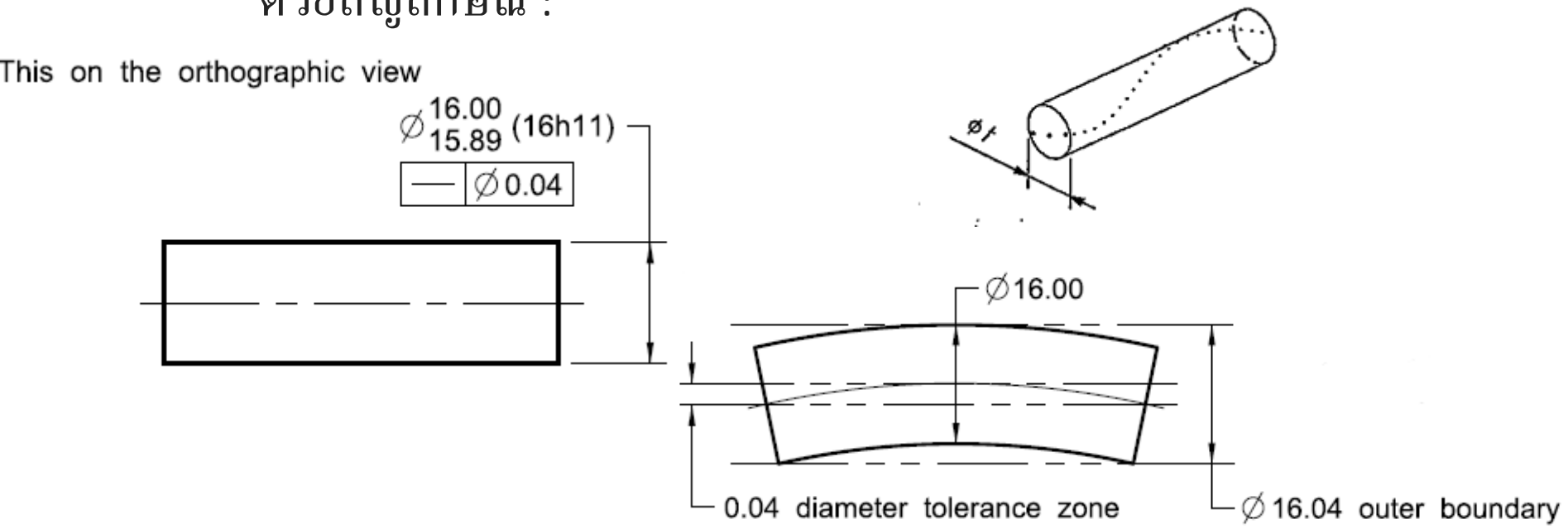
ค่าความตรง (Straightness)

- ในกรณีของการหาค่าความตรงที่ผิวของทรงกระบอก ค่าความตรงจะถูกพิจารณาเป็นระยะห่างของสองระนาบที่ผิว



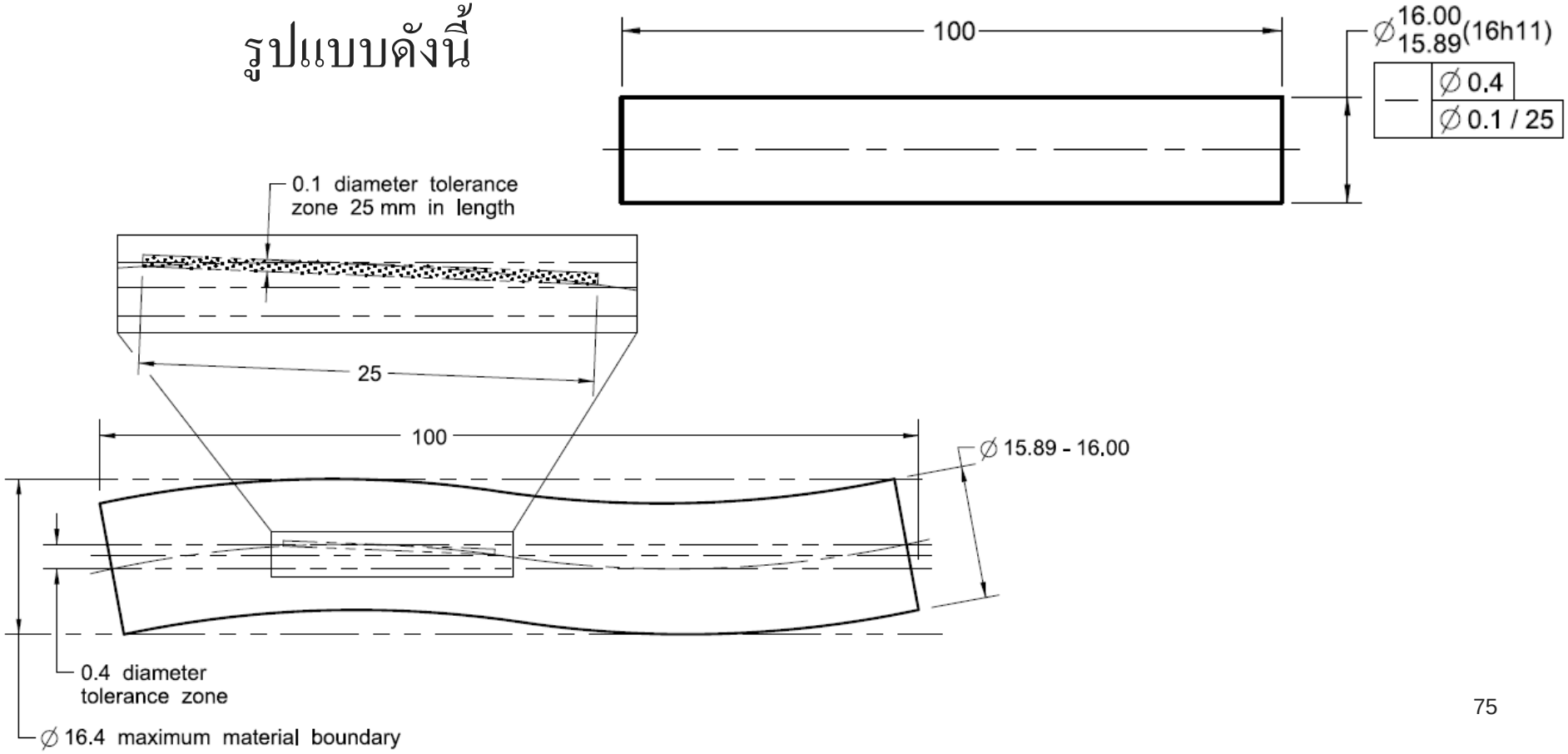
ค่าความตรง (Straightness)

- ในกรณีที่กำหนดค่าความผิดพลาดที่อยู่ในรูปแบบวงกลมหรือทรงกระบอก เช่น แกนเพลา ค่าความคลาดเคลื่อนจะถูกกำหนดด้วยสัญลักษณ์ :



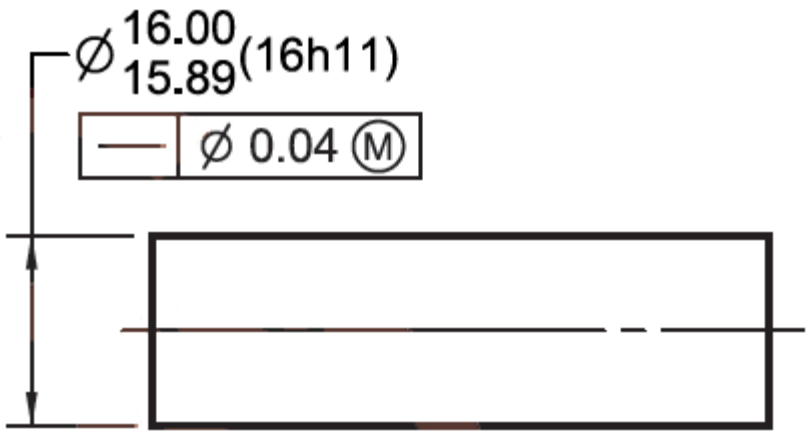
ค่าความตรง (Straightness)

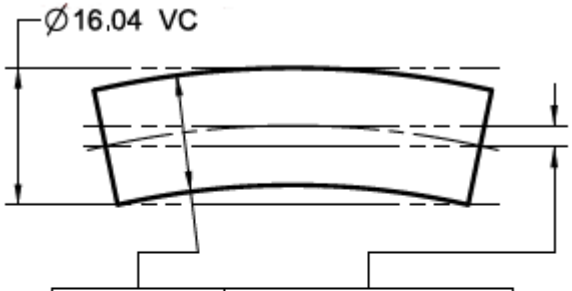
- ในกรณีที่กำหนดค่าความผิดพลาดต่อความยาวด้วย จะถูกระบุในรูปแบบดังนี้



ค่าความตรง (Straightness)

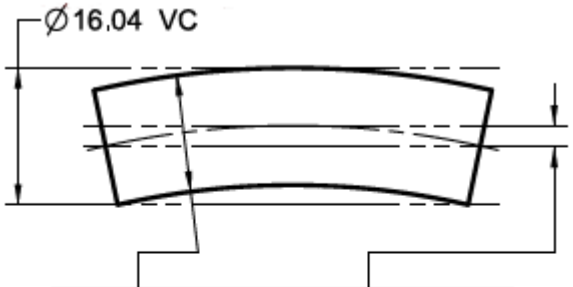
- Specifying Straightness at MMC



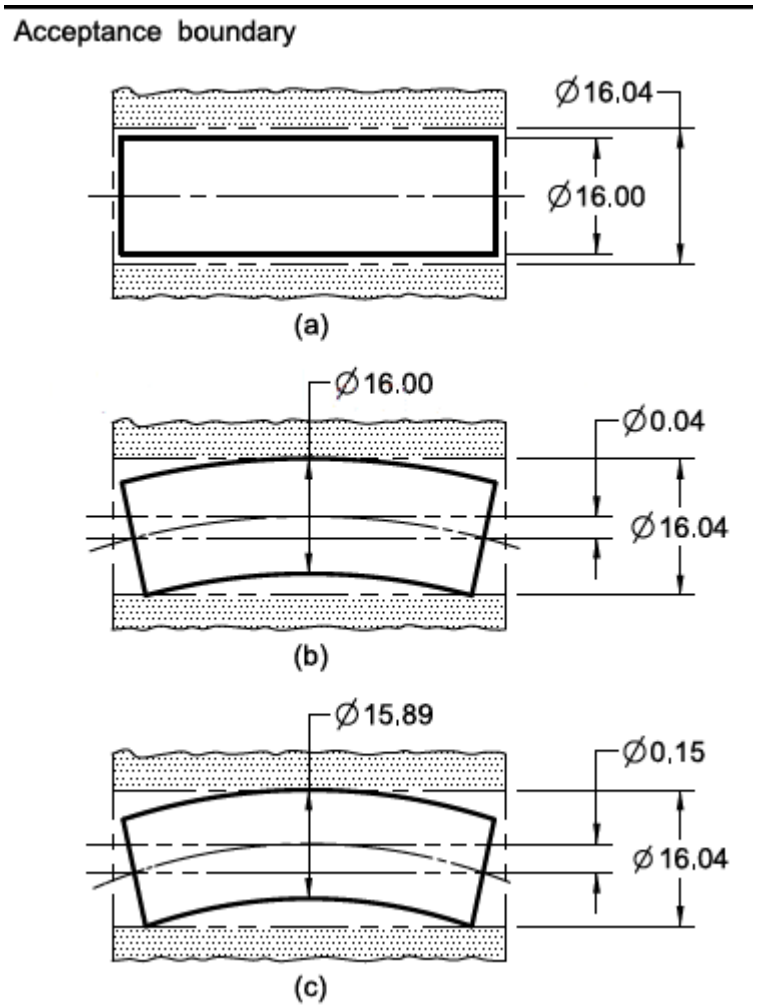


Feature size	Diameter tolerance zone allowed
16.00	0.04
15.99	0.05
15.98	0.06
↓	↓
15.90	0.14
15.89	0.15

ค่าความตรง (Straightness)

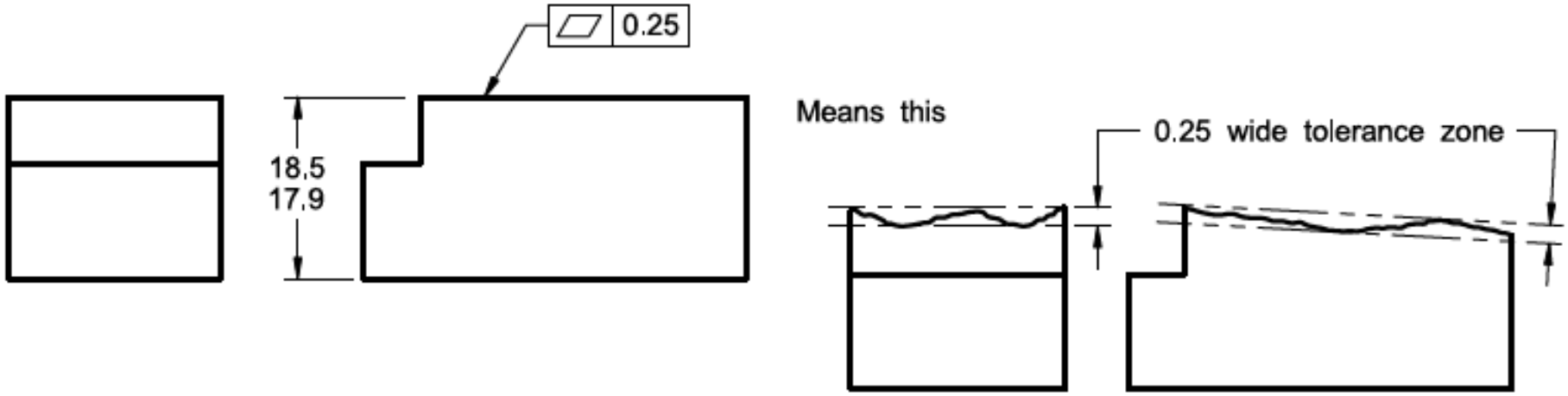


Feature size	Diameter tolerance zone allowed
16.00	0.04
15.99	0.05
15.98	0.06
↓	↓
15.90	0.14
15.89	0.15



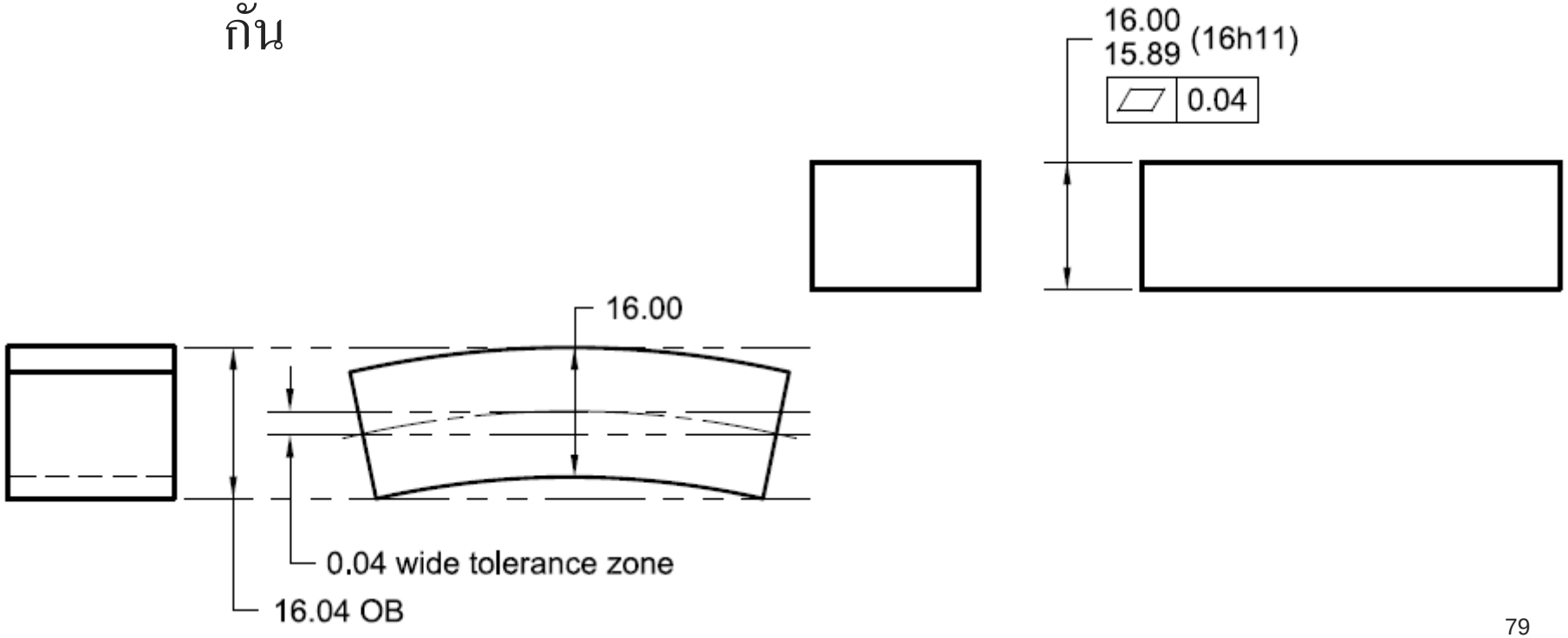
ค่าความเรียบ (Flatness)

- ค่าความเรียบจะถูกพิจารณาโดยเป็นระยะห่างที่น้อยที่สุดระหว่างสองระนาบที่ขนานกัน



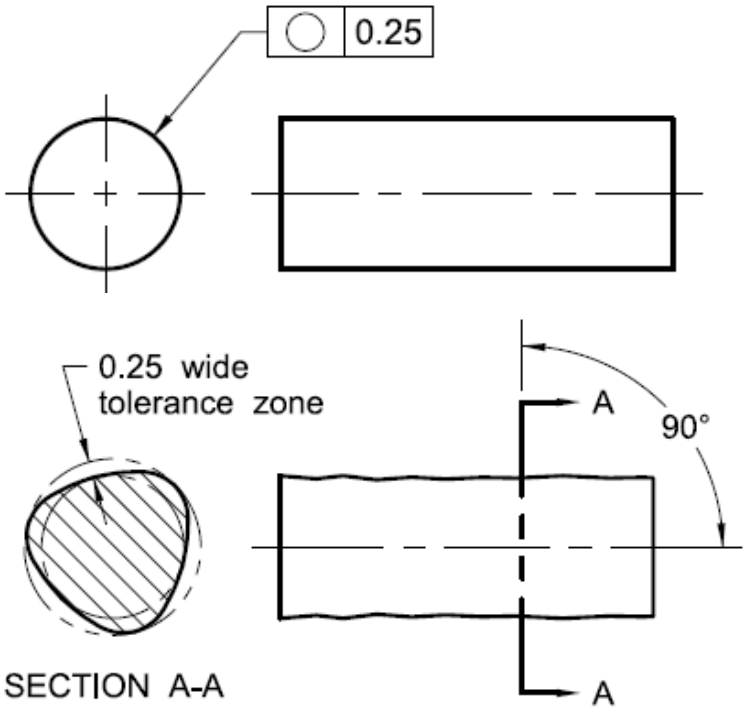
ค่าความเรียบ (Flatness)

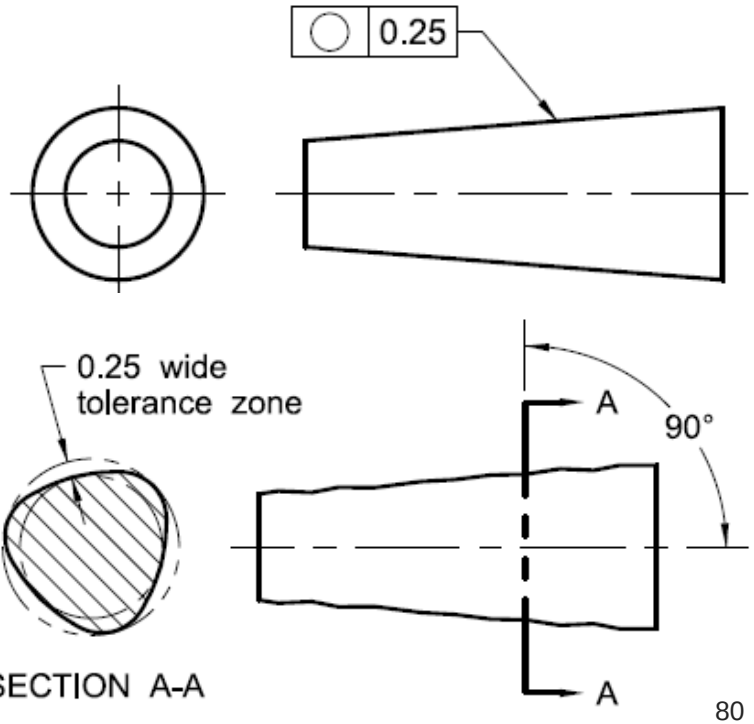
- ค่าความเรียบของระนาบกลาง median plane จะถูกพิจารณาโดยเป็นระยะห่างที่น้อยที่สุดระหว่างสองระนาบที่ขนานกัน



ความกลม (Roundness)

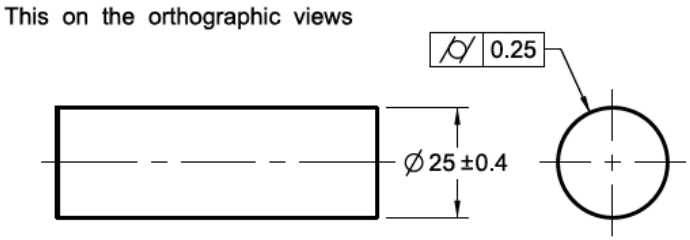
- ค่าความกลมนั้นได้จากความแตกต่างของรัศมีของวงกลมสองวงที่มีจุดศูนย์กลางร่วมกันในระนาบ

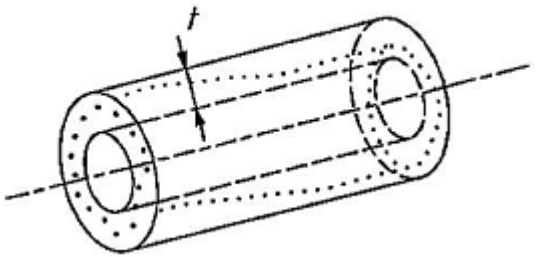


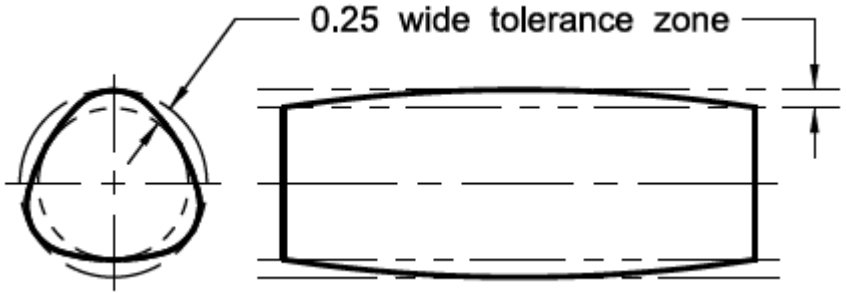


ค่าความเป็นทรงกระบอก (Cylindricity)

- ค่าความเป็นทรงกระบอกสามารถหาได้จากความแตกต่องของรัศมีของทรงกระบอกสองอันที่ร่วมแกนกันสามารถครอบคลุมผิวชิ้นงานได้ทั้งหมด

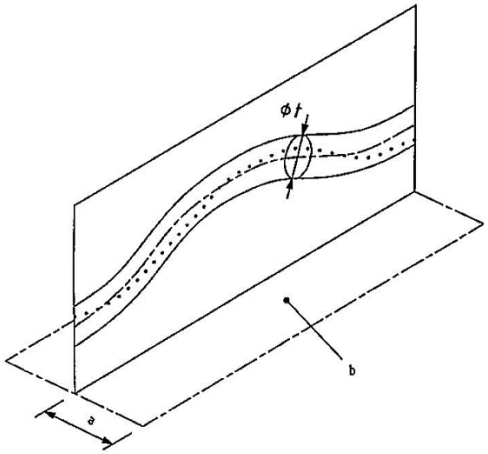


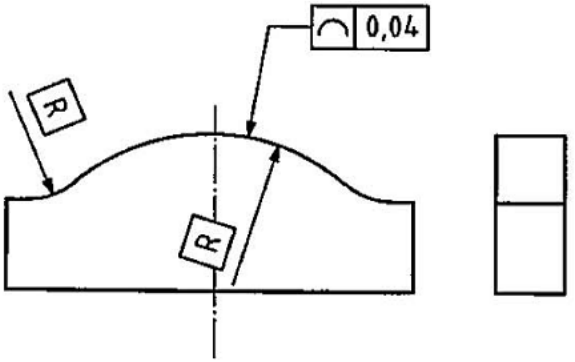


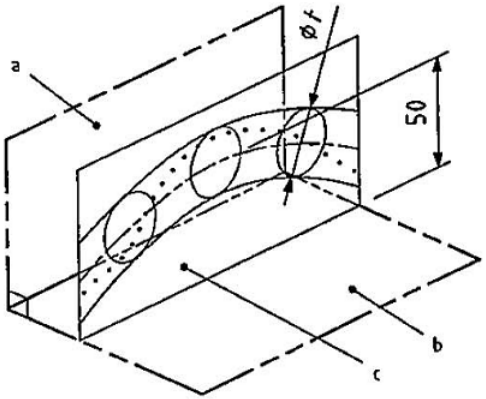


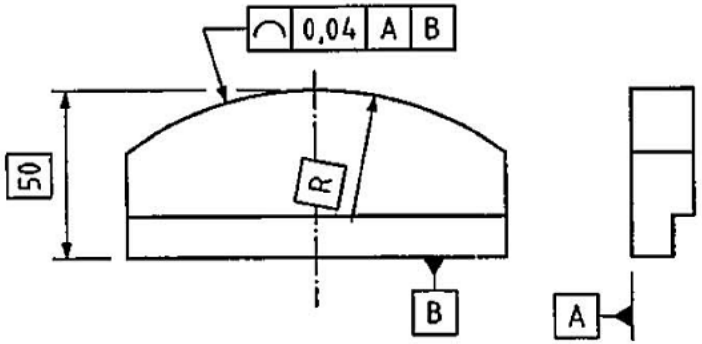
ค่าความเป็นเส้นโค้ง (Profile of any line)

- Profile of any line



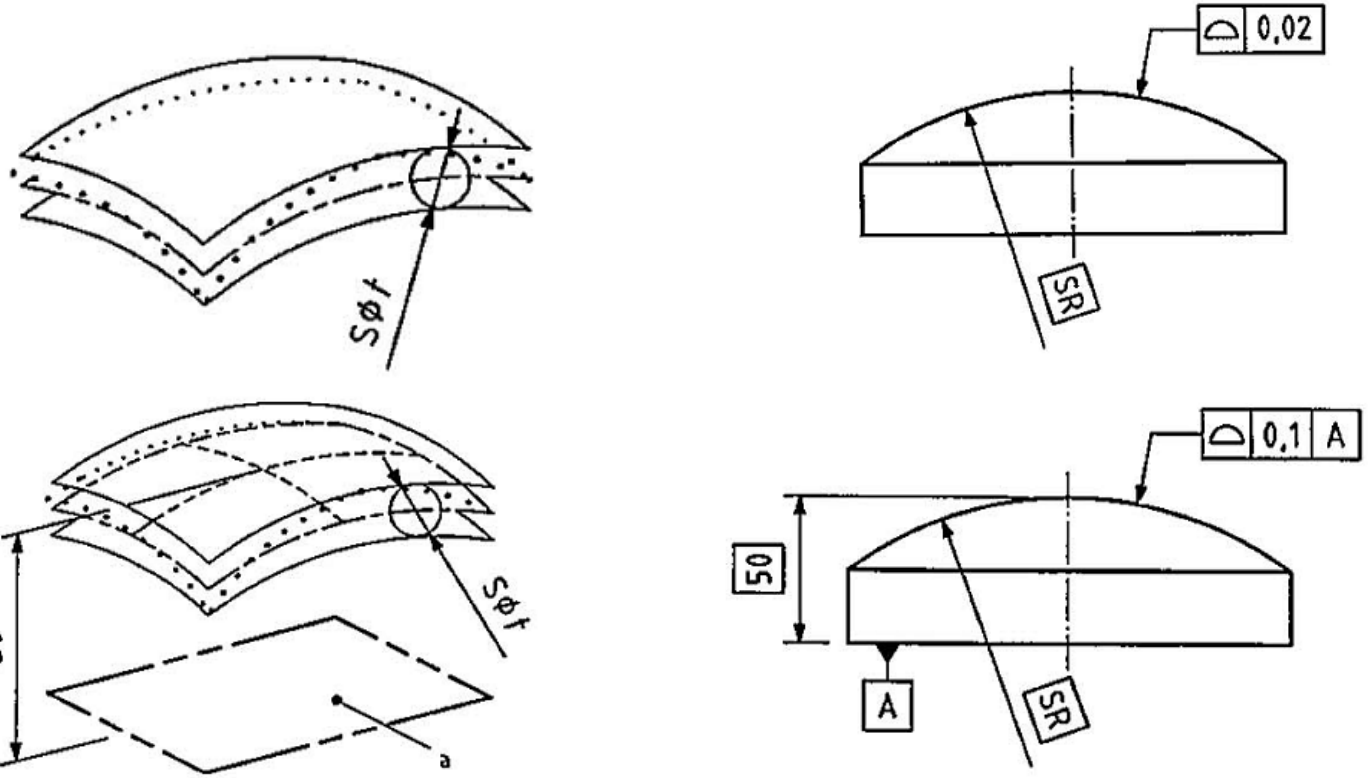






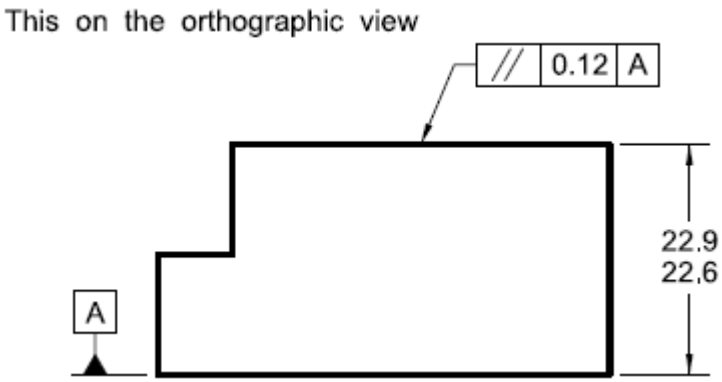
ค่าความเป็นผิวโค้ง (Profile of any surface)

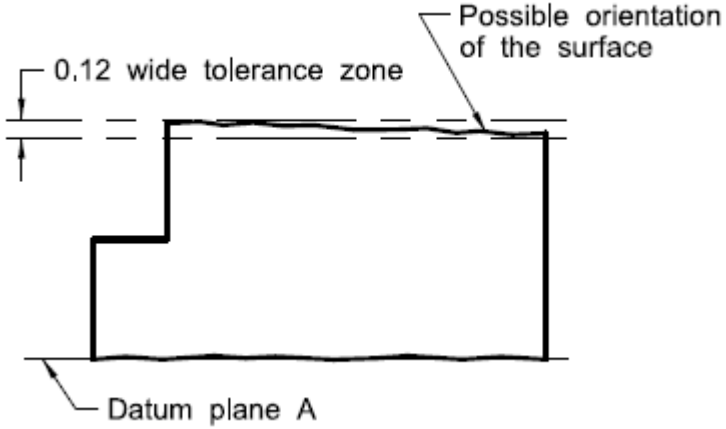
- Profile of any surface



ค่าความขนาน (Parallelism)

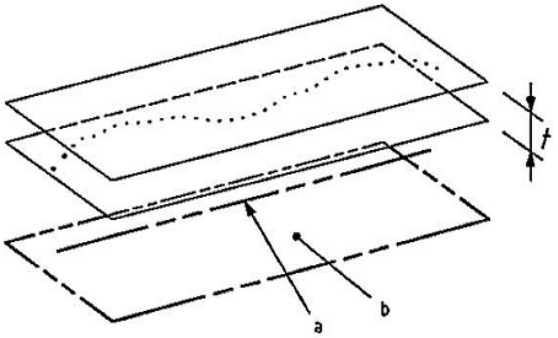
- ค่าความขนานจะถูกพิจารณาโดยเป็นระยะห่างที่น้อยที่สุดระหว่างสองระนาบที่ขนานกับเดตัม

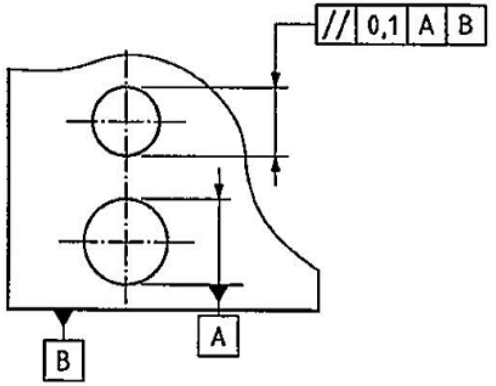


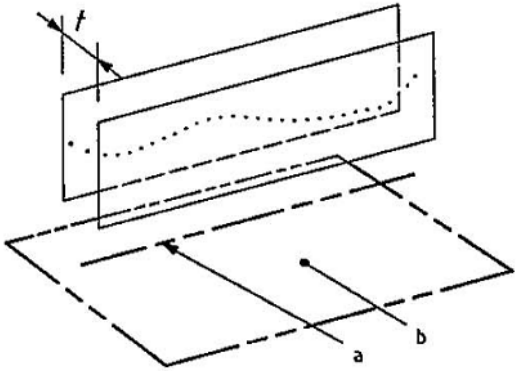


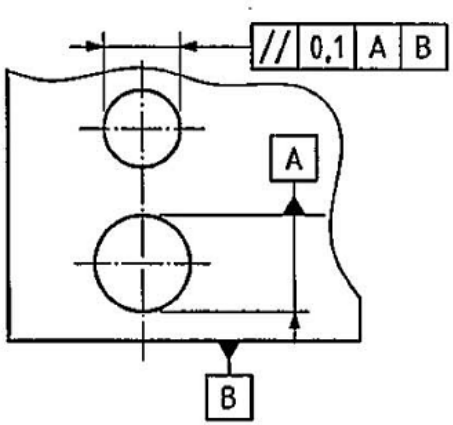
ค่าความขนาน (Parallelism)

- ค่าความขนานจะถูกพิจารณาโดยเป็นระยะห่างที่น้อยที่สุดระหว่างสองระนาบที่ขนานกับเดตัม



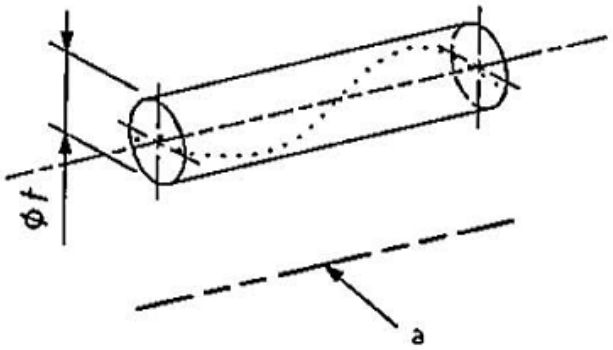


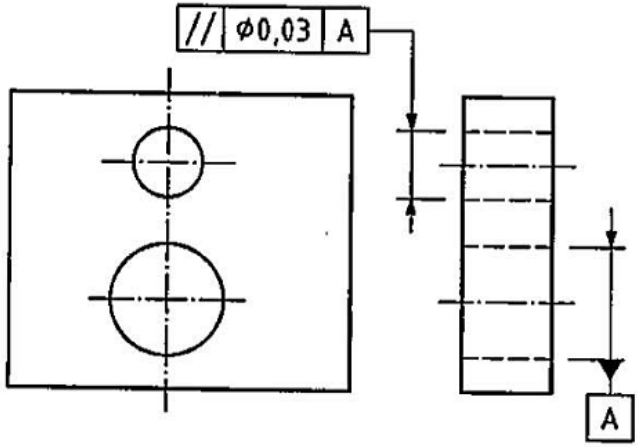




ค่าความขนาน (Parallelism)

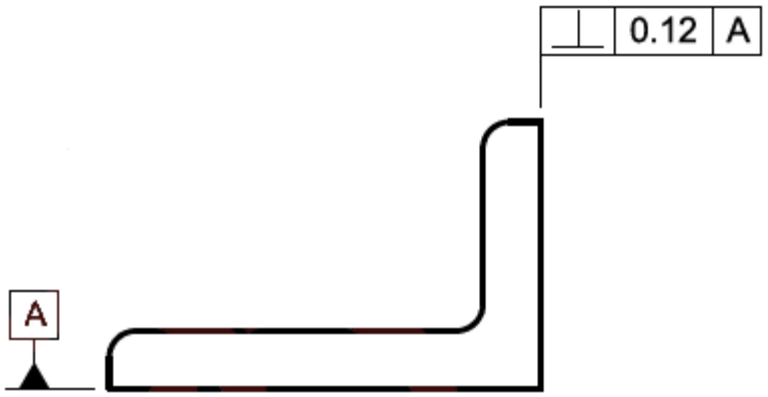
- ค่าความขนานจะถูกพิจารณาโดยเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของทรงกระบอกที่ขนานกับเดตัมและครอบแกนไว้ทั้งหมด

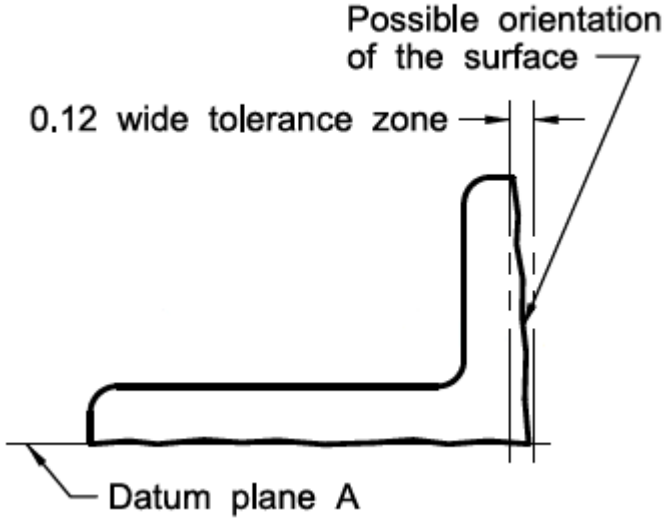




ค่าความตั้งฉาก (Perpendicularity)

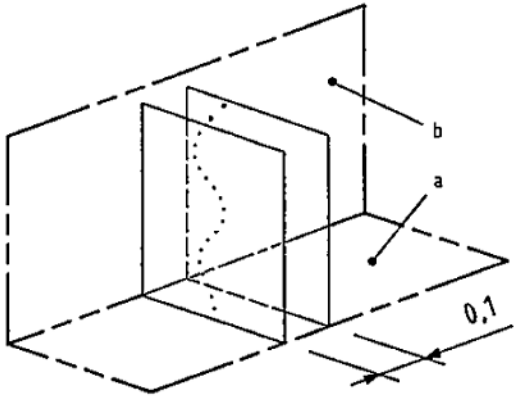
- ค่าความตั้งฉากจะถูกพิจารณาโดยเป็นระยะห่างที่น้อยที่สุดระหว่างสองระนาบที่ตั้งฉากกับเดตัม

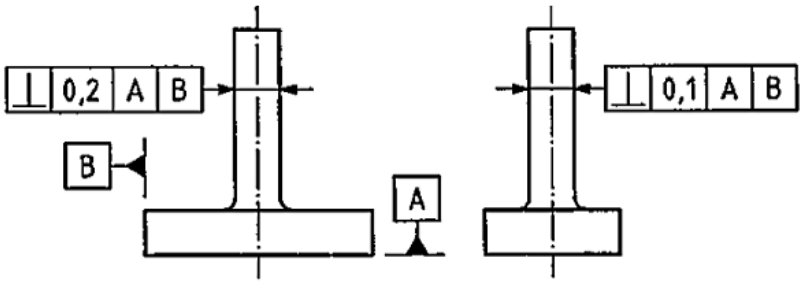


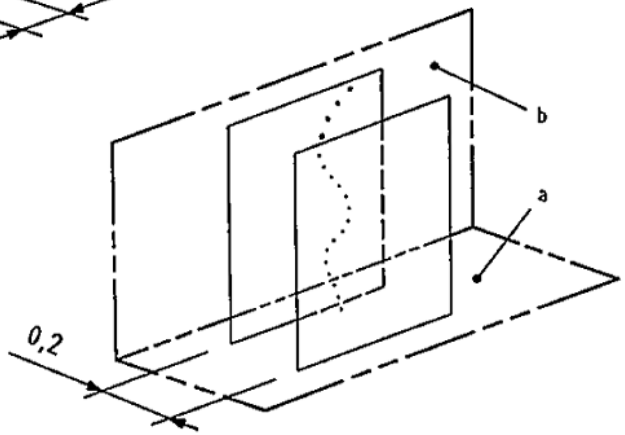


ค่าความตั้งฉาก (Perpendicularity)

- ค่าความตั้งฉากจะถูกพิจารณาโดยเป็นระยะห่างที่น้อยที่สุดระหว่างสองระนาบที่ตั้งฉากกับเดตัม

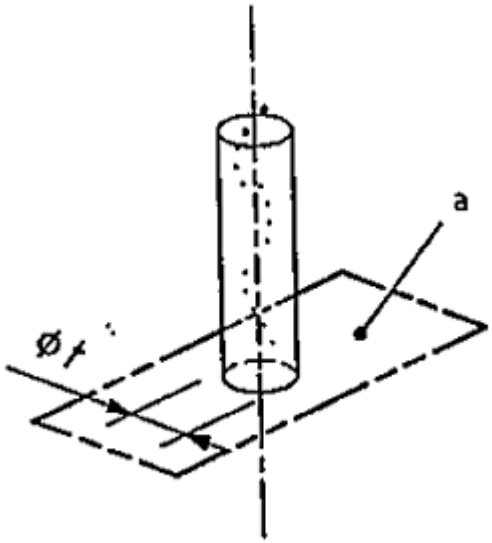


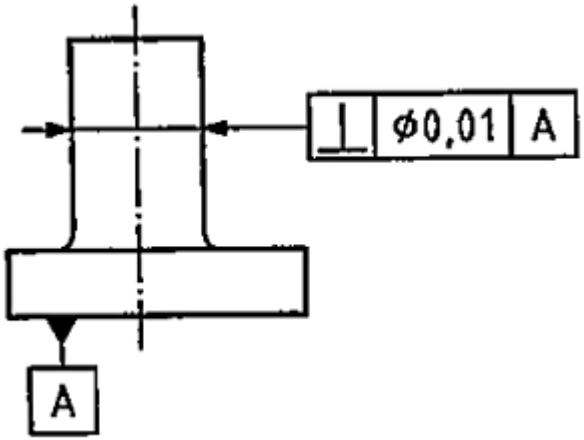




ค่าความตั้งฉาก (Perpendicularity)

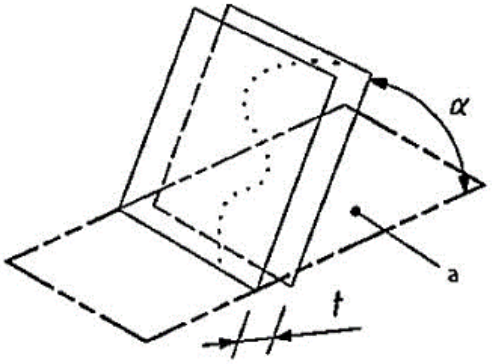
- ค่าความตั้งฉากจะถูกพิจารณาโดยเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของทรงกระบอกที่ตั้งฉากกับเดตัมและครอบแกนไว้ทั้งหมด

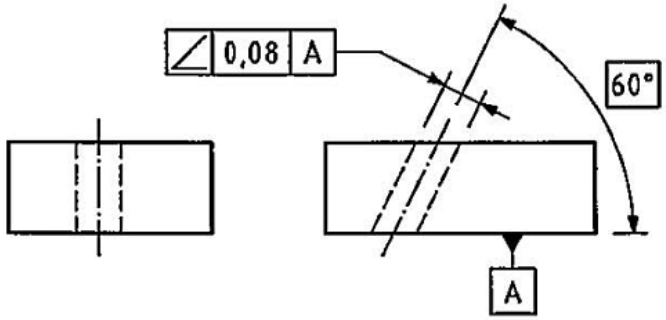




ค่าความเป็นมุม (Angularity)

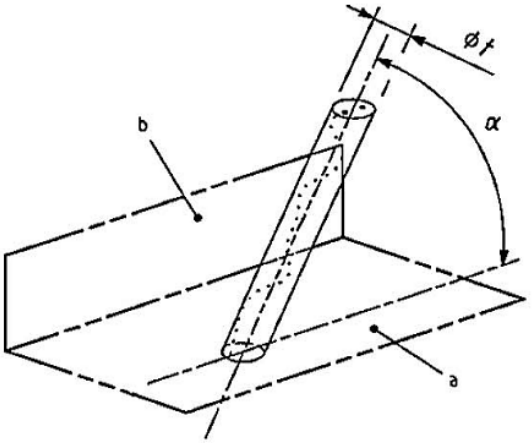
- ค่าความเป็นมุมจะถูกพิจารณาโดยเป็นระยะห่างที่น้อยที่สุดระหว่างสองระนาบที่ทำมุมกับเดตัม

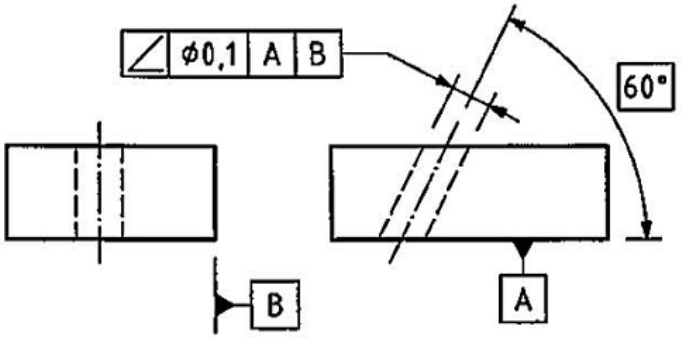




ค่าความเป็นมุม (Angularity)

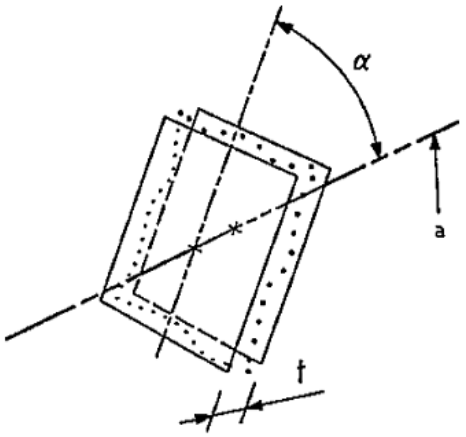
- ค่าความเป็นมุมจะถูกพิจารณาโดยเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของทรงกระบอกที่ทำมุมกับเดตัมและครอบแกนไว้ทั้งหมด

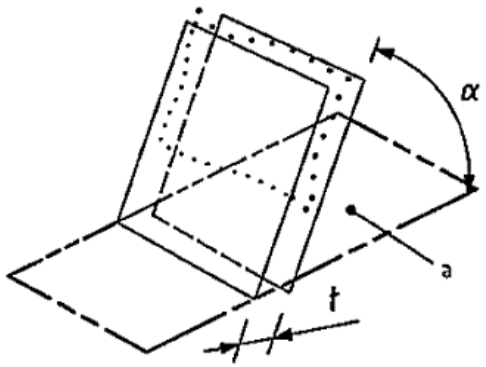


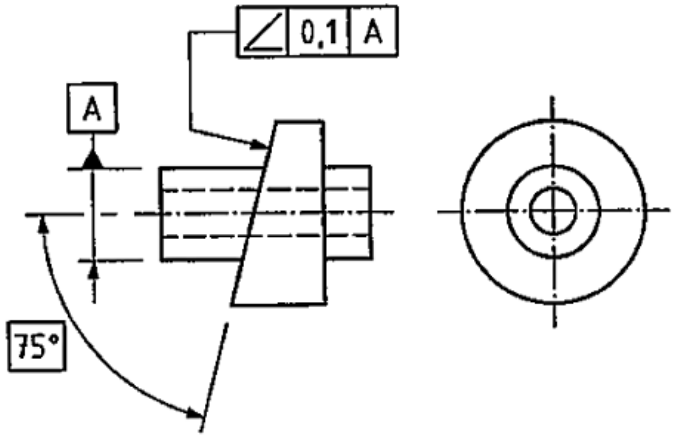


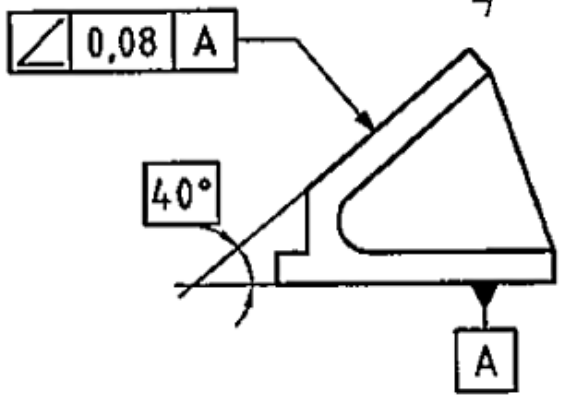
ค่าความเป็นมุม (Angularity)

- ค่าความเป็นมุมจะถูกพิจารณาโดยเป็นระยะห่างที่น้อยที่สุดระหว่างสองระนาบที่ทำมุมกับเดตัม



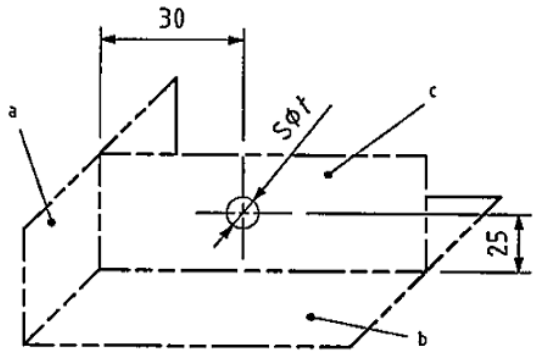


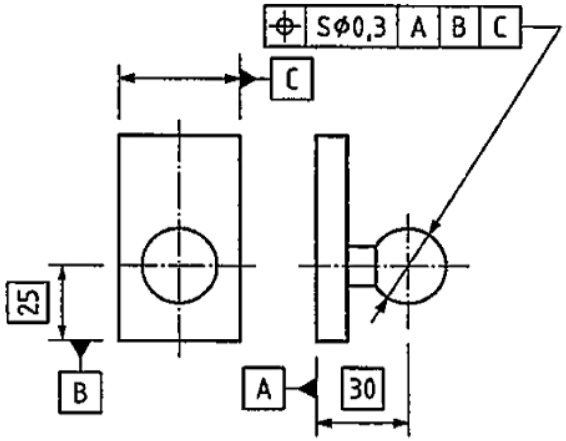




ค่าตำแหน่ง (Position)

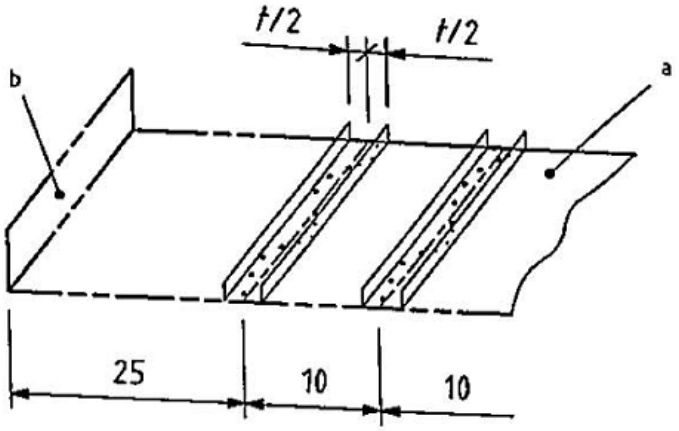
- ค่าตำแหน่งจะถูกพิจารณาโดยเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของทรงกลมที่มีตำแหน่งตามเดตัม

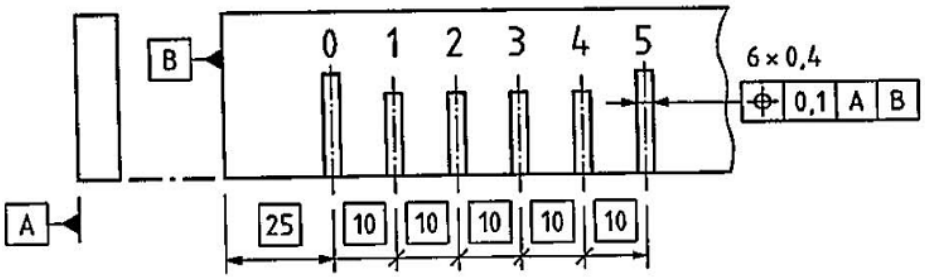




ค่าตำแหน่ง (Position)

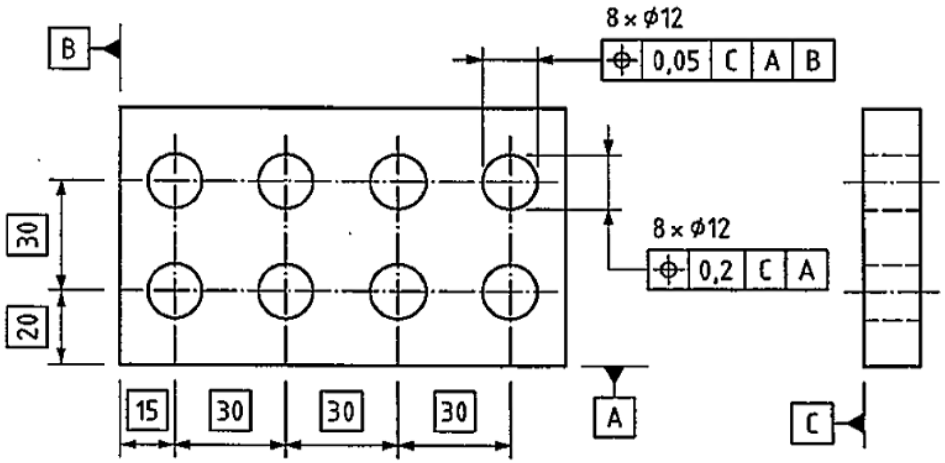
- ค่าตำแหน่งจะถูกพิจารณาโดยเป็นความกว้างระหว่างสองระนาบที่มีจุดกึ่งกลางตามที่กำหนดจากเดตัม

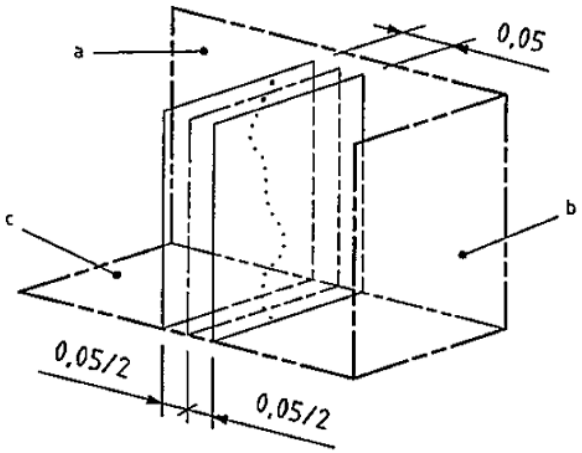


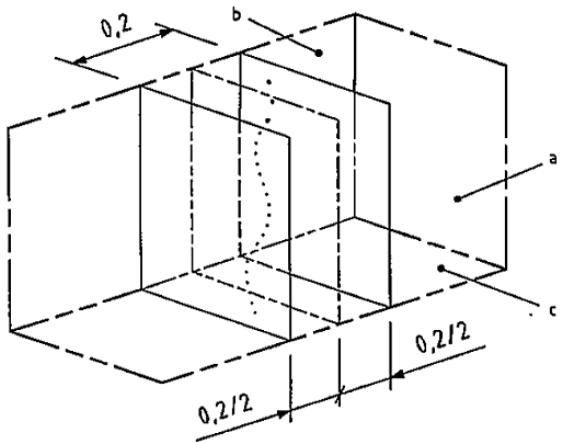


ค่าตำแหน่ง (Position)

- ค่าตำแหน่งจะถูกพิจารณาโดยเป็นความกว้างระหว่างสองระนาบที่มีจุดกึ่งกลางตามที่กำหนดจากเดตัม

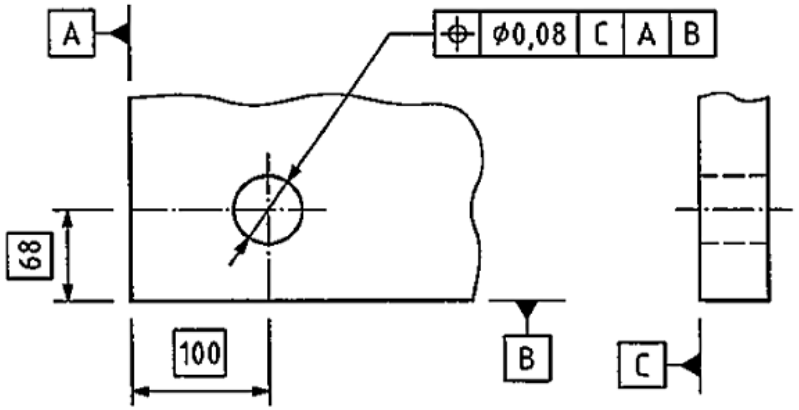


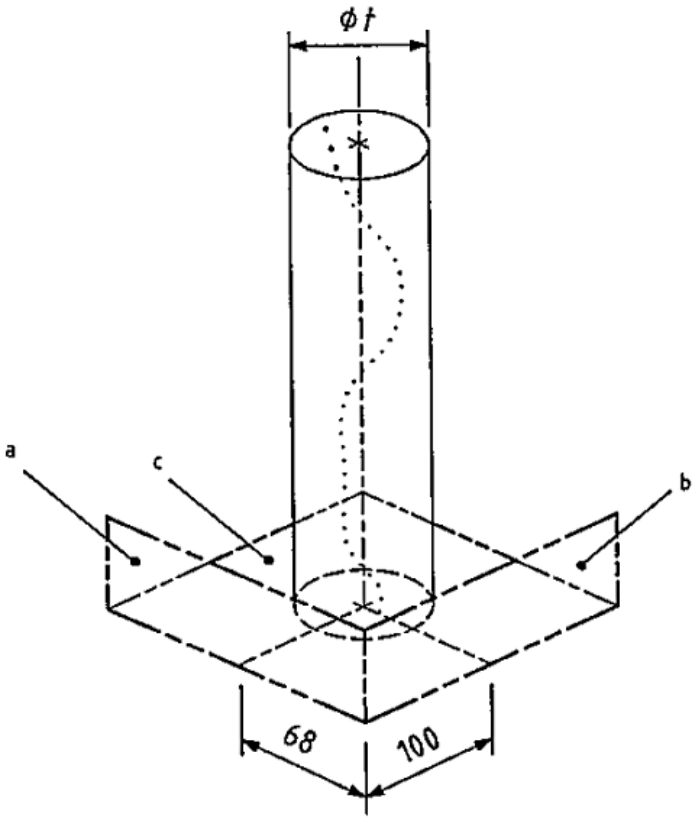




ค่าตำแหน่ง (Position)

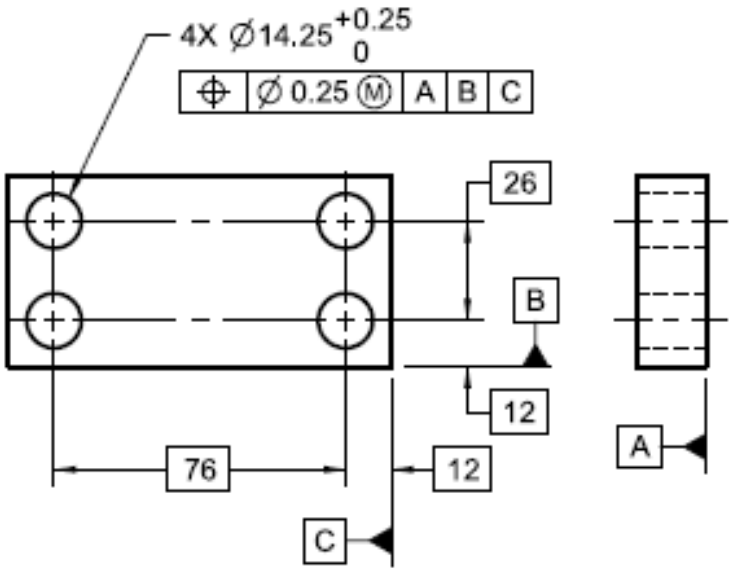
- ค่าตำแหน่งจะถูกพิจารณาโดยเป็นความกว้างของทรงกระบอกที่มีจุดกึ่งกลางตามที่กำหนดจากเดตัม

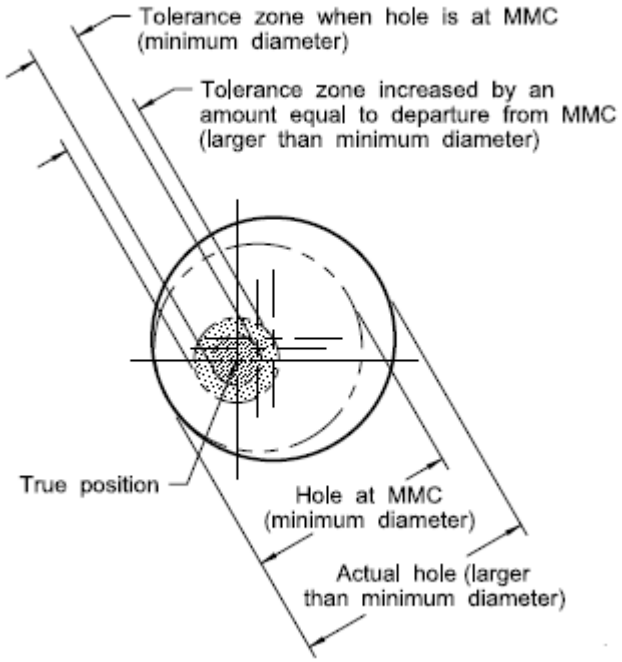




ค่าตำแหน่ง (Position)

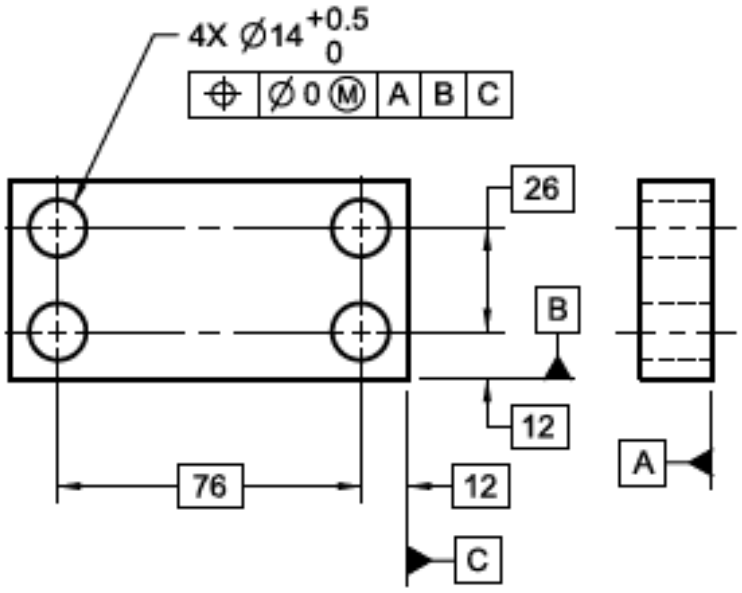
- Positional Tolerancing at MMC





ค่าตำแหน่ง (Position)

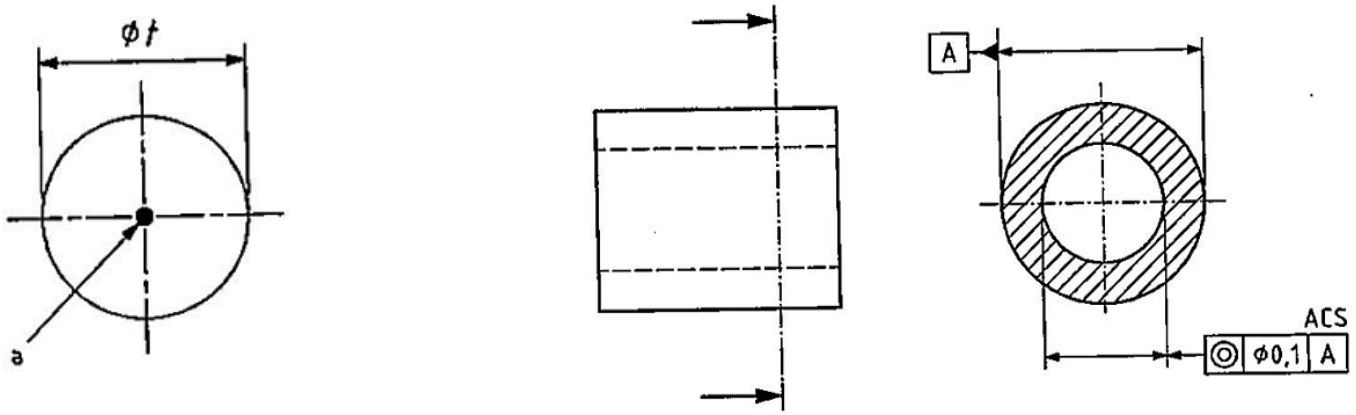
- Zero Positional Tolerancing at MMC



VC (Acceptance boundary)	Unrelated AME of hole	Positional tolerance zone diameter
14,0	14	0
	14,1	0,1
	14,2	0,2
	14,25	0,25
	14,3	0,3
	14,4	0,4
	14,5	0,5

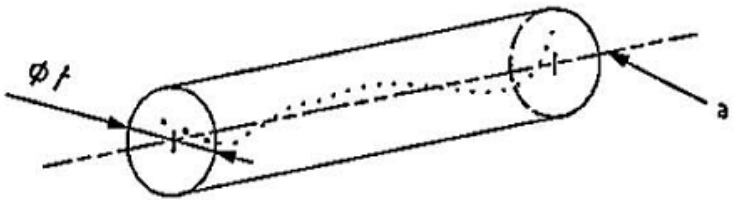
ค่าความร่วมศูนย์/ร่วมแกน (Concentricity/Coaxiality)

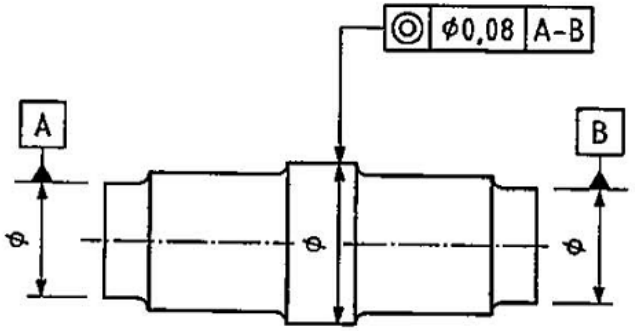
- ค่าความร่วมศูนย์นั้นได้จากเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางตามตำแหน่งในระนาบ

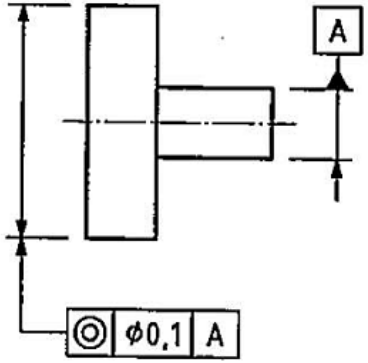


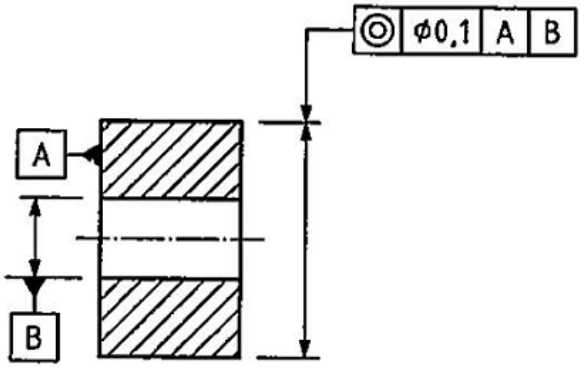
ค่าความร่วมศูนย์/ร่วมแกน (Concentricity/Coaxiality)

- ค่าความร่วมศูนย์นั้นได้จากเส้นผ่านศูนย์กลางของทรงกระบอกที่มีแกนกลางตามที่กำหนด



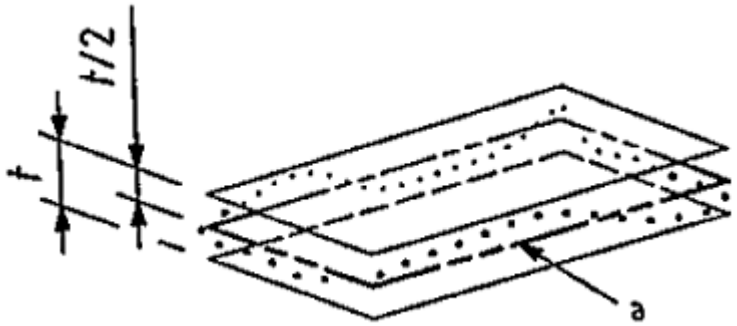


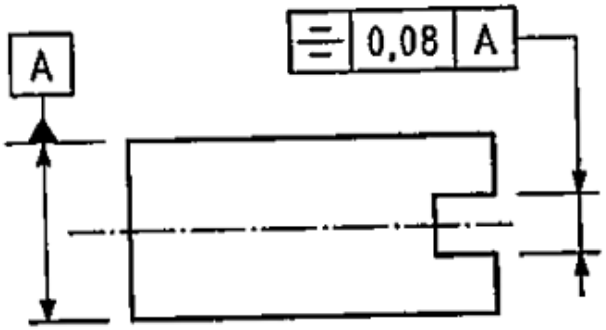


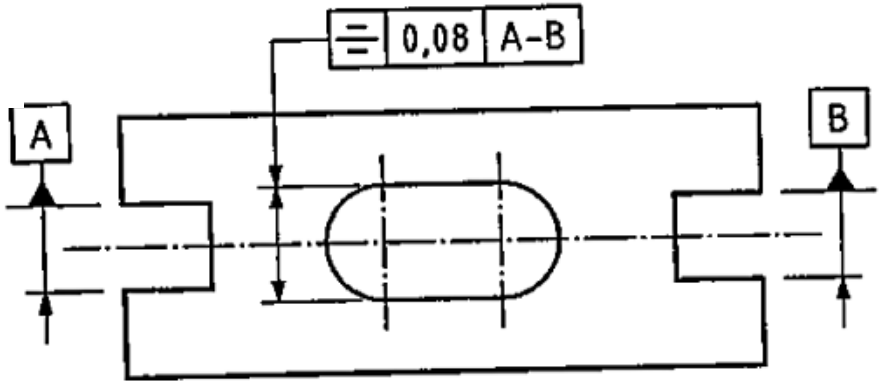


ค่าความสมมาตร (Symmetry)

- ค่าตำแหน่งจะถูกพิจารณาโดยเป็นความกว้างระหว่างสองระนาบที่มีจุดกึ่งกลางตามที่กำหนดจากเดตัม

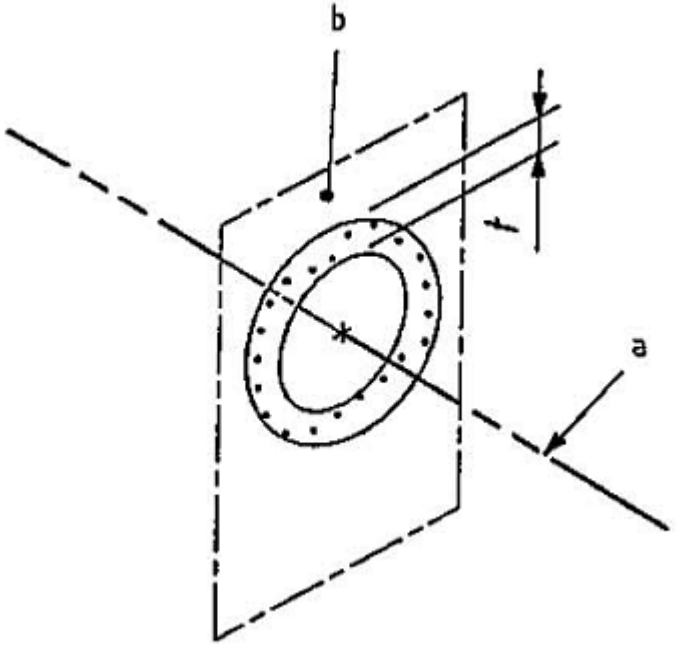


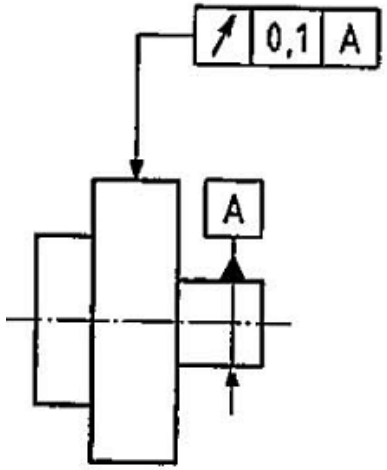


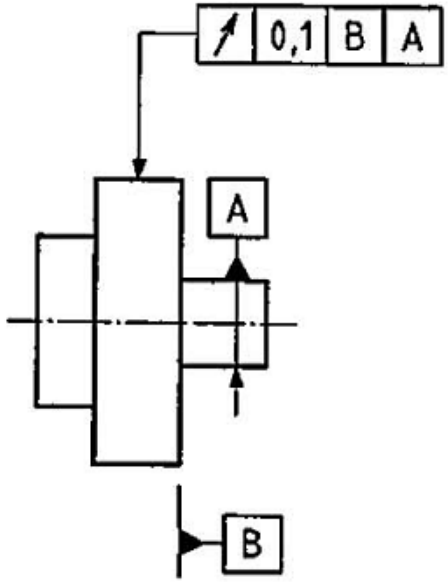


ค่ารันเอ้าท์ (Run-Out)

- ค่ารันเอ้าท์นั้นได้จากความแตกต่างของรัศมีของวงกลมสองวงที่มีจุดศูนย์กลางร่วมกันตรงแกนหมุนในระนาบ

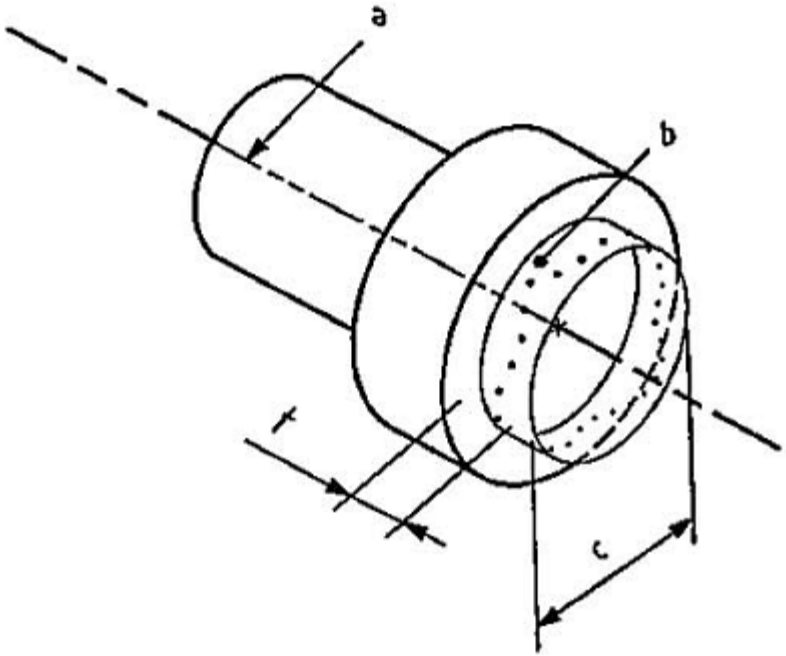


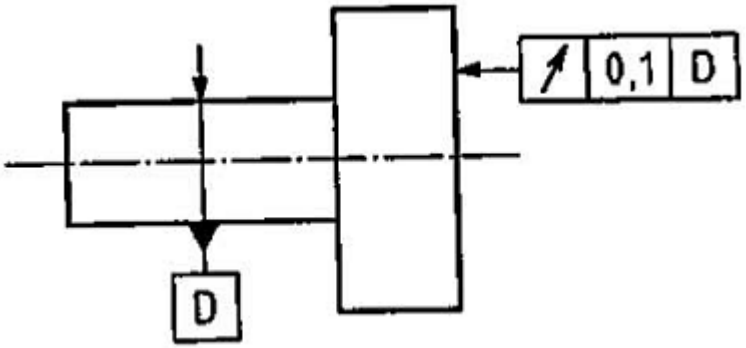




ค่ารันเอ้าท์ (ต่อ)

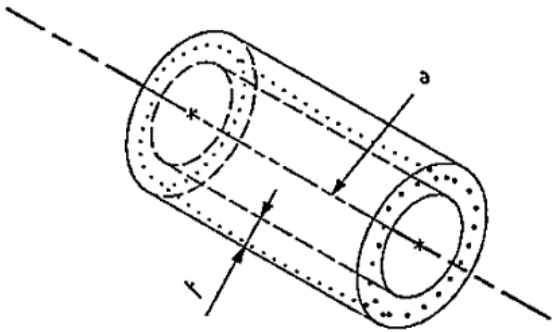
- ค่ารันเอ้าท์นั้นได้จากระยะห่างของวงกลมสองวงที่มีจุดศูนย์กลางร่วมกันตรงแกนหมุน

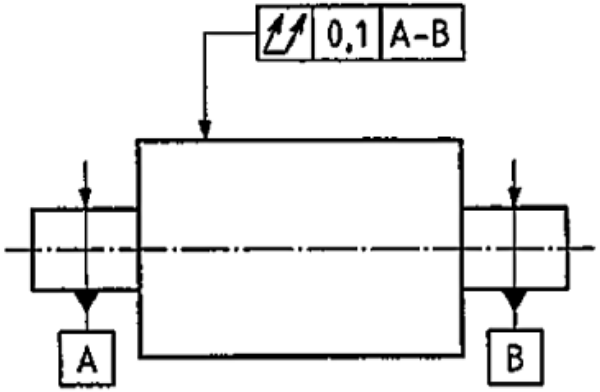




ค่ารันเอ้าท์ทั้งหมด (Total Run-Out)

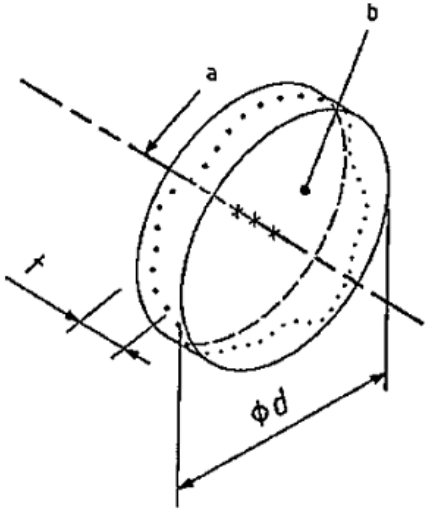
- ค่ารันเอ้าท์ทั้งหมดนั้นได้จากความแตกต่างของรัศมีของทรงกระบอกสองอันที่มีแกนกลางร่วมกันตรงแกนหมุน

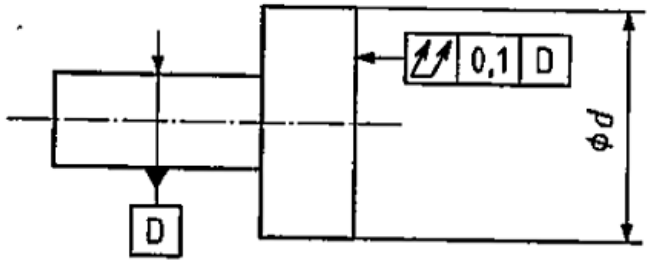




ค่ารันเอ้าท์ทั้งหมด (Total Run-Out)

- ค่ารันเอ้าท์นั้นทั้งหมดได้จากระยะห่างของสองระนาบที่ตั้งฉากกับแกนหมุน





Thank you for your attention

narin@nimt.or.th