

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS SUMINISTRADOS POR UN RUGOSÍMETRO

Manuel Alfaro Domínguez¹, Víctor Encinas Sánchez¹*

¹ Universidad de Extremadura. Escuela de Ingenierías Industriales.
Departamento de Ingeniería Mecánica, Energética y de los Materiales.
Avda de Elvas s/n. 06006. Badajoz (Spain)

* Corresponding author. Address: Universidad de Extremadura.
Escuela de Ingenierías Industriales. Departamento de Ingeniería Mecánica,
Energética y de los Materiales. Avda de Elvas s/n. 06006. Badajoz (España)
Tel.: +34924289600; Fax.: +34924289601
E-mail address: malfaro@unex.es (M. Alfaro Domínguez)

Resumen

Generalmente, prácticamente todas las superficies presentan irregularidades morfológicas, o rugosidad superficial, en mayor o menor medida identificables, siendo el rugosímetro el instrumento más utilizado a escala industrial para la medida de las mismas. Existen una gran cantidad de parámetros utilizados para la determinación de la rugosidad, destacando los parámetros Ra y Ry, así como una gran diversidad de simbología para indicar cada una de las características superficiales de las piezas a estudio.

Palabras clave: rugosidad, rugosímetro, parámetros de rugosidad, nomenclatura

Abstract

In general, almost all surfaces exhibit morphological irregularities, or surface roughness, to a greater or lesser extent identifiable, being the profilometer the most used instrument at industrial scale for the measurement of them. There are a large number of parameters used for determining the roughness, highlighting the parameters Ra and Ry, and a wide variety of symbols to indicate each of the surface characteristics of the materials under study.

Key words: roughness, profilometer, roughness parameters, nomenclature

1. Introducción

En el mundo tecnológico, existen gran cantidad de piezas que han de ponerse en contacto unas con otras y rozarse a velocidades elevadas, siendo el acabado final y la textura de las superficies de gran importancia a la hora de precisar la capacidad de desgaste, lubricación, resistencia a la fatiga y aspecto externo de dichas piezas [1].

El control de la rugosidad superficial permite aplicaciones muy variadas. Así valores de rugosidad bajos permiten disminuir la fricción entre superficies en contacto, reduciendo el desgaste y la corrosión o erosión de las piezas. Por otra parte, valores elevados de rugosidad aumentan la adherencia entre dos materiales. El estudio de la rugosidad tiene un papel importante en la preparación de la superficie de materiales, metálicos, cerámicos etc. como paso previo a los tratamientos y recubrimientos a aplicar sobre ella.

Las rugosidades superficiales son el conjunto de irregularidades de la superficie real de paso relativamente pequeño, definidas convencionalmente en una sección donde los errores de forma y las ondulaciones han sido eliminados. El aspecto de la superficie de una pieza depende, principalmente, del material con el cual se fabrica la pieza y de su proceso de conformado.

Cualquier material o superficie, por perfecta que parezca, presenta irregularidades o errores de forma que, en la mayor parte de los casos, no pueden ser detectados por el ojo humano.

El objetivo del presente trabajo es llevar a cabo una revisión de los parámetros más significativos en el estudio de la rugosidad y analizar la información suministrada.

2. Estimación de la rugosidad

Como parámetros más significativos en la valoración de la rugosidad se consideran [2]:

- Altura máxima del perfil, R_y : Distancia entre el pico de cresta más alto y el fondo del valle más profundo dentro de la longitud básica (figura 1).

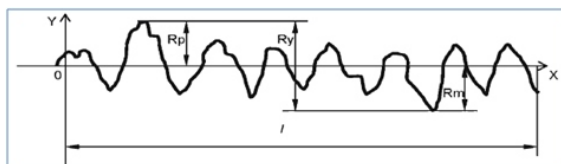


FIGURA 1. Determinación gráfica de la altura máxima del perfil

Altura de las irregularidades en diez puntos, R_z : Media de los valores absolutos de las alturas de las cinco crestas

$$R_z = (\sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}|) / 5 \quad (1)$$

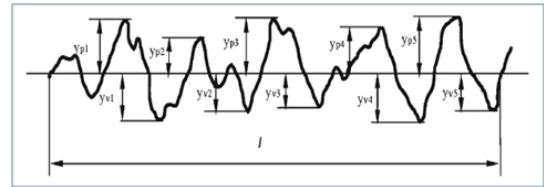


FIGURA 2. Medida de la altura de las irregularidades en diez puntos

Valor de rugosidad media aritmética del perfil R_a : Media aritmética de los valores absolutos de las desviaciones del perfil, en los límites de la longitud básica l. Es el parámetro más común en la medida de la rugosidad (figura 3).

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \quad (2)$$

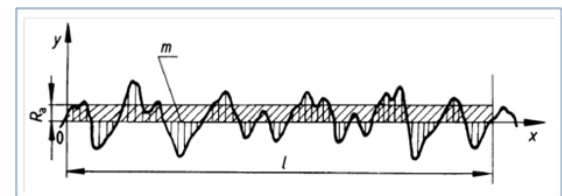


FIGURA 3. Determinación gráfica del valor de rugosidad medio

Desviación media cuadrática del perfil R_q : Valor medio cuadrático de las desviaciones del perfil en los límites de la longitud básica (valor empleado de forma preferente en normas americanas).

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l y^2(x) dx} \quad (3)$$

Longitud portante del perfil η_p : Suma de las longitudes de segmentos obtenidos cortando las crestas por una línea paralela a la línea media, dentro de la longitud básica y a un nivel de corte dado figura (4)

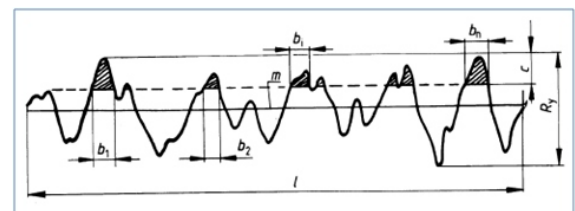


FIGURA 4. Procedimiento de medida de la longitud portante del perfil

Tasa de longitud portante del perfil t_p : Relación entre la longitud portante y la longitud básica.

$$t_p = \frac{\eta_p}{l} \quad (4)$$

Curva de la tasa de longitud portante: Gráfico que muestra la relación entre los valores de la tasa de longitud portante del perfil y el nivel de corte del perfil (figura 5).

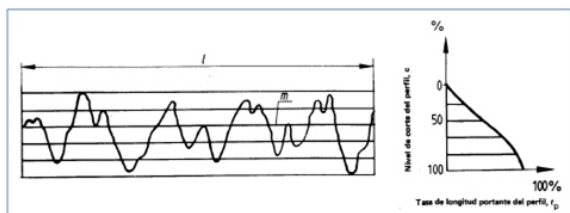


FIGURA 5. Curva de la tasa de longitud portante

Existen otros componentes en la textura y morfología de las superficies, tales como la ondulación, curvatura e inclinación, los cuales son factores ajenos a la rugosidad y por ello deben extraerse o analizarse antes de medir o cuantificar ésta.

3- Medida de la rugosidad: Rugosímetro

Para controlar la calidad superficial se hace uso de los rugosímetros, que, aunque resultan ser herramientas sencillas, en la actualidad son capaces de tabular cientos de parámetros simultáneamente y con gran precisión, aportar estadísticas y proporcionar análisis completos, lo cual facilita las inspecciones en todas las etapas de los procesos de producción. El rugosímetro determina de forma electrónica el perfil de la pieza a estudio en una sección transversal con respecto a la dirección de las estrías.



FIGURA 6.- Rugosímetro Dataview TR-200

El principio de operación de este instrumento es muy sencillo: una fina punta o estilete, generalmente de diamante o carburo de tungsteno, lleva a cabo un barrido en línea recta sobre la superficie de la pieza a estudio, a través de la cual analiza las fluctuaciones del material que posteriormente son convertidas en señales eléctricas para ser registradas o graficadas [3].

El procedimiento de medición consiste en la determinación de la profundidad de la rugosidad media en diez puntos, R_z , y el valor de la rugosidad media, R_a , expresada en micras.

Los valores de rugosidad R_a se clasifican en intervalos N_x , donde x es un número comprendido entre 1 y 12, tal y como se indica en la tabla 1:

TABLA 1. Relación entre R_a y la clase de rugosidad

Rugosidad R_a (μm)	Clase de rugosidad
50	N12
25	N11
12,5	N10
6,3	N9
3,2	N8
1,6	N7
0,8	N6
0,4	N5
0,2	N4
0,1	N3
0,05	N2
0,025	N1

Es posible agrupar las clases de rugosidad atendiendo a la apreciación visual o táctil en los grados siguientes [4]:

- N1-N4 La superficie es especular.
- N5-N6 Las marcas de mecanizado no se aprecian ni con el tacto ni con la vista (pero sí con una lupa).
- N7-N8 Las marcas de mecanizado son apreciables con la vista pero no con el tacto.
- N9-N12 Las marcas de mecanizado pueden apreciarse tanto con la vista como con el tacto.

Por otra parte, las clases de rugosidad también pueden ser representadas (según la norma DIN 140) como triángulos invertidos, tal y como se muestra en la tabla 2:

TABLA 2. Clases de rugosidades según la norma DIN 140

Clase de rugosidad	Según DIN 140
N12	
N11	
N10	
N9	
N8	
N7	
N6	
N5	

Existen dos tipos de rugosímetro: de contacto y sin contacto. Los primeros se caracterizan por tener una punta o palpador cuya función es tomar los datos a partir de un barrido previo de la pieza, y los segundos son aquellos que analizan el material mediante una línea láser (es preciso mencionar que algunos rugosímetros láser integran también el palpador).

4.-Nomenclatura de los estados superficiales

La nomenclatura de los estados superficiales se lleva a cabo empleando los símbolos e inscripciones que a continuación se indican y utilizándolos según proceda en cada caso [2].

TABLA 3. Símbolos sin indicaciones:

Símbolo	Significado
	Es el símbolo básico y solamente puede usarse cuando su significado se exprese mediante una nota.
	Con este símbolo lo que se indica es que la superficie está mecanizada con arranque de viruta.
	Es el símbolo que expresa que la superficie no debe someterse al arranque de viruta, aunque también puede usarse en dibujos de fase de mecanizado para indicar que la superficie ha de quedar tal y como ha sido obtenida, con o sin arranque de viruta, en la fase anterior de fabricación.

TABLA 4. Símbolos con indicación del criterio principal de rugosidad Ra:

Símbolo			Significado
Con arranque de viruta			
facultativo	obligatorio	prohibido	
			Superficie con una rugosidad Ra de 3,2 micras como valor máximo.
			Superficie con una rugosidad Ra de 6,3 micras como máximo y de 1,6 micras como mínimo.

TABLA 5. Símbolos con indicaciones complementarias:

Símbolo	Significado
	Proceso de fabricación: fresado.
	Longitud básica: 2,5.
	Dirección de las estrías: perpendiculares al plano de proyección de la vista.
	Sobremedida de mecanizado: 2 mm.
	Indicación (entre paréntesis) de un criterio de rugosidad diferente al Ra, por ejemplo Rt = 0,4 mm.

En cuanto a la dirección de las estrías, existen diferentes símbolos para indicarla que se muestran en la tabla 6.

TABLA 6. Símbolos de la dirección de las estrías

Símbolo	Interpretación
	Paralelas al plano de proyección de la vista sobre la cual se aplica el símbolo.
	Perpendiculares al plano de proyección de la vista sobre la cual se aplica el símbolo.
	Cruzadas en dos direcciones oblicuas con respecto al plano de proyección de la vista sobre la cual se aplica el símbolo.
	Multidireccional.
	Aproximadamente circular con relación al centro de la superficie a la cual se aplica el símbolo.
	Aproximadamente radial con respecto al centro de la superficie sobre la cual se aplica el símbolo.

5- Disposición de los símbolos e inscripciones en una pieza

Por último, decir que la disposición de los símbolos e inscripciones debe ser tal que puedan leerse desde la parte inferior del dibujo o desde el lado derecho (figura 7), si esto no es posible, siempre que solamente se exprese el valor de rugosidad R_a , los símbolos pueden orientarse en cualquier dirección manteniéndose lo anteriormente dicho para la lectura del valor de rugosidad.

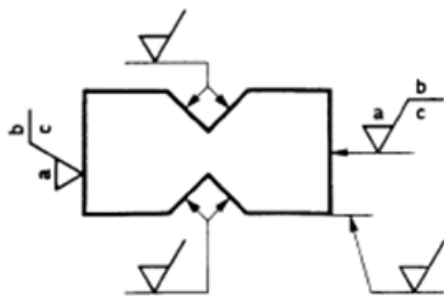


FIGURA 7. Disposición de símbolos e inscripciones en una pieza

Los símbolos o las flechas deben de aparecer en la parte exterior de la pieza que representa la superficie, o sobre una línea prolongación de la misma, y una sola vez, de forma preferente sobre la vista que determina la medida de dicha superficie.

6- Conclusiones

A la vista de lo expuesto anteriormente, podemos establecer las siguientes conclusiones:

- 1.- Para el estudio de superficie de material sometidas a contactos, recubrimientos etc., es necesario llevar a cabo un estudio preliminar de la rugosidad del material.
- 2.- Para suministrar una correcta información de la rugosidad de la superficie del material es fundamental conocer los valores de los distintos parámetros de rugosidad, así como, su significado.

3.- Los distintos códigos, símbolos etc. que se encuentra recogidos en la bibliografía se resumen en el presente artículo con el fin de suministrar la información suficiente para su posterior interpretación.

4. Finalmente, se dan las instrucciones para disponer los símbolos correspondientes a la rugosidad en un material con el objeto de facilitar la información aportada por cada uno de ellos.

7- Bibliografía

- [1] O. Fernández Rodríguez. Máquinas, Métodos y Control Dimensional del Procesamiento "Calidad Superficial: Rugosidad". EET 466. Rosario.
- [2] J. Pérez Álvarez, J.L. Pérez Benedito, S. Poveda Martínez; Apuntes "Acabados Superficiales" EUITA, Universidad Politécnica de Madrid, (2001).
- [3] M. Hinojosa Rivera, Martín Edgar Reyes Melo; Apuntes "La rugosidad de las superficies: Topografía" Ingenierías, Abril-Junio 2001, Vol. IV, No. 11.
- [4] Higinio Rubio Alonso; "Rugosidades Superficiales" Departamento de Ingeniería Mecánica. Universidad Carlos III. Madrid
- [5] M. Field, J.F. Kales y W.P. Koster; "Surface Finish and Surface Integrity", en ASM Metals Handbook Vol. 16 (1989).
- [6] J.A. Broadston; "Designación, Producción y Control de la Textura Superficial", en Manual del Ingeniero Mecánico Marks, E. A. Avallone y T. Baumeister, 3ª ed., McGraw-Hill (1992).