

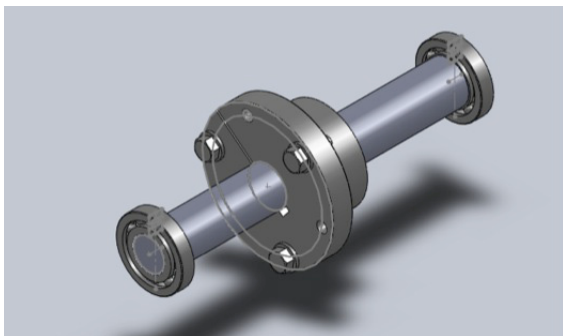
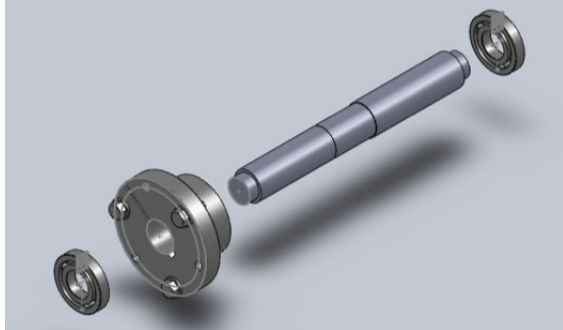
Fits-Tolerances and Surface texture

- **Fits and Tolerances**
- **Geometric dimensioning & tolerancing**
- **Surface roughness**

2103320 Des Mach Elem
Mech. Eng. Department
Chulalongkorn University

Introduction (1)

- การผลิตชิ้นงานไม่สามารถผลิตให้ได้ขนาดตรงพอดีกับค่าที่ต้องการได้ หากเกิดการคลาดเคลื่อน ต้องกำหนดว่ายอมให้คลาดเคลื่อนได้เท่าไร
- ความคลาดเคลื่อนที่มากเกินไปจากการผลิตทำให้ชิ้นงานประกอบเข้ากันไม่ได้ หรือประกอบได้แต่ทำงานตามที่ต้องการไม่ได้
- การกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดได้ เรียกว่า ค่าพิกัดความเผื่อ (Tolerance)
- หากขนาดของชิ้นงานอยู่ในช่วงค่าพิกัดความเผื่อแล้ว ชิ้นงานจะประกอบเข้าด้วยกันและทำงานได้



การประกอบเพลากับแบริ่ง

หลวมเกินไป

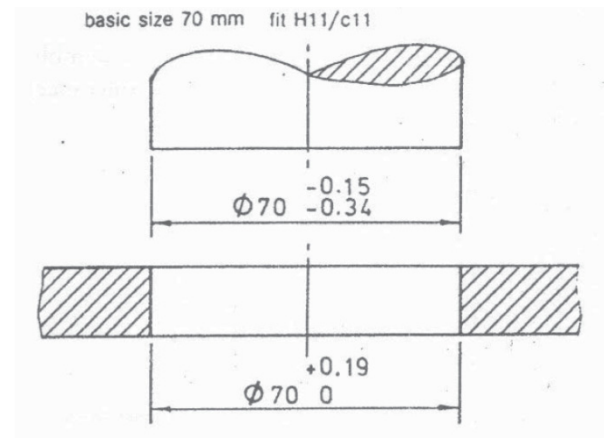
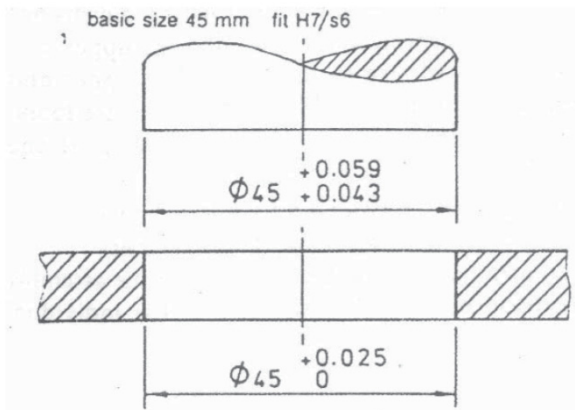
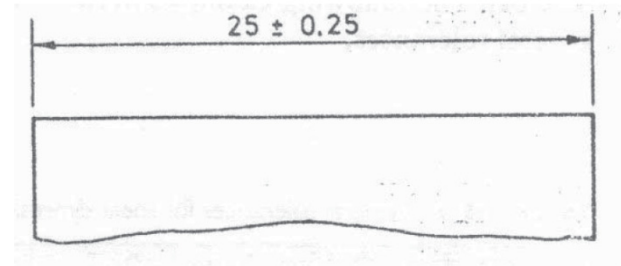
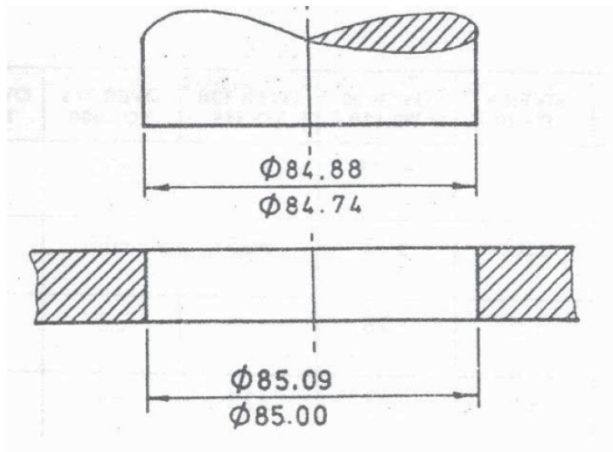
ผิวระหว่างเพลากับแบริ่งเกิดการไถล เกิดความร้อน และแบริ่งเสียหายได้

แน่นเกินไป

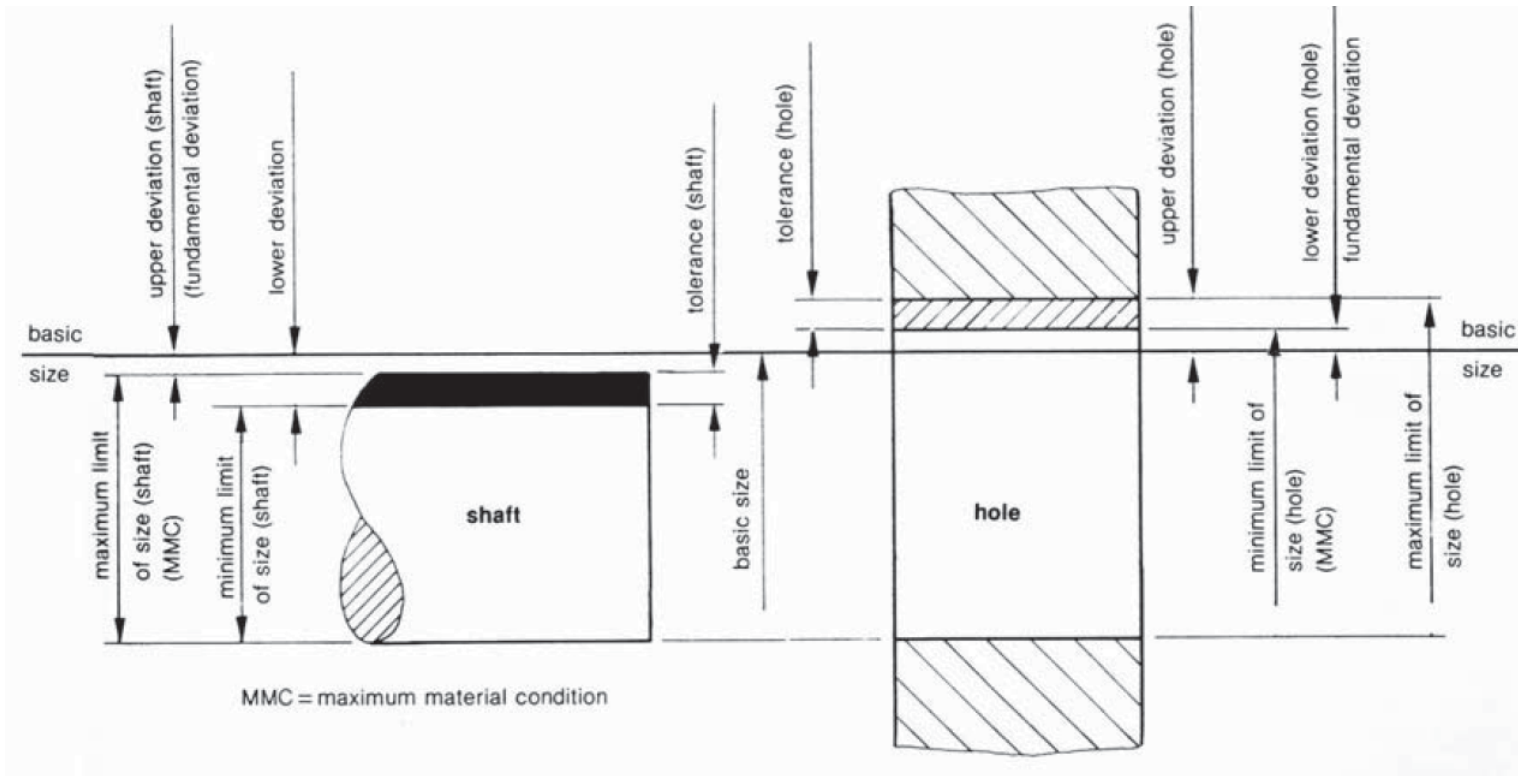
ประกอบเข้าด้วยกันไม่ได้ หรือประกอบแล้วแบริ่งเกิดความเสียหาย

Introduction (2)

- ในตำแหน่งที่ขนาดมีความสำคัญต่อการทำงานหรือการประกอบต้องกำหนดค่าความเผื่อไว้เสมอ
- ความเผื่อจะเกี่ยวข้องกับความแน่นหลวมในการประกอบ ซึ่งสัมพันธ์กับการทำงานของชิ้นส่วน



คำศัพท์ที่เกี่ยวข้อง



Shaft : ชิ้นส่วนที่สวมเข้าไปในอีกชิ้นส่วนหนึ่ง

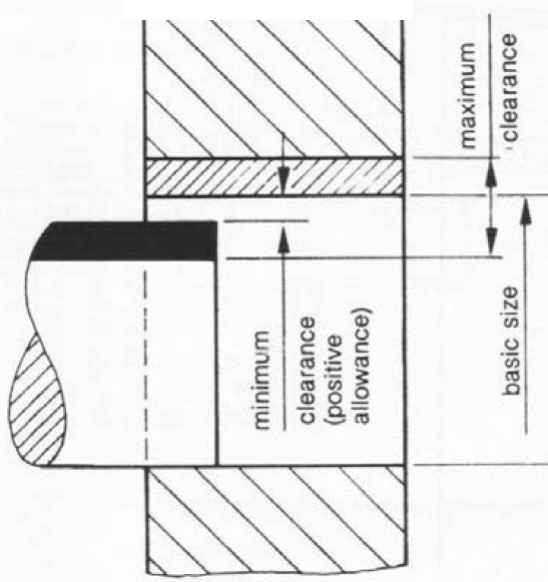
Hole : ชิ้นส่วนที่รับให้อีกชิ้นสวมเข้าไปภายใน

Basic size: ขนาดตามที่ออกแบบไว้

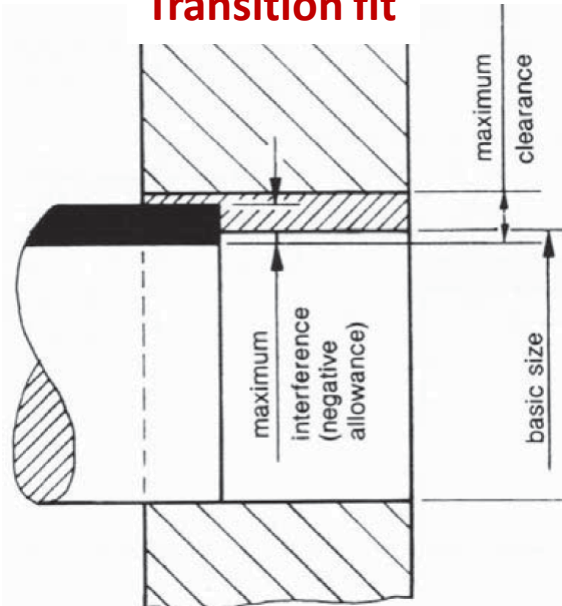
Tolerance: ความแตกต่างระหว่างขนาดใหญ่ที่สุดและเล็กที่สุดที่ยอมรับได้

ความพอดีในการสวม (Fit)

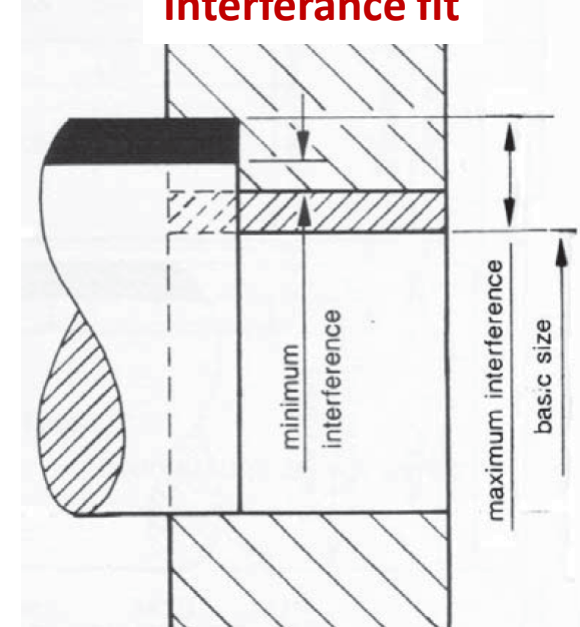
Clearance fit



Transition fit



Interference fit



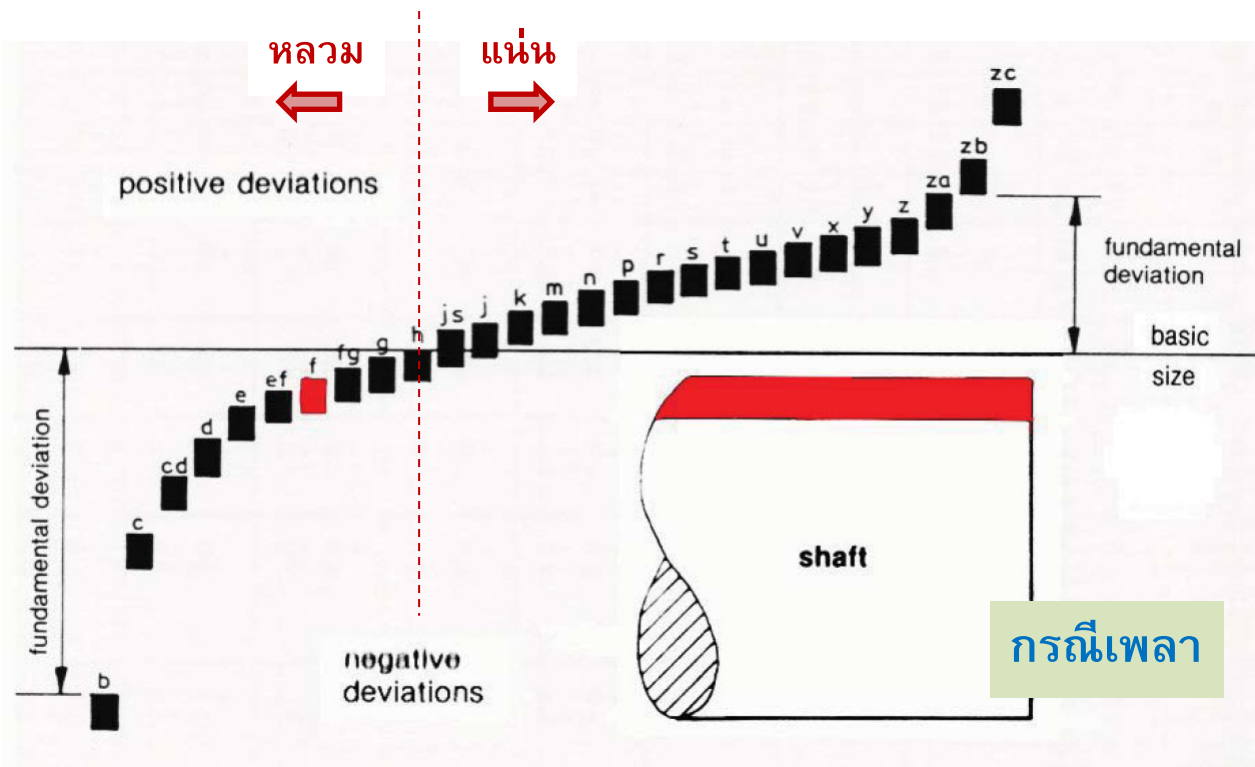
Clearance fit : เฟลามีขนาดเล็กกว่ารูเฟลาเสมอ/ เฟลาเคลื่อนที่สัมผัสกับรูได้

Transition fit : เฟลาอาจมีขนาดเล็กหรือใหญ่กว่ารูเฟลาก็ได้/ เวลาประกอบต้องใช้ อุปกรณ์ช่วยดกเข้าไป เช่น ค้อนตะกั่ว ค้อนเหล็ก หรือ hand press/ เฟลาไม่สามารถเคลื่อนที่สัมผัสกับรูได้/ เมื่อถอดออกยังไม่เกิดความเสียหายกับชิ้นส่วน

Interference fit: เฟลามีขนาดใหญ่กว่ารูเฟลาเสมอ/ ต้องใช้แรงอัดเข้าไป/ เมื่อถอดออก จะเกิดความเสียหายกับชิ้นส่วน

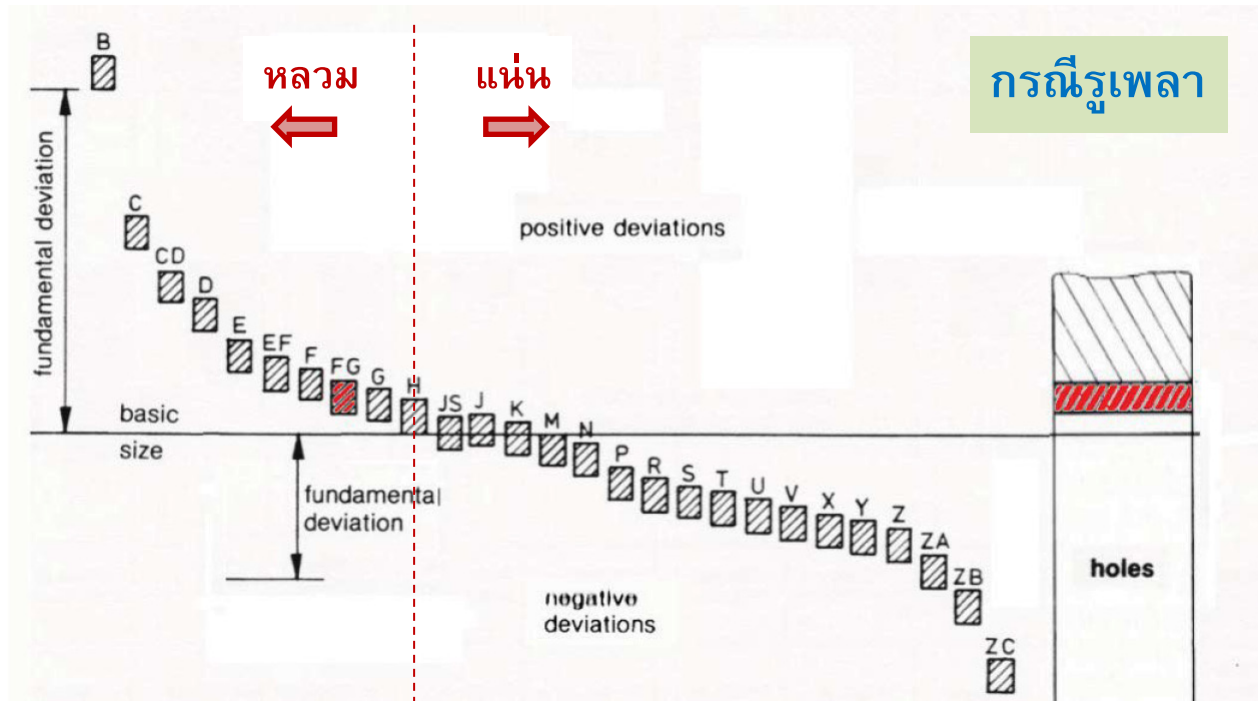
Fundamental Deviation of Tolerance (1)

- บ่งบอกว่าขนาดของเพลลาหรือรูเพลลาที่กำหนด ใกล้กับ basic size มากน้อยขนาดไหน
- กรณีของเพลลา ใช้ตัวอักษรตัวเล็ก b, c, cd, e, ef, f, fg, g, h, js, j, k, m, n, p, ...
- กรณีของรูเพลลา ใช้อักษรตัวใหญ่ B, C, CD, E, EF, F, FG, G, H, JS, J, K, M, N, P
- ค่า h, H คือตรงกับ basic size



Fundamental Deviation of Tolerance (2)

- บ่งบอกว่าขนาดของเพลลาหรือรูเพลลาที่กำหนด ใกล้กับ basic size มากน้อยขนาดไหน
- กรณีของเพลลา ใช้ตัวอักษรตัวเล็ก b, c, cd, e, ef, f, fg, g, h, js, j, k, m, n, p, ...
- กรณีของรูเพลลา ใช้อักษรตัวใหญ่ B, C, CD, E, EF, F, FG, G, H, JS, J, K, M, N, P
- ค่า h, H คือตรงกับ basic size



Grade of Tolerance

- Grade of tolerance แสดงค่าขนาดของความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดได้
- ISO กำหนด Grade of tolerance อยู่ 18 ค่า ค่าน้อยแสดงถึงงานละเอียด ค่ามากแสดงถึงงานหยาบ

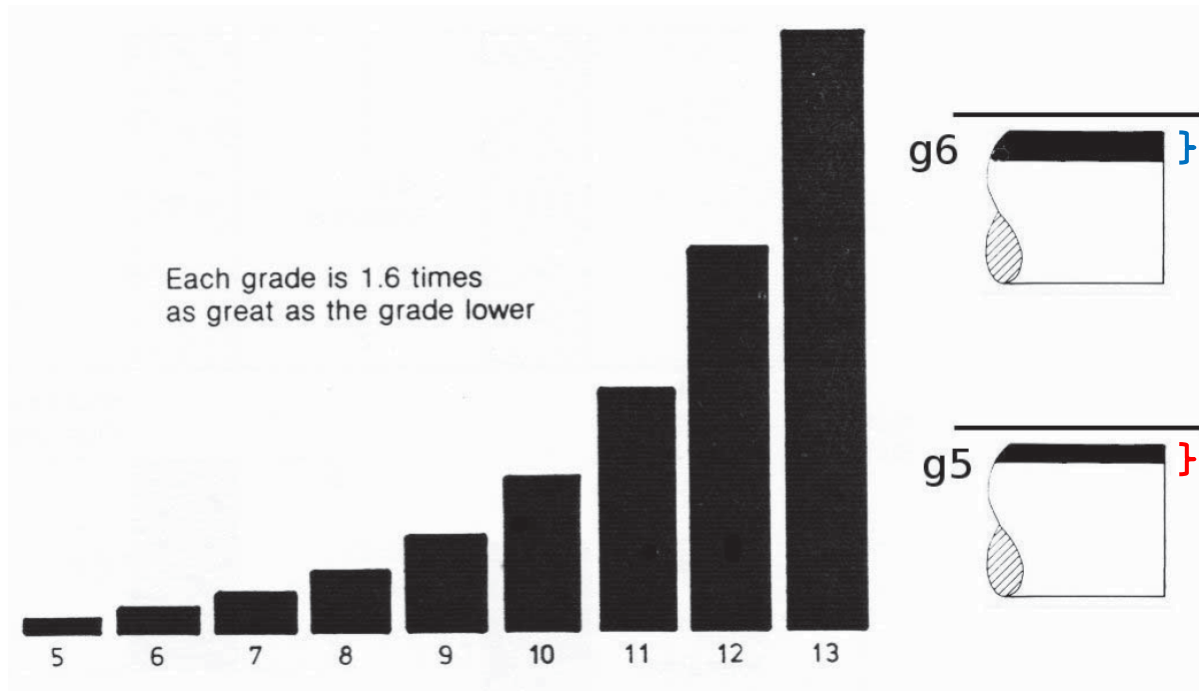
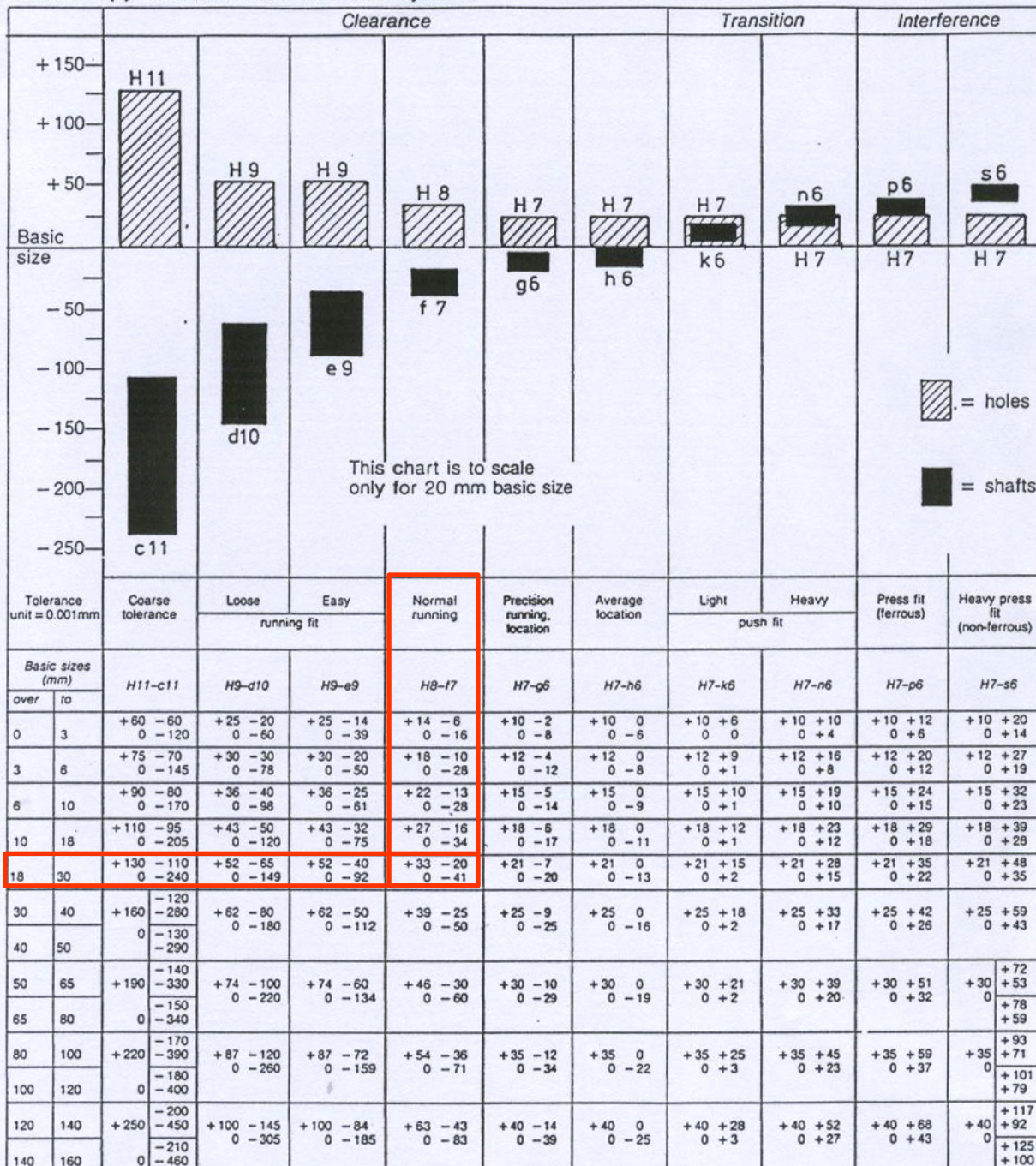


Table 1.19(a) Selection of fits—hole-basis system



ตารางค่า Tolerance (Hole-basis system)

Ex.

Shaft ϕ 25 (Basic size)

Hole ϕ 25 (Basic size)

ประกอบแบบ Normal running (H8-f7)

Shaft ϕ 25 $_{-41}^{-20}$ (24.959 – 24.980)

Hole ϕ 25 $_{0}^{+33}$ (25.000 – 25.033)

Table 1.19(b) Selection of fits—shaft-basis system

		Clearance					Transition		Interference		
		C11	D10	E9	F8	G7	H7	K7	h6	h6	h6
+250											
+200											
+150											
+100											
+50											
Basic size		<p>This chart is to scale only for 20 mm basic size</p>									
-50											
-100											
-150											
Tolerance unit = 0.001mm		Coarse tolerance	Loose running fit	Easy running fit	Normal running	Precision running, location	Average location	Light push fit	Heavy push fit	Press fit (ferrous)	Heavy press fit (non-ferrous)
Basic sizes (mm)		C11-h11	D10-h9	E9-h9	F8-h7	G7-h6	H7-h6	K7-h6	N7-h6	P7-h6	S7-h6
over	to										
0	3	+120 0 +60 -60	+60 0 +20 -25	+39 0 +14 -25	+20 0 +6 -10	+12 0 +2 -6	+10 0 0 -6	0 0 -10 -6	-4 0 -14 -6	-6 0 -16 -6	-14 0 -24 -6
3	6	+145 0 +70 -75	+78 0 +30 -30	+50 0 +20 -30	+28 0 +10 -12	+16 0 +4 -8	+12 0 0 -8	+3 0 -9 -8	-4 0 -16 -8	-8 0 -20 -8	-15 0 -27 -8
6	10	+170 0 +80 -90	+98 0 +40 -36	+61 0 +25 -36	+35 0 +13 -15	+20 0 +5 -9	+15 0 0 -9	+5 0 -10 -9	-4 0 -19 -9	-9 0 -24 -9	-17 0 -32 -9
10	18	+205 0 +95 -110	+120 0 +50 -43	+75 0 +32 -43	+43 0 +16 -18	+24 0 +6 -11	+18 0 0 -11	+6 0 -12 -11	-5 0 -23 -11	-11 0 -29 -11	-21 0 -39 -11
18	30	+240 0 +110 -130	+149 0 +65 -52	+92 0 +40 -52	+53 0 +20 -21	+28 0 +7 -13	+21 0 0 -13	+6 0 -15 -13	-7 0 -28 -13	-14 0 -35 -13	-27 0 -48 -13
30	40	+280 0 +120 -160	+180 0 +80 -62	+112 0 +50 -62	+64 0 +25 -25	+34 0 +9 -16	+25 0 0 -16	+7 0 -18 -16	-8 0 -33 -16	-17 0 -42 -16	-34 0 -59 -16
40	50	+290 0 +130 -160									
50	65	+330 0 +140 -190	+220 0 +100 -74	+134 0 +60 -74	+76 0 +30 -30	+40 0 +10 -19	+30 0 0 -19	+9 0 -21 -19	-9 0 -39 -19	-21 0 -51 -19	-42 0 -72 -19
65	80	+340 0 +150 -190									
80	100	+390 0 +170 -220	+260 0 +120 -87	+159 0 +72 -87	+90 0 +36 -35	+47 0 +12 -22	+35 0 0 -22	+10 0 -25 -22	-10 0 -45 -22	-24 0 -59 -22	-58 0 -93 -22
100	120	+400 0 +180 -220									
120	140	+450 0 +200 -250									
140	160	+460 0 +210 -250	+305 0 +145 -100	+185 0 +85 -100	+106 0 +43 -40	+54 0 +14 -25	+40 0 0 -25	+12 0 -28 -25	-12 0 -52 -25	-28 0 -68 -25	-85 0 -125 -25

ตารางค่า Tolerance (Shaft-basis system)

Ex.

Shaft ϕ 25 (Basic size)

Hole ϕ 25 (Basic size)

ประกอบแบบ Normal running (F8-h7)

Shaft ϕ 25 $\begin{smallmatrix} 0 \\ -21 \end{smallmatrix}$ (24.979 – 25.000)

Hole ϕ 25 $\begin{smallmatrix} +53 \\ +20 \end{smallmatrix}$ (25.020 – 25.053)

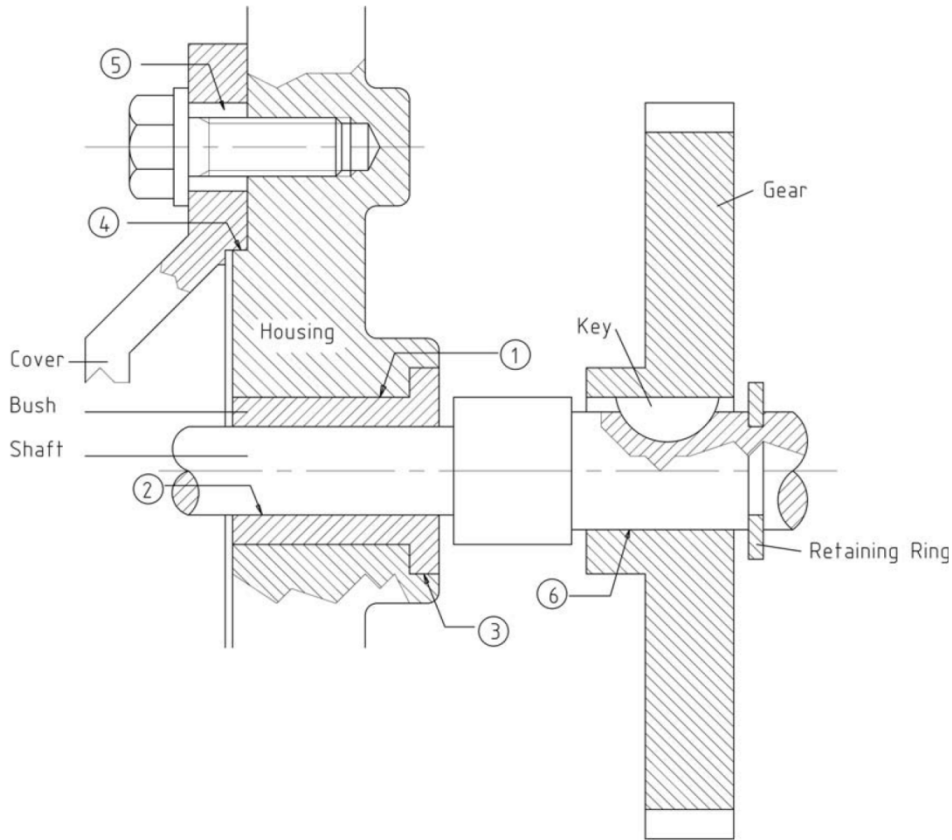
ข้อแนะนำเบื้องต้น (1)

Clearance	
Loose Running (H9/d10 or D10/h9)	ต้องการให้เพลลาหมุนในรูเพลลาได้ งานที่มีความเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูง ป้องกันการติดเมื่อเพลลาเกิดการขยายตัว
Easy Running (H9/e9 or E9/h9)	เพลลาหมุนอยู่ในรูได้สะดวก เหมาะกับงานที่ไม่ละเอียดมากนัก หรือต้องการให้มีช่องว่างเล็กน้อย เช่น main bearings ของ crank shaft ในเครื่องยนต์สันดาปภายใน
Normal Running (H8/f7 or F8/h7)	ตำแหน่งทั่วๆ ไปที่ต้องการให้เพลลาหมุน หรือเลื่อนไปมาได้ มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้อย เช่น Shaft กับ bush
Precision Running (H7/g6 or G7/h6)	เพลลาหมุนหรือเลื่อนได้ แต่ต้องการความแม่นยำ เช่น Pin กับรูยึด หรือ ลิมกับร่องลิม
Average Location (H7/h6)	บางเล่มจัดเป็น Transition fit, เพลลาไม่หมุนหรือเลื่อนไปมาบนเพลลา

ข้อแนะนำเบื้องต้น (2)

Transition	
Light push fit (H7/k6 or K7/h6)	ต้องใช้ค้อนตอกเพื่อประกอบ ชิ้นงานยังสามารถถอดประกอบได้โดยไม่เสียหาย แต่ไม่ต้องการให้เกิดช่องว่างระหว่างชิ้นงาน ชิ้นงานที่มีการสั่นสะเทือน
Heavy push fit (H7/n6 or N7/h6)	ต้องใช้อุปกรณ์เพื่อใส่แรงในการประกอบ ยังถอดประกอบได้โดยไม่เสียหาย เช่น ลิ่มกับร่องลิ่มกรณีต้องการส่งกำลังขนาดใหญ่
Interference	
Press fit (H7/p6 or P7/h6)	ต้องใช้แรงมากในการประกอบ การถอดอาจทำให้เกิดความเสียหายได้ สามารถส่งกำลังได้เล็กน้อยจากความแน่นระหว่างชิ้นส่วน
Heavy press fit (H7/s6 or S7/h6)	ต้องใช้เครื่องมือขนาดใหญ่ในการประกอบ หรือใช้ความร้อนให้รูขยายตัวหรือความเย็นทำให้ชิ้นที่ใส่หดตัว สามารถส่งกำลังได้มากขึ้นจากความแน่นระหว่างชิ้น ไม่ต้องการถอดออก เช่น bush

ตัวอย่างการใช้งาน



คู่มือ	ตัวอย่างการเลือก
1	Heavy push fit, Press fit เพราะไม่ต้องการถอดประกอบ เมื่อสึกหรอก็เปลี่ยน bush (ซึ่งมักเป็นวัสดุที่ความแข็งผิวต่ำกว่า)
2	Normal running ต้องการให้เคลื่อนที่สัมผัสได้
3	Coarse tolerance (หรือให้ห่างมากกว่า เพราะไม่ต้องการให้เกิดการสัมผัส)
4	Average location ในการใช้งานไม่เกิดการเคลื่อนที่ และต้องการให้ประกอบพอดี
5	ดูจากตารางรูของสลักเกลียว (Clearance hole)
6	Average location, light push fit ต้องการประกอบพอดี ไม่มีการเคลื่อนที่สัมผัส แต่ยังต้องการให้ถอดประกอบได้















General tolerances

- การกำหนดค่าความเผื่อ จะทำในตำแหน่งที่มีความจำเป็นเท่านั้น การใส่ค่าความเผื่อโดยไม่จำเป็นจะเป็นการเพิ่มเวลา และต้นทุนในการผลิตชิ้นส่วน
- เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของขนาดที่ผลิตโดยการตัด เจาะ กัด ไส โดยทั่วไป แสดงในตาราง
- โดยปกติจะเลือกเกณฑ์ชั้นปานกลางมาใช้

Nominal Dimension (mm)		0.5 to 3	Over 3 To 6	Over 6 To 30	Over 30 To 120	Over 120 To 315	Over 315 To 1000	Over 1000 To 2000
Permissible deviations in millimeters	Fine series	± 0.05	± 0.05	± 0.1	± 0.15	± 0.2	± 0.3	± 0.5
	Medium series	± 0.1	± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.5	± 0.8	± 1.2
	Coarse series		± 0.2	± 0.5	± 0.8	± 1.2	± 2	± 3
	Very coarse		± 0.5	± 1	± 1.5	± 2.5	± 4	± 8

Geometric Dimensioning & Tolerancing (GD&T)

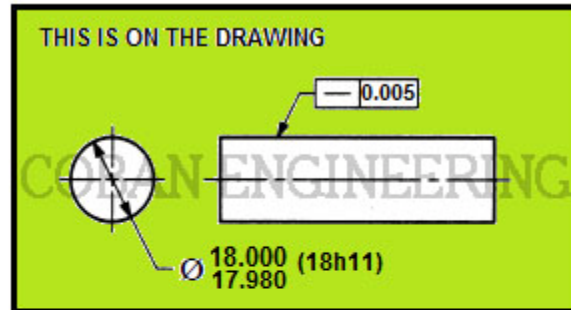
- การกำหนดความเผื่อของขนาดเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอต่อการผลิต ในกรณีที่เป็น จะต้องกำหนดค่าความเผื่อทางเรขาคณิตด้วย

	FLATNESS	Form
	STRAIGHTNESS	
	ROUNDNESS (CIRCULARITY)	
	CYLINDRICITY	
	PROFILE OF A LINE	Profile
	PROFILE OF A SURFACE	
	PERPENDICULARITY (SQUARENESS)	Orientation
	ANGULARITY	
	PARALLELISM	Runout
	CIRCULAR RUNOUT	
	TOTAL RUNOUT	
	TRUE POSITION	Position
	CONCENTRICITY	
	SYMMETRY	

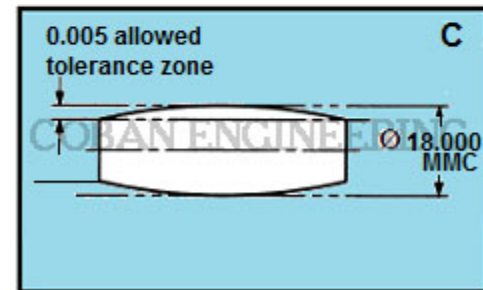
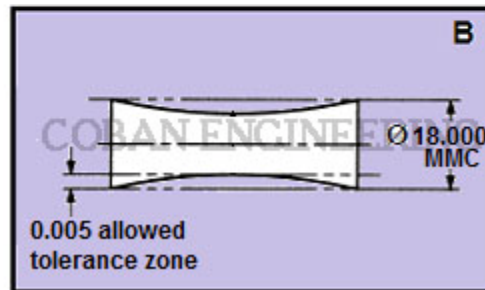
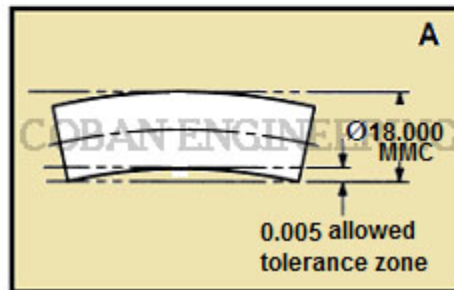
ตัวอย่างการกำหนดค่า GD&T (1)

<http://www.cobanengineering.com>

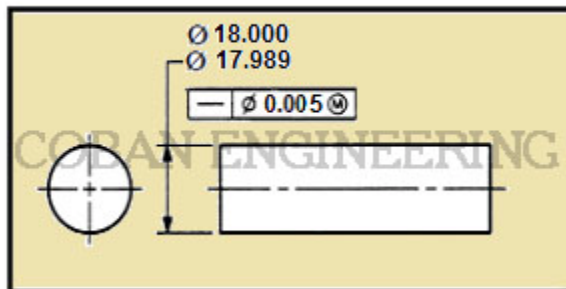
Straightness



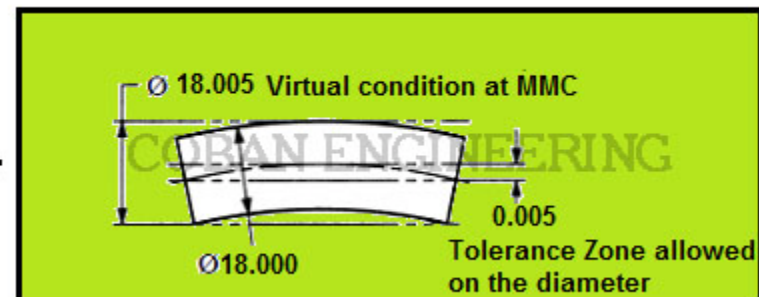
MEANS A, B, or C



THIS IS ON THE DRAWING



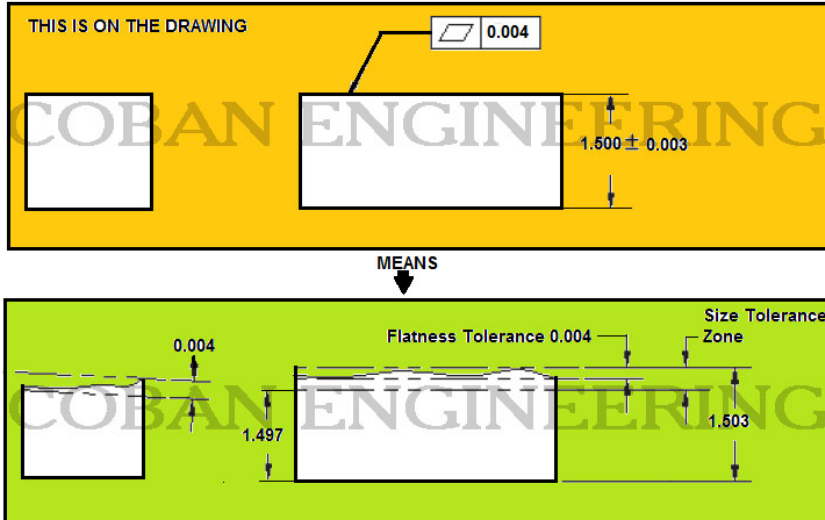
MEANS



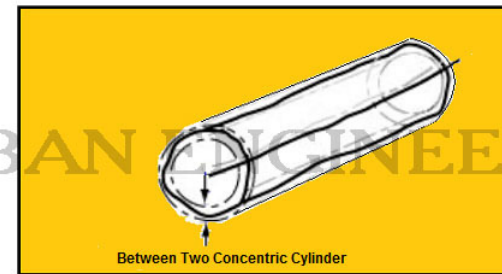
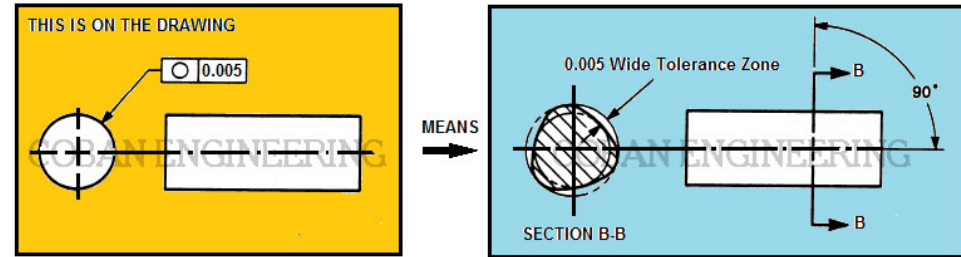
ตัวอย่างการกำหนดค่า GD&T (2)

<http://www.cobanengineering.com>

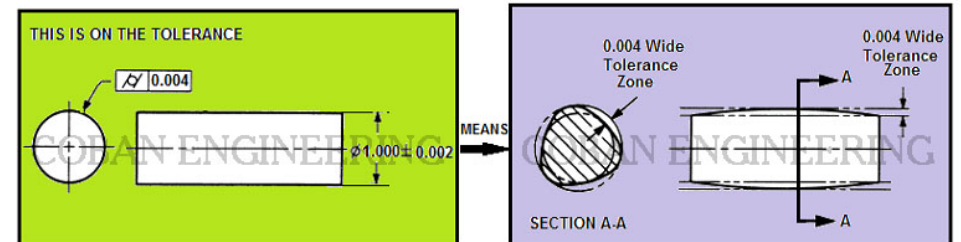
Flatness



Circularity



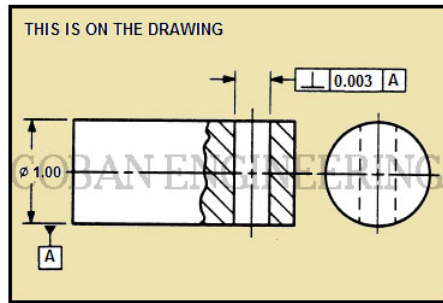
Cylindricity



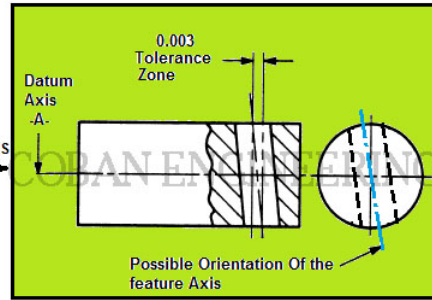
ตัวอย่างการกำหนดค่า GD&T (3)

<http://www.cobanengineering.com>

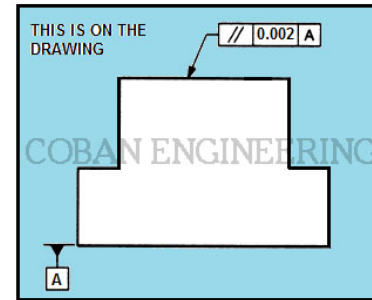
Perpendicularity



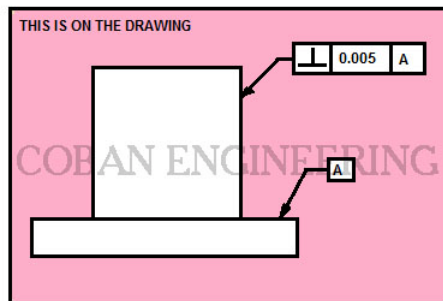
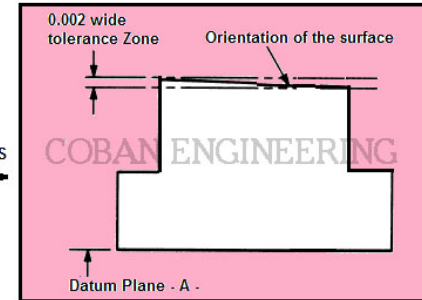
MEANS



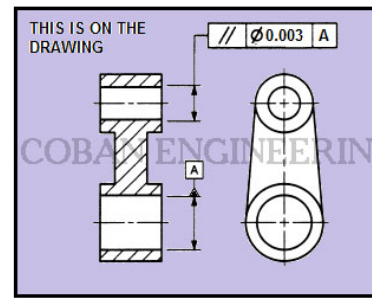
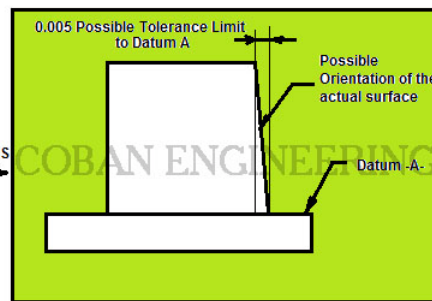
Parallelism



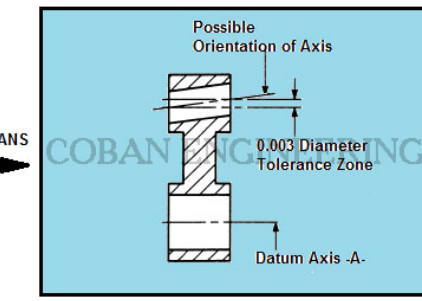
MEANS



MEANS



MEANS

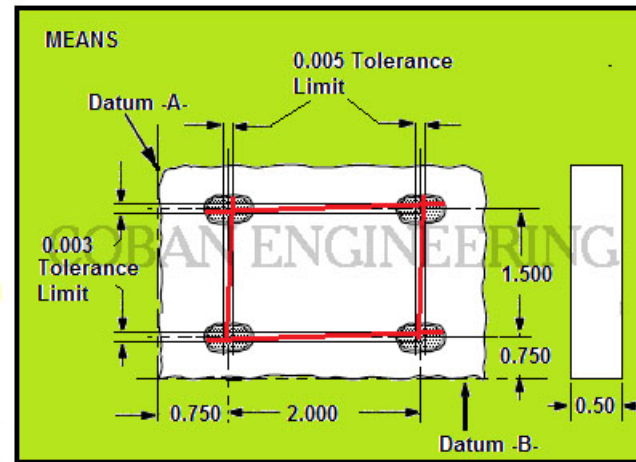
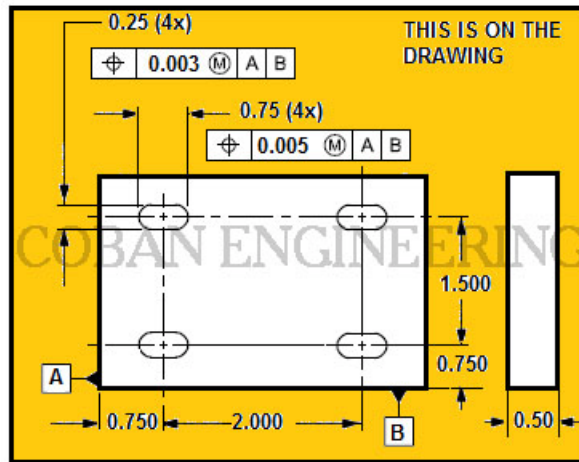


Datum : จุด เส้น ระนาบ หรือพื้นผิวอย่างอื่นที่ใช้ในการอ้างอิงการวัดตำแหน่ง
ดังนั้นในการผลิตต้องทำให้ Datum มีความสมบูรณ์ของรูปร่าง

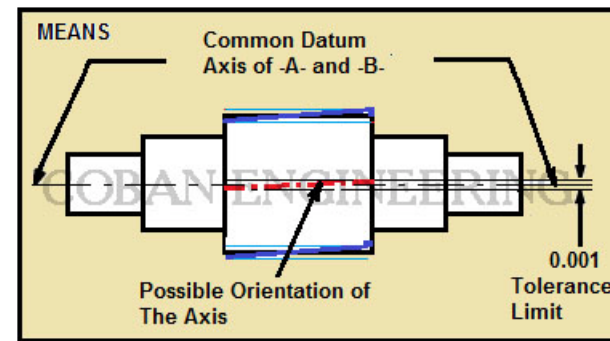
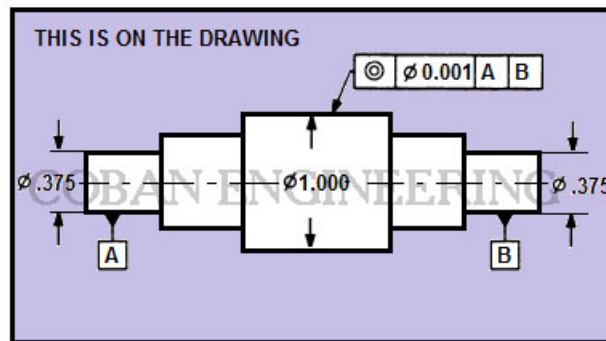
ตัวอย่างการกำหนดค่า GD&T (4)

<http://www.cobanengineering.com>

Positional



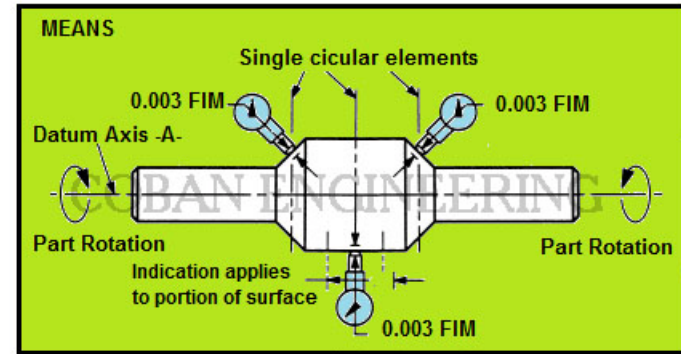
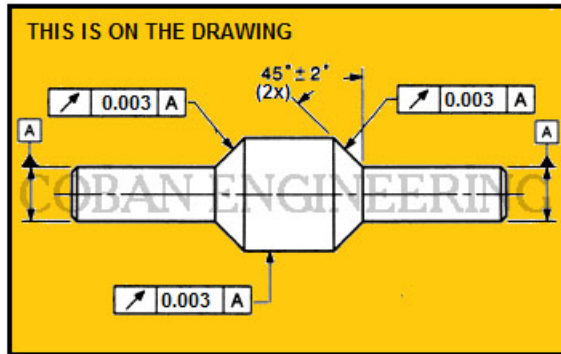
Concentricity



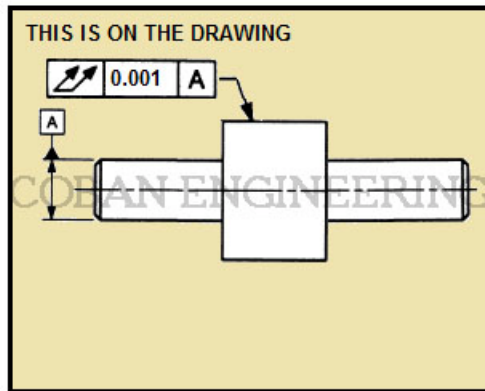
ตัวอย่างการกำหนดค่า GD&T (5)

<http://www.cobanengineering.com>

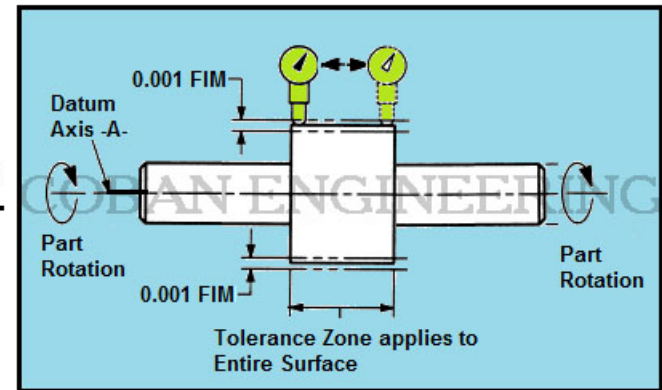
Circular runout



Total runout



MEANS



Surface roughness

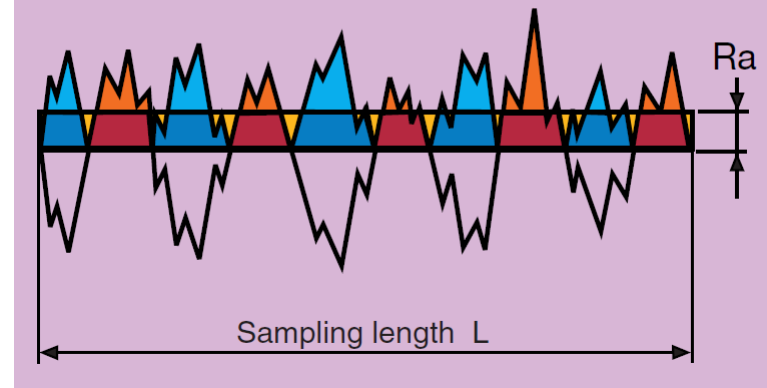
- ความเรียบของผิว แสดงถึงความเรียบของผิวหลังปรับแต่งแล้ว
- ความเรียบขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตและความประณีตในการผลิต
- ความเรียบผิวมีความสัมพันธ์กับ การสึกหรอจากการเสียดสี แรงเสียดทานระหว่างผิว ความสามารถในการป้องกันการรั่วซึม และความรู้สึกในการสัมผัส ความสวยงาม
- ยิ่งผิวเรียบ ยิ่งต้องใช้เวลา และต้นทุนในการผลิตสูง จะกำหนดในตำแหน่งที่มีความจำเป็นเท่านั้น

Roughness parameters

- Ra : Arithmetical mean deviation
- Rt : Total height of profile
- Rzjis : Ten point height of roughness profile

Ra : Arithmetical mean deviation

$$Ra, Pa, Wa = \frac{1}{L} \int_0^L |Z(x)| dx$$

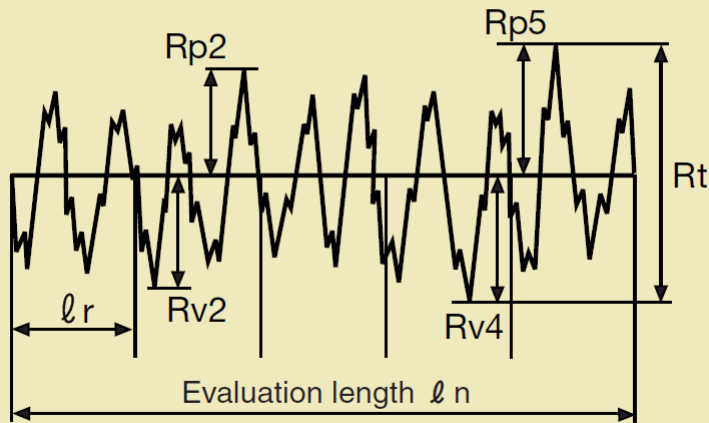


Roughness parameters

<http://www.inspectionengineering.com/Images/SurfaceFinishExplain.pdf>

Rt : Total height of profile

$$R_t, P_t, W_t = \max (R_{pi}) + \max (R_{vi})$$



Evaluation length = $n \times$ sampling length
(standard length, cut-off length)

ปกติ $n = 5$

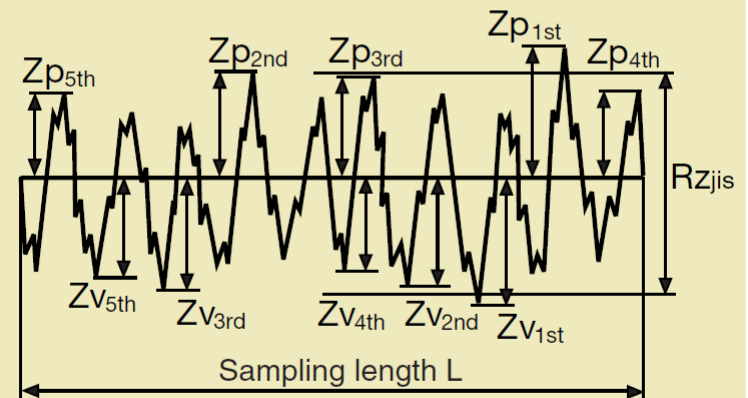
หากหาความแตกต่างระหว่างค่ามากที่สุด และน้อยสุด แต่คิดแต่ความยาว sampling length จะได้ค่า R_y แทน R_t

Rzjis : Ten point height of roughness profile

Rzjis Ten point height of roughness profile
(Rz at JIS'94)

Sum of mean value of largest peak to the fifth largest peak and mean value of largest valley to the fifth largest valley within a sampling length.

$$R_{zjis} = \frac{1}{5} \sum_{j=1}^5 (Z_{pj} + Z_{vj})$$



Annex of JIS only and confirm to JIS'94
Different from Rz at JIS'82

Ra, Rz and Symbols

http://de.misumi-ec.com/pdf/tech/mold/09_mo1517.pdf

Reference: Relationship between arithmetical mean roughness (Ra) and conventional symbols

Arithmetical mean roughness Ra			Max. height Ry	Ten-point mean roughness Rz	Standard length of Ry · Rz ℓ(mm)	Triangular indication		
Preferred number series	Cut-off value c (mm)	Indication of surface texture on drawings	Preferred number series					
0.012 a	0.08	0.012/√ ~ 0.2/√	0.05 s	0.05 z	0.08			
0.025 a			0.1 s	0.1 z				
0.05 a	0.25		0.2 s	0.2 z	0.25			
0.1 a			0.4 s	0.4 z				
0.2 a			0.8 s	0.8 z				
0.4 a	0.8	0.4/√ ~ 1.6/√	1.6 s	1.6 z	0.8			
0.8 a			3.2 s	3.2 z				
1.6 a			6.3 s	6.3 z				
3.2 a	2.5		3.2/√ ~ 6.3/√	12.5 s	12.5 z		2.5	
6.3 a				25 s	25 z			
12.5 a	8	12.5/√ ~ 25/√		50 s	50 z	8		
25 a				100 s	100 z			
50 a				50/√ ~ 100/√	200 s			
100 a	400 s		400 z		—	~		

※The interdependence for 3 classes is not strictly enforced.

※The evaluation lengths of Ra : Ry and Rz : Five times the cut-off value and standard length respectively.

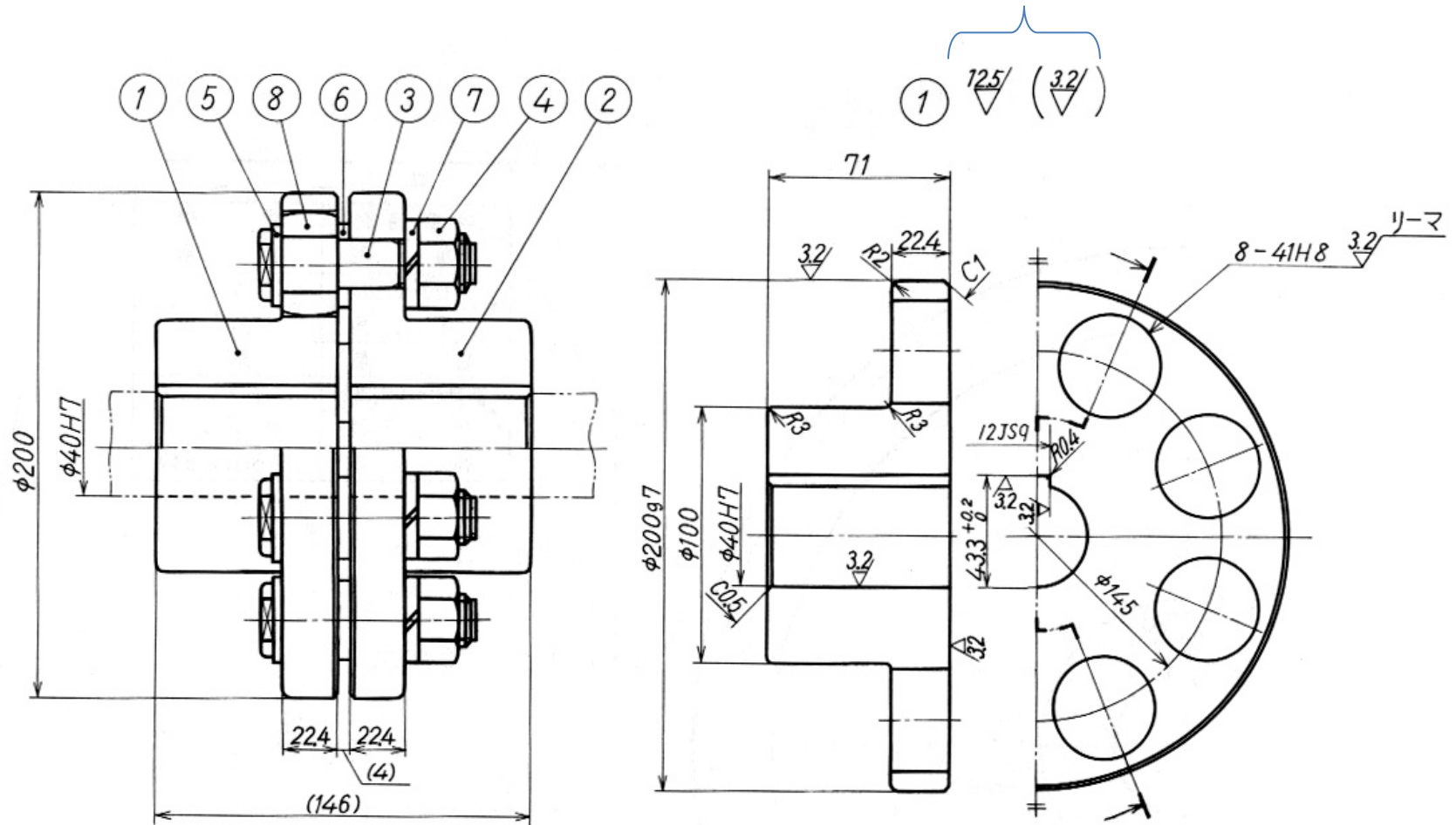
ตัวอย่างการใช้งาน

สัญลักษณ์	ตัวอย่างสัญลักษณ์	Ra	การใช้งาน
			ไม่มีการปรับแต่งผิว
	12.5/  25/ 	12.5-25	ผิวที่มีการ machine อย่างหยาบๆ ใช้ในบริเวณที่ไม่มีการสัมผัส ไม่คำนึงถึงความสวยงาม
	3.2/  6.3/ 	3.2-6.3	Medium commercial finish – Coarse production finish ผลิตได้โดยเครื่องกลึง เครื่องกัด พื้นผิวที่มีการสัมผัส
	0.8/  1.6/ 	0.4-1.6	First class – Good machine finish ใช้เครื่องกัด กลึงได้ แต่ต้องประณีต งานสวม บริเวณใส่แบริ่ง พื้นผิวที่ใส่วัสดุป้องกันการรั่วซึม
	0.2/ 	0.012-0.2	Very fine quality surface finishes, costly to produce Precision gauge, laboratory instrument

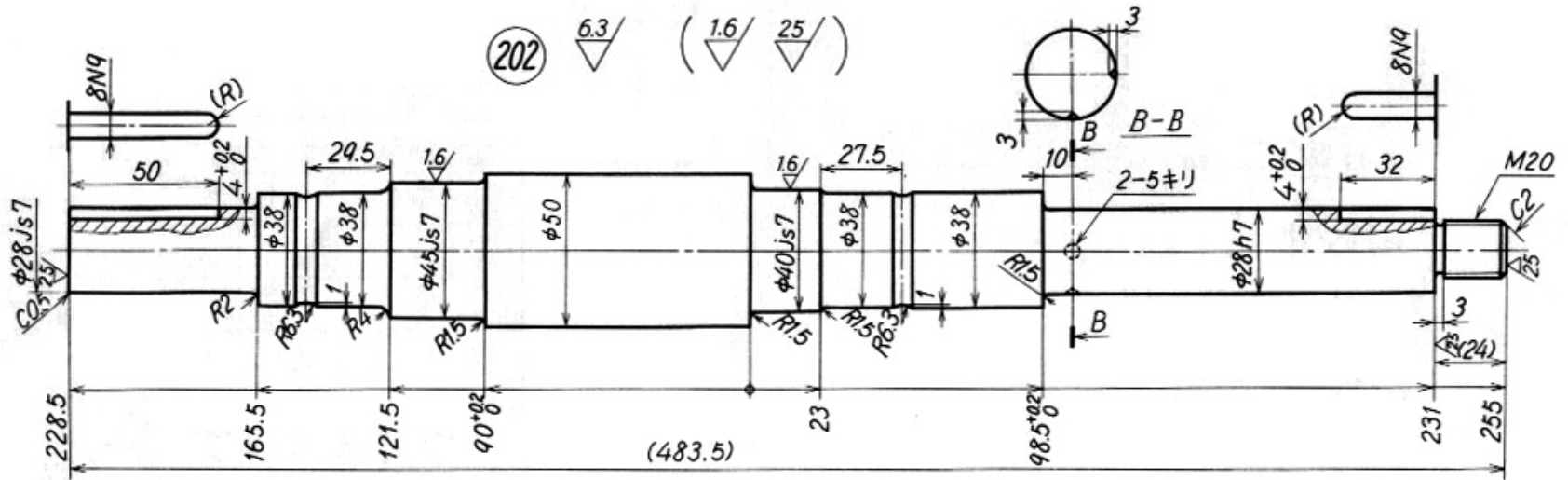
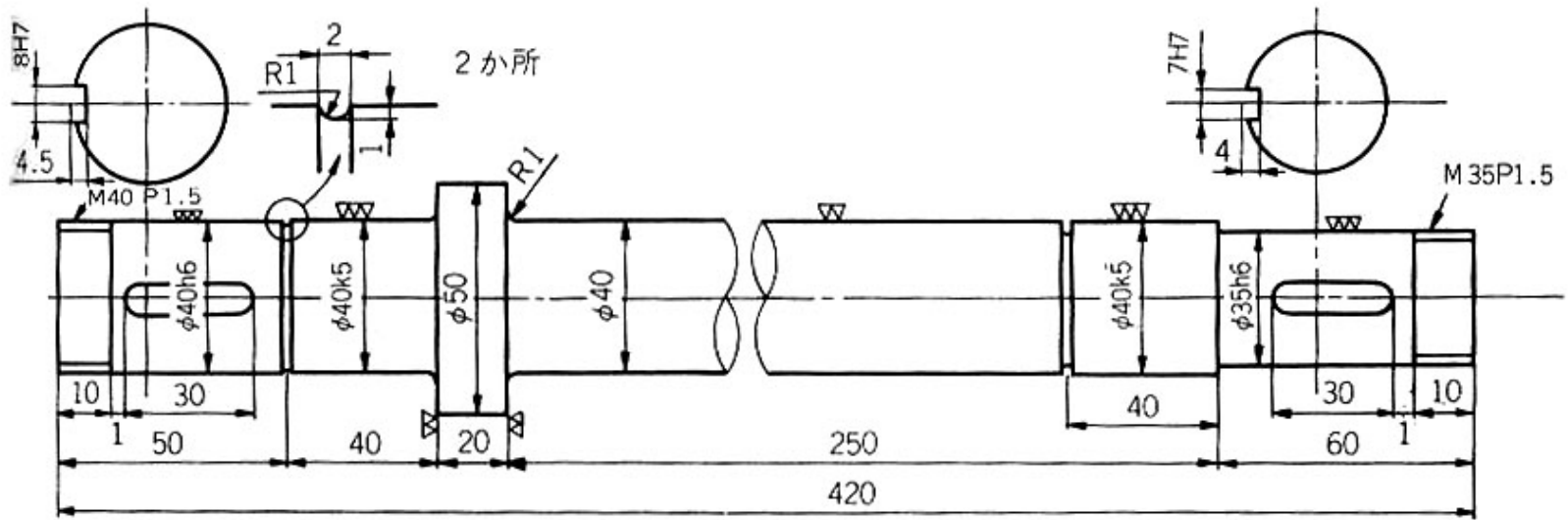
ตัวอย่าง drawing (1)

ถ้าไม่มีกำหนดใช้ $Ra = 12.5$

ค่าอื่นที่มีในแบบ $Ra = 3.2$



ตัวอย่าง drawing (2)



Surface roughness and Manufacturing process

https://en.wikipedia.org/wiki/Surface_finish

