

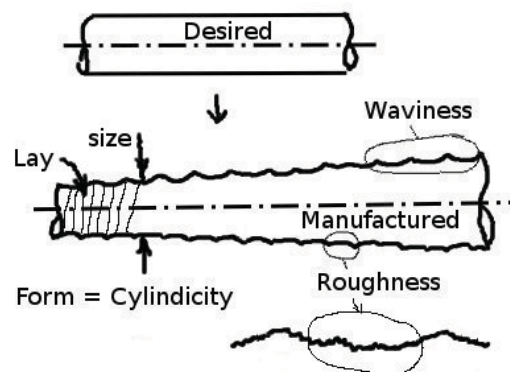
บทที่ 3

ลักษณะของพื้นผิว Surface Texture

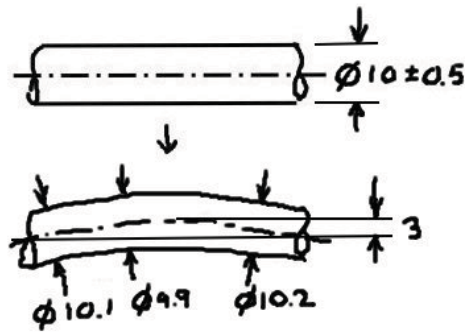
ในการใช้งานชิ้นงานส่วนหลายๆอย่างนั้น ลักษณะของพื้นผิวของชิ้นงานมีความสำคัญต่อการใช้งานเป็นอย่างยิ่ง ดังนั้นในการเขียนแบบเพื่อการผลิตนั้นเราจำเป็นต้องมีการกำหนด กรรมวิธีการผลิต (manufacturing methods), ความหยาบของพื้นผิวที่ต้องการ (required roughness), และลักษณะของพื้นผิวที่ต้องการอื่นๆเข้าไปด้วย เพื่อให้ชิ้นงานสามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ ในการกำหนดลักษณะของพื้นผิวนั้น เราจะต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่าย และเครื่องมือการผลิตที่มีใช้ด้วย และเราจะกำหนดลักษณะพื้นผิวเท่าที่จำเป็นต่อการทำงานของชิ้นงานเท่านั้น เพื่อจำกัดต้นทุนในการผลิต

3.1 ความผิดพลาดต่างๆในการผลิต

ในการผลิตเราสามารถจำแนกลักษณะความผิดพลาดในการผลิตพื้นผิวได้สามแบบคือ ความผิดพลาดด้านขนาด และรูปร่าง, ความเป็นคลื่น, และความหยาบของพื้นผิว ตัวอย่างของความผิดพลาดทั้งสามนั้นแสดงให้เห็นชัดเจนดังในรูปที่ 3.1 ซึ่งเป็นตัวอย่างลักษณะของความผิดพลาดในการผลิตชิ้นงานรูปทรงกระบอก ในรูปด้านล่างของรูปที่ 3.1 จะเห็นความผิดพลาดทั้งสามอย่างชัดเจน



รูปที่ 3.1: ลักษณะความผิดพลาดในการผลิตพื้นผิว



รูปที่ 3.2: ตัวอย่างลักษณะความผิดพลาดในการผลิตทรงกระบอก

3.1.1 ความผิดพลาดของขนาดและรูปร่าง (size and form error)

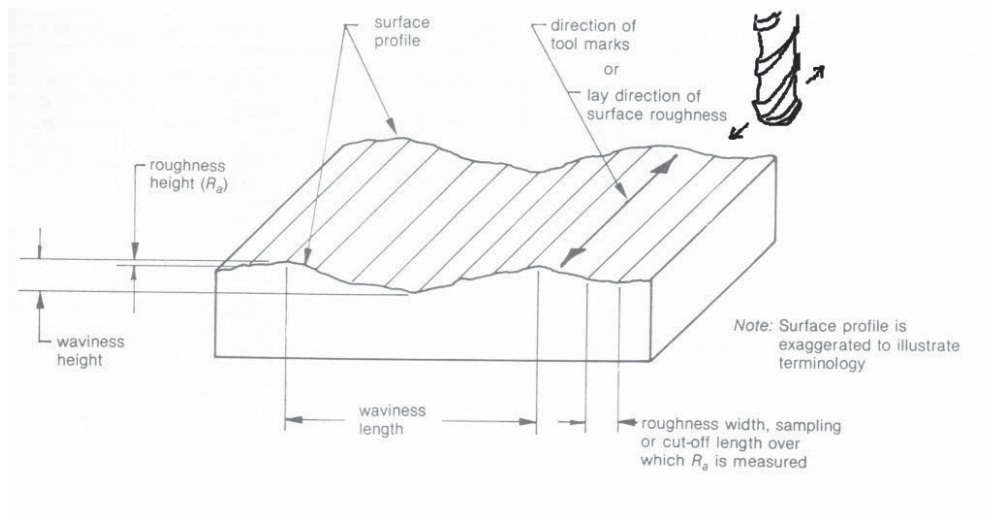
ความผิดพลาดในด้านรูปร่างเป็นความผิดพลาดที่มีผลต่อการใช้งานโดยรวมของชิ้นงาน ตัวอย่างเช่น การสวมเพลาลูกปืนกับตลับลูกปืน ถ้าต้องการให้ใส่ได้ง่ายก็ต้องกำหนดให้ขนาดของเพลาลูกปืนเล็กกว่า แต่ถ้าต้องการลดการเสียดสีก็ต้องให้เพลาลูกปืนใหญ่กว่าแหวนในของตลับลูกปืนเล็กน้อยแล้วใช้การสวมอัด การทำดังนี้จะทำให้เพลาลูกปืนและแหวนในของตลับลูกปืนหมุนไปด้วยกันและไม่เกิดการเสียดสี ความผิดพลาดแบบนี้สามารถวัดเพื่อการตรวจสอบได้ง่ายโดยใช้เครื่องมือพื้นฐาน เช่น เวอร์เนีย หรือ dial gauge ในการกำหนดค่าความผิดพลาดของรูปร่างที่ยอมรับได้สำหรับชิ้นงานหลายๆชิ้นที่ต้องประกอบเข้าด้วยกัน จะสามารถทำได้โดยใช้มาตรฐานของ ISO ในเรื่องของความพอดีในการสวมใส่และพิถีพิถันของขนาด (fits and tolerance) และ ในเรื่องของพิถีพิถันของรูปร่าง (geometric tolerance)

ในรูปที่ 3.1 จากในรูปจะเห็นว่าเราถ้าต้องการชิ้นงานทรงกระบอก แต่เมื่อผลิตชิ้นงานทรงกระบอกนั้นจะไม่สามารถทำให้เป็นทรงกระบอกได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ การผลิตจะต้องมีความผิดพลาดได้บ้าง ความผิดพลาดของรูปร่างที่ได้จริงที่แตกต่างไปจากรูปร่างทรงกระบอกที่ต้องการนั้น เราเรียกว่าความผิดพลาดของรูปร่าง (form error)

ในกรณีทั่วไปเราจะกำหนดเฉพาะพิถีพิถันของขนาด (tolerance) เท่านั้น ในรูปชิ้นงานรูปบนในรูปที่ 3.2 เรากำหนดพิถีพิถันของขนาดว่าให้เส้นผ่านศูนย์กลางของทรงกระบอกอยู่ในช่วง 9.5 ถึง 10.5 mm ในกรณีนี้ เมื่อผลิตชิ้นงานออกมาแล้ว การตรวจวัดก็ทำได้โดยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางว่าในแต่ละตำแหน่งนั้นอยู่ในขนาดที่กำหนด แต่สังเกตว่าชิ้นงานที่ได้อาจผิดพลาดได้มากจากรูปร่างทรงกระบอก ดังแสดงในรูปด้านล่าง ชิ้นงานอาจโค้งได้มากแต่ยังมีขนาดที่ถูกต้องตามพิถีพิถันของขนาด ในกรณีนี้ถ้าเป็นเราสามารถกำหนดลงในแบบชิ้นงานได้ว่าต้องการให้ชิ้นงานที่ได้มีความแตกต่างจากรูปร่างทรงกระบอกไม่มากกว่าเท่าใด ในกรณีนี้เราเรียกว่าการกำหนดพิถีพิถันของรูปร่าง (geometric tolerancing) ถ้ากำหนดพิถีพิถันของรูปร่างทรงกระบอก เราจะต้องตรวจเส้นผ่านศูนย์กลางที่ตำแหน่งต่างๆว่าได้ขนาด และก็ต้องตรวจว่าตำแหน่งศูนย์กลางของเส้นผ่านศูนย์กลางที่ตำแหน่งต่างๆนี้อยู่เยื้องกันต่ำกว่าที่กำหนดไว้หรือไม่ด้วย เราจะกล่าวถึงทั้งสองเรื่องนี้ในรายละเอียดในบทต่อไป

3.1.2 ความเป็นคลื่น (waviness)

ความเป็นคลื่นเป็นความผิดพลาดที่ความยาวคลื่นมากกว่าบนพื้นผิวของชิ้นงาน ความเป็นคลื่นมักมีความสม่ำเสมอ ความเป็นคลื่นอาจเกิดจากการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต ซึ่งทำให้เกิดความสม่ำเสมอนี้ รูปที่ 3.3 เป็นรูปขยายของชิ้นงานในรูปที่ 3.1 ความเป็นคลื่นนั้นวัดได้ค่อนข้างยาก และจะแบ่งแยกออกจากความผิดพลาดด้านรูปร่างได้ยากด้วย



รูปที่ 3.3: คำศัพท์ต่างๆสำหรับลักษณะของพื้นผิว [From xxx]

3.1.3 ความหยาบของผิว (surface roughness)

ความหยาบของผิวเป็นความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการผลิตแบบหนึ่ง ความหยาบเกิดขึ้นจากรูปร่างของวัสดุที่ใช้ขึ้นรูปชิ้นงาน และกรรมวิธีการขึ้นรูป สำหรับการวัดความหยาบ เราจะวัดลักษณะที่เกิดจากความขรุขระของพื้นผิวที่มีความยาวคลื่นน้อย ดังนั้นในการวัดเราจะต้องจำกัดระยะในการวัดให้ต่ำลักษณะความเป็นคลื่น ระยะนี้เรียกว่า cut-off length ดังแสดงในรูปที่ 3.3 cut-off length มีค่ามาตรฐานที่ใช้กันมากคือ 0.25mm, 0.8mm, และ 2.5 mm ความหยาบของพื้นผิวมีความสำคัญต่อการใช้งานหลายอย่าง เช่น แรงเสียดทานระหว่างพื้นผิว, การสึกหรอจากการเสียดสี, ความสวยงาม (looks), ความรู้สึกในการสัมผัส (feels), ความสามารถในการป้องกันการรั่วซึม (sealing property)

ในรูปนี้แสดงลักษณะของพื้นผิวอีกอย่างคือ lay (แนวการกัดขึ้นงาน) lay เป็นลักษณะที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงาน เมื่อจำเป็นเราสามารถกำหนด lay ได้

3.2 ค่าความหยาบของพื้นผิว

ค่าความหยาบของพื้นผิวนั้นมีผลโดยตรงต่อความเงามันของผิวชิ้นงาน เราอาจประมาณค่าความหยาบได้จากความเป็นเงามัน แต่ถ้าต้องการความแม่นยำแล้วเราจำเป็นต้องมีค่ากำหนดเป็นตัวเลข และมีวิธีการคำนวณที่ชัดเจน ค่าความหยาบที่ใช้กันแพร่หลายเป็นค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของค่าความแตกต่างของความสูงของพื้นผิวจากตำแหน่งความสูงเฉลี่ย รูปที่ 3.4 แสดงค่าต่างๆเกี่ยวกับการคำนวณค่าความหยาบจากค่าความสูงของพื้นผิว การคำนวณทำได้โดยเริ่มจากการหาแนวระดับเฉลี่ย ระดับเฉลี่ยคือตำแหน่งระดับที่มีพื้นที่เหนือแนวเฉลี่ยเท่ากับพื้นที่ใต้แนวเฉลี่ยดังแสดงในรูป

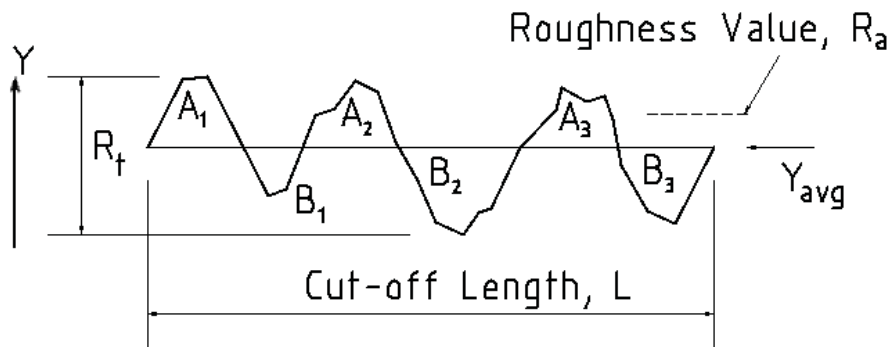
$$(A_1 + A_2 + A_3 + \dots) = (B_1 + B_2 + B_3 + \dots) \tag{3.1}$$

หรือถ้าให้ความสูงของพื้นผิวเป็น y เราจะได้ว่า

$$\bar{y} = \frac{1}{L} \int_0^L y dl, \quad (\sum_i A_i = \sum_j B_j) \tag{3.2}$$

เราสามารถคำนวณค่าความหยาบ, R_a ได้คือ

$$R_a = \frac{(A_1 + A_2 + A_3 + \dots) + (B_1 + B_2 + B_3 + \dots)}{L} \tag{3.3}$$



รูปที่ 3.4: Surface roughness profile

หรือจาก

$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |y - \bar{y}| dl, \quad (R_a = \frac{\sum_i A_i + \sum_j B_j}{L}) \quad (3.4)$$

ถ้าระดับพื้นผิวเป็นแบบคลื่นสามเหลี่ยมที่มีระยะจากท้องคลื่นถึงยอดคลื่นเป็น R_t เราจะได้ว่า $R_a = R_t/4$

เมื่อใช้ค่าความหยาบ, R_a , นี้ในการกำหนดบนแบบชิ้นงาน เราควรจะใช้ค่ามาตรฐานในหน่วยไมโครเมตร (μm) ดังต่อไปนี้ คือ 0.025, 0.05, 0.1, 0.2, 0.4, 0.8, 1.6, 3.2, 6.3, 12.5, 25, 50 ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ผลิตสามารถเลือกใช้การผลิตที่เหมาะสมได้สะดวก

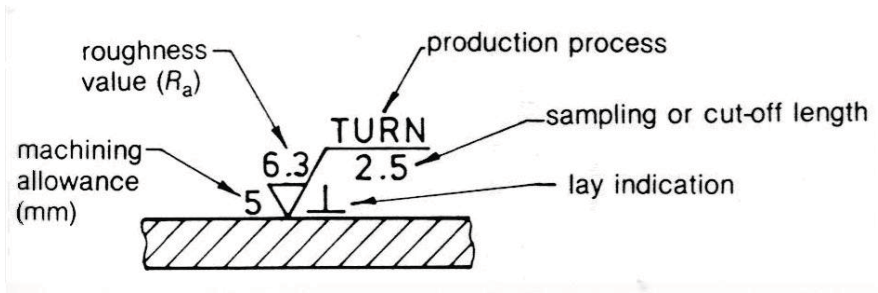
3.3 การกำหนดความหยาบของพื้นผิว

เรากำหนดค่าความหยาบที่ต้องการและลักษณะอย่างอื่นที่ต้องการได้ดังในรูปที่ 3.5 โดยขนาดที่เหมาะสมแสดงดังในรูปที่ 3.6 โดย h คือค่าความสูงของตัวหนังสือ ดังแสดงในรูป การกำหนดลักษณะของพื้นผิวที่ต้องการเราสามารถกำหนด:

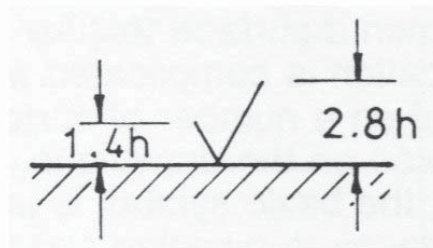
1. ค่าความหยาบ R_a (roughness value, μm)
2. การค่าความยาว cut-off length L (mm) สำหรับการวัดค่าความหยาบ
3. วิธีการผลิต (production process)
4. แนวการกัดชิ้นงาน (lay)
5. เป็นค่าเผื่อแนะนำสำหรับการสั่งซื้อหรือเตรียมชิ้นงาน เพื่อให้มีเนื้องานพอในการทำกระบวนการต่างๆ (machining allowance, mm)

3.3.1 ค่าเลขความหยาบ (Roughness grade number)

การกำหนดค่าความหยาบอาจใช้ค่า R_a ในหน่วย μm หรือ μin ก็ได้ ในบางกรณีการกำหนดค่าด้วยค่านี้อาจไม่ชัดเจนหรือไม่เหมาะสม เราสามารถให้ค่า roughness number แทนได้ ค่าความหยาบของ roughness number แต่ละค่าแสดงในตารางที่ 3.1 นอกจากนี้แล้วการกำหนดค่าความหยาบอีกแบบที่ใช้กันมาก คือใช้รูปสามเหลี่ยมคว่ำ โดยที่ $\nabla\nabla$ หมายถึงค่าความหยาบ $R_a = 0.4-1.6$, ∇ หมายถึงค่าความหยาบ $R_a = 3.2-6.3$, และ ∇ หมายถึงค่าความหยาบ $R_a = 12.5-25$



รูปที่ 3.5: การกำหนดค่าลักษณะของพื้นผิวที่ต้องการ [Boundy]



รูปที่ 3.6: ขนาดที่เหมาะสมสำหรับการกำหนดลักษณะของพื้นผิว [Boundy]

ตารางที่ 3.1: ตารางค่าเลขความหยาบ (Roughness grade number)

Roughness Value (R_a)		Roughness Grade
μm	μin	
50	2000	N12
25	1000	N11
12.5	500	N10
6.3	250	N9
3.2	125	N8
1.6	63	N7
0.8	32	N6
0.4	16	N5
0.2	8	N4
0.1	4	N3
0.05	2	N2
0.025	1	N1

Symbol	Interpretations	Symbol	Interpretations
	the basic symbol—consists of two unequal legs inclined at 60° and resting on the surface to be controlled	0.4/ALL OVER	may be applied in the title block or as a note when a single value applies to all machined surfaces controlled
	used when machining is necessary to obtain the desired texture	6.3 ALL OVER EXCEPT WHERE OTHERWISE INDICATED	may be applied in the title block or as a note when a single value applies to the majority of machined surfaces; exceptions should be indicated on the individual surfaces concerned
	used when the surface texture is to remain as found from the last process and no material, e.g. a cast or forged part, is to be removed	2 1.6 TURN	used to specify a turning allowance of 2 mm after which a surface texture of 1.6 μm is required
	used to specify maximum and minimum limits of surface roughness obtained by any machining process	N4	used to specify the roughness value by a standard number equivalent to 0.2 μm or 8 μm
	used to specify maximum and minimum limits of surface roughness obtained without machining	3.2/M	used to specify a roughness value together with a multidirectional lay texture
	used to indicate a particular machining process and roughness value	0.8 0.008-4	used to specify a roughness value together with a waviness height of 0.008 mm and spacing of 4 mm
	used to indicate a sampling length in millimetres and a machined surface texture	$\sqrt{\quad} = \sqrt{\quad} \text{ MILL}$	used when a surface texture specification is complicated and is required on a number of surfaces and space on the drawing is limited; the basic symbol is used on the surfaces in question and its meaning is clearly defined in note form on the drawing as shown
	used to indicate roughness before and after surface treatment; note the use of type J line representing the surface after treatment		

รูปที่ 3.7: ตัวอย่างการกำหนดลักษณะพื้นผิว [Boudy]

3.3.2 การใช้สัญลักษณ์ต่างๆในการกำหนดลักษณะของพื้นผิว

การกำหนดลักษณะของพื้นผิวสามารถทำได้หลากหลาย การกำหนดนั้นขึ้นอยู่กับการใช้งานของชิ้นส่วนที่ต้องการผลิต รูปที่ 3.7 แสดงตัวอย่างการใช้งานของสัญลักษณ์ต่างๆในการกำหนดลักษณะพื้นผิวที่ใช้กันทั่วไป

3.3.3 Lay symbols

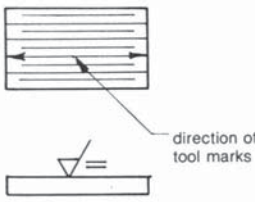
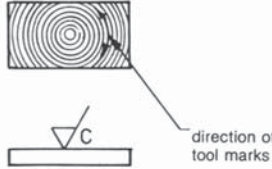
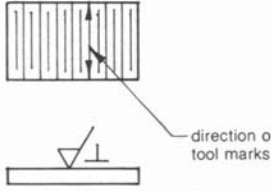
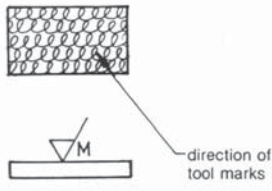
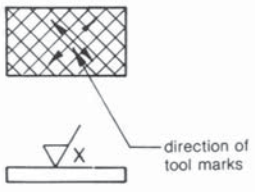
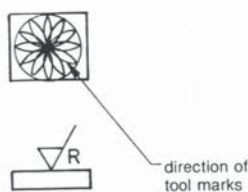
กรรมวิธีการผลิตหลายอย่างจะทำให้เกิดลวดลายขึ้นบนพื้นผิว เมื่อต้องการเราสามารถกำหนดลวดลายที่ต้องการได้ รูปที่ 3.8 แสดงตัวอย่างสัญลักษณ์ที่ใช้ในการกำหนดลวดลาย

3.3.4 การวางแนวสัญลักษณ์กำหนดลักษณะของพื้นผิว

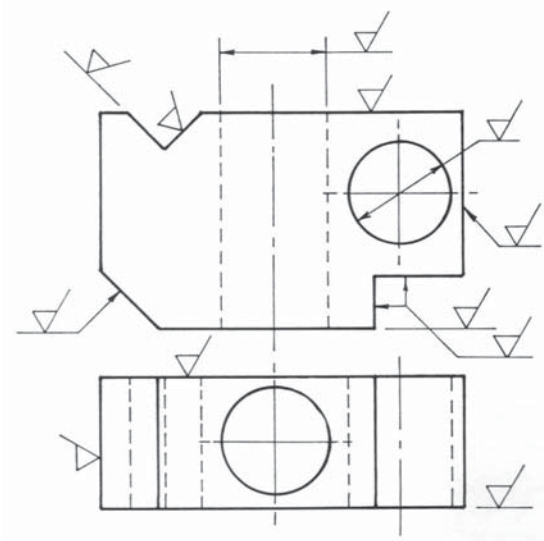
การวางสัญลักษณ์กำหนดลักษณะของพื้นผิวนั้น ควรกำหนดให้สามารถอ่านได้สะดวกจากด้านล่างและด้านขวาของแบบ การกำหนดควรวางสัญลักษณ์ในรูปที่เห็นพื้นผิวที่ต้องการเป็นเส้น (edge view) และสามารถใช้อูกรศหรือเส้น leader line ได้ รูปที่ 3.9 แสดงตัวอย่างการวางแนวสัญลักษณ์ค่าลักษณะของพื้นผิว

3.4 การใช้งานค่าความหยาบ

การใช้งานค่าความหยาบต่างๆแสดงในรูปที่ 3.10

Lay symbol	Description	Lay symbol	Description
=	 <p>Lay is parallel to the line representing the surface to which the symbol is applied.</p>	C	 <p>Lay is generally circular relative to the centre of the surface to which the symbol is applied.</p>
⊥	 <p>Lay is perpendicular to the line representing the surface to which the symbol is applied.</p>	M	 <p>Lay is multidirectional, but generally having some kind of tool mark pattern.</p>
X	 <p>Lay is slanting in both directions to the line representing the surface to which the symbol is applied.</p>	R	 <p>Lay is approximately radial to the centre of the surface to which the symbol is applied.</p>

รูปที่ 3.8: ตัวอย่างสัญลักษณ์ที่ใช้ในการกำหนดลวดลาย [Boundy]



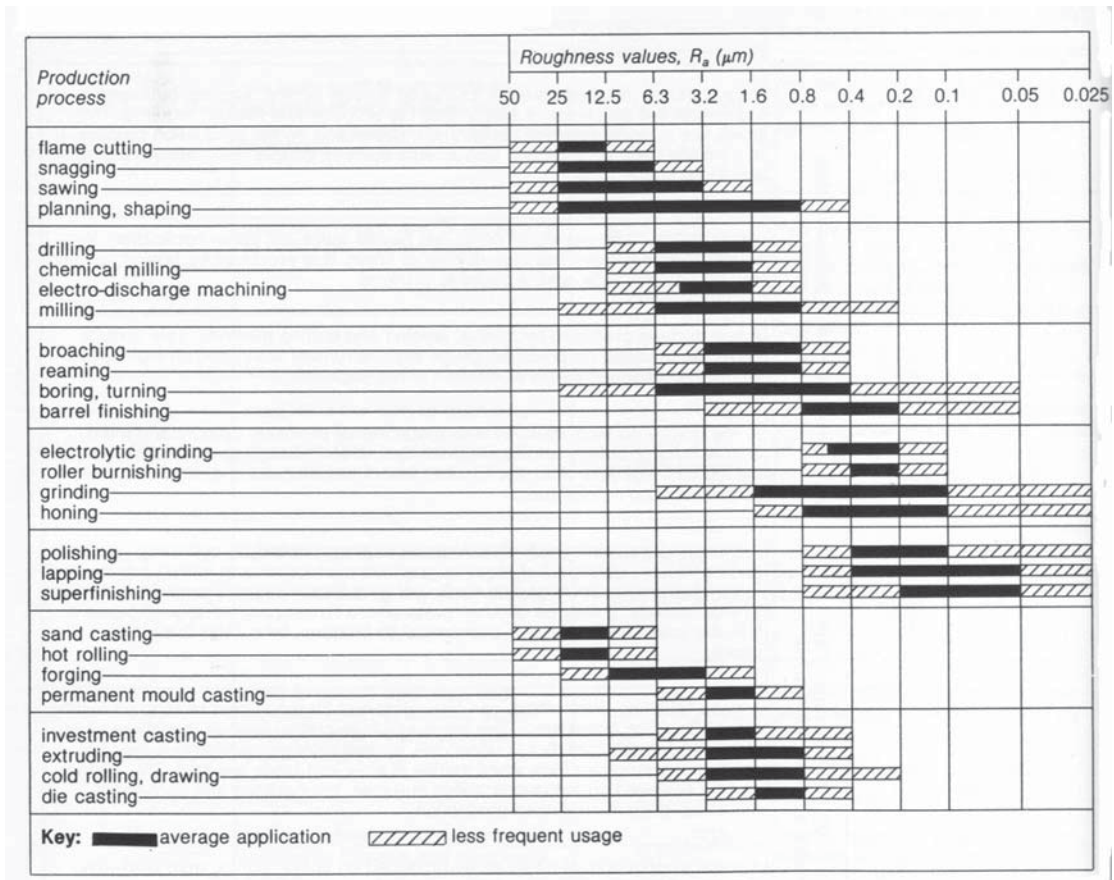
รูปที่ 3.9: ตัวอย่างการวางแนวสัญลักษณ์กำหนดลักษณะของพื้นผิว [Boundy]

3.5 ความหยาบจากการผลิตแบบต่างๆ

ค่าความหยาบที่สามารถผลิตได้นั้นขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการผลิต สำหรับการออกแบบและการเลือกค่าความหยาบ เราจะต้องคำนึงถึงความสามารถในการผลิตที่มีอยู่ด้วย กรรมวิธีการผลิตแบบต่างๆ และช่วงค่าความหยาบที่สามารถทำได้นั้นแสดงดังในรูปที่ 3.11

Ra (micron)		Applications
$\sqrt{0.025}$ or $\sqrt{0.025}$ and $\sqrt{0.05}$ or $\sqrt{0.05}$	very fine quality surface finishes; costly to produce	This very smoothly finished surface is produced by fine honing, lapping, buffing or super-finishing machines. It is costly to produce and seldom required. It has a highly polished appearance, depending on the production process, and is normally used on precision instruments such as gauges, laboratory equipment and finely made tools.
$\sqrt{0.1}$ or $\sqrt{0.1}$		This is similar to the finer grades of finish and has much the same application. Very refined surfaces have this high degree of finish. It is produced by honing, lapping and buffing methods and is costly to produce.
$\sqrt{0.2}$ or $\sqrt{0.2}$		This fine surface is produced by honing, lapping and buffing methods. This texture could be specified on precision gauge and instrument work, and on high speed shafts and bearings where lubrication is not dependable.
$\sqrt{0.4}$ or $\sqrt{0.4}$		This fine quality surface can be produced by precision cylindrical grinding, coarse honing, buffing and lapping methods. It is used on high speed shafts, heavily loaded bearings and other applications where smoothness is desirable for the proper functioning of a part.
$\sqrt{0.8}$ or $\sqrt{0.8}$	medium quality finishes; used where reasonable surfaces are required	This first-class machine finish can be easily produced on cylindrical, surface and centreless grinders but requires great care on lathes and milling machines. It is satisfactory for bearings and shafts carrying light loads and running at medium to slow speeds. It may be used on parts where stress concentration is present. It is the finest finish that it is economical to produce; below this costs rise rapidly.
$\sqrt{1.6}$ or $\sqrt{1.6}$		This good machine finish can be maintained on production lathes and milling machines using sharp tools, fine feeds and high cutting speeds. It is used when close fits are required but is unsuitable for fast rotating members. It may be used as a bearing surface when motion is slow and loads are light. This surface can be achieved on extrusions, rolled surfaces, die castings and permanent mould castings in controlled production.
$\sqrt{3.2}$ or $\sqrt{3.2}$		This medium commercial finish is easily produced on lathes, milling machines and shapers. A finish commonly used in general engineering machining operations, it is economical to produce and of reasonable appearance. It is the roughest finish recommended for parts subjected to slow speeds, light loads, vibration and high stress, but it should not be used for fast rotating shafts. This finish may also be found on die castings, extrusions, permanent mould castings and rolled surfaces.
$\sqrt{6.3}$ or $\sqrt{6.3}$	rough finishes; used where quality surfaces are unimportant	This coarse production finish is obtained by taking coarse feeds on lathes, millers, shapers, boring and drilling machines. It is acceptable when tool marks have no bearing on performance or quality. This texture can also be found on the surfaces of metal moulded castings, forgings, extruded and rolled surfaces, and can be produced by rough hand filing or disc grinding.
$\sqrt{12.5}$ or $\sqrt{12.5}$		This surface is produced from heavy cuts and coarse feeds by milling, turning, shaping, boring, disc grinding and snagging. It can also be obtained by sand casting, saw cutting, chipping, rough forging and oxy cutting. This finish is rarely specified and is used only where it is not seen or its appearance is unimportant, e.g. on machinery, jigs and fixtures.
$\sqrt{25}$		This very rough finish is produced by sand casting, torch and saw cutting, chipping and rough forgings. Machining operations are not required as this finish is suitable as found, e.g. on large machinery.

รูปที่ 3.10: ตัวอย่างการใช้งานค่าความหยาบ [Boundy]



รูปที่ 3.11: ค่าความหยาบของกรรมวิธีการผลิตแบบต่างๆ [?]