

# Anexo IV

## Norma Din 4768. Determinación de los valores de rugosidad con aparatos eléctricos de palpado

### 1 Campo de aplicación

Esta norma sirve para la fijación de valores de rugosidad comparables de las superficies técnicas mediante aparatos palpadores de transmisión eléctrica, filtrado de paso alto y valoración.

Nota: la ondulación y otras discrepancias de forma no forman parte de esta norma. No obstante, como la rugosidad, pueden tener una gran influencia, en muchos casos funcionales, sobre la utilidad de las superficies.

### 2 Conceptos

Valen los conceptos de la norma DIN 4760. Adicionalmente se definen los conceptos siguientes:

## 2.1 Filtrado de ondas

### 2.1.1 Filtros de ondas (filtro de paso alto)

Dispositivo que actúa de forma que no se recogen en el resultado de la medición las partes de onda larga del perfil real de acuerdo con las características del filtro, o bien, sólo en parte, o en absoluto en el perfil de la rugosidad (véase el apartado 2.1.4.). Se denomina según la longitud de onda límite.

Nota: el filtro de ondas se denomina en la bibliografía también como separador de ondas o “cut-off”.

### 2.1.2 Características del filtro

Es la curva de transmisión que se indica por la cantidad de amplitudes transmitidas por el filtro de ondas o por el aparato de medición, de ondas senoidales en dependencia de la longitud de onda (véase la figura 2). Se denomina según la longitud de onda límite.

### 2.1.3 Longitud de onda límite $\lambda_c$

Es la longitud de la onda senoidal que puede transmitirse aún con el 75% de la amplitud, por el filtro de ondas. Se mide en mm.

Nota: la longitud de onda límite es igual al punto 75% de la curva o característica del filtro. En la bibliografía se denomina también por longitud separadora de ondas o igualmente por el “cut-off” del filtro de ondas.

### **2.1.4 Perfil de rugosidad<sup>1</sup>**

El perfil de rugosidad es el perfil real después de un filtrado con un filtro de ondas según el apartado 3 de las longitudes de onda límites según el apartado 5.

### **2.1.5 Línea media**

Es la paralela al sentido general del perfil de rugosidad, la línea de la forma del perfil geométrico ideal que divide al perfil de rugosidad de forma que la suma de las superficies llenas de material sobre esta línea y las superficies vacías de material que quedan debajo de ella, son iguales (véase la figura 2)

## **2.2 Longitud de medición**

### **2.2.1 Tramo inicial $l_v$**

Primera parte del tramo de palpado (véase la figura 1) no utilizada para la valoración, longitud proyectada normalmente sobre la línea media. Deberán atenuarse dentro de este tramo inicial los procesos de vibración iniciales.

### **2.2.2 Tramo total de medición $l_m$**

Longitud proyectada normalmente sobre la línea media de la parte utilizada directamente para la valoración del perfil de rugosidad (véase la figura 1).

### **2.2.3 Tramo de medición individual $l_e$**

Es un quinto del tramo de medición total  $l_m$  (véase la figura 1).

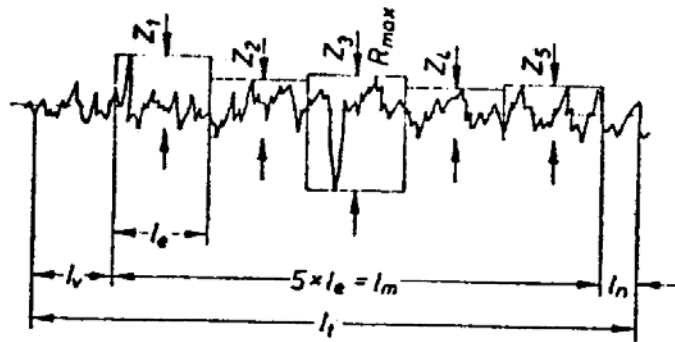


Fig. 1. Curva de la rugosidad media  $R_z$  del perfil de rugosidad

### 2.2.4 Tramo final $l_n$

Es la longitud proyectada normalmente sobre la línea media de la parte última del tramo de palpado que no se utiliza para la valoración (véase la figura 1).

### 2.2.5 Tramo de palpado $l_t$

Suma del tramo inicial  $l_v$ , del tramo de medición total  $l_m$  y del tramo final  $l_n$  (véase la figura 1).

## 2.3 Magnitudes o valores de rugosidad

Las magnitudes de rugosidad en el sentido de esta norma se determinan en el perfil de rugosidad.

### 2.3.1 Valores de rugosidad media Ra

Es el valor media aritmética de los valores absolutos de las distancias “y” del perfil de rugosidad a la línea media dentro del tramo de medición. Esto es equivalente a la altura de un rectángulo cuya longitud es igual al tramo de medición total  $l_m$  y cuya área es igual a la suma de las superficies encerradas entre el perfil de rugosidad y la línea media (véase la figura 2).

$$R_a = \frac{1}{l_m} \int_{x=0}^{x=l_m} |y| dx$$

$$\Sigma A_{oi} = \Sigma A_{ui}$$

$$A_g = \Sigma A_{oi} + \Sigma A_{ui}$$

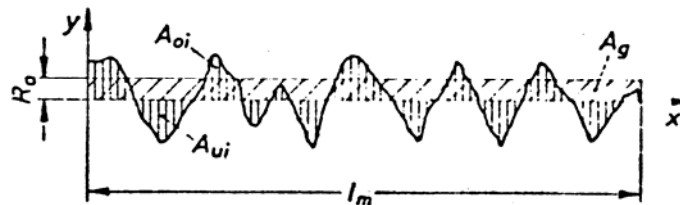


Figura 2. Valor de rugosidad media Ra

### 2.3.2 Profundidad de rugosidad individual Zi

Distancia entre dos paralelas a la línea media que tocan en el punto más alto o en el más bajo al perfil de rugosidad dentro del tramo de medición individual (véase la figura 1).

### 2.3.3 Rugosidad media Rt

Es la rugosidad media aritmética de las rugosidades individuales de cinco tramos de medición individual sucesivos entre sí.

### 2.3.4 Rugosidad máxima $R_{m\acute{a}x}$

Rugosidad individual máxima  $Z_i$ , por ejemplo  $Z_3$  (véase la figura 1 que se presenta en el tramo de medición total  $l_m$ ).

## 3 Características del filtro

Las características del filtro quedan determinadas por la fórmula:

$$\frac{a_n}{a_v} = \frac{1}{1 + \frac{1}{3} \left( \frac{\lambda}{\lambda_c} \right)^2}$$

En donde:

$a_v$  : amplitud delante del filtro

$a_n$  : amplitud después del filtrado

$\lambda_c$  : longitud de la onda límite en mm

$\lambda$  : longitud de onda de la onda senoidal a filtrar en mm

Las características del filtro se representan numéricamente en la tabla 1 y gráficamente en el diagrama de la figura 3.

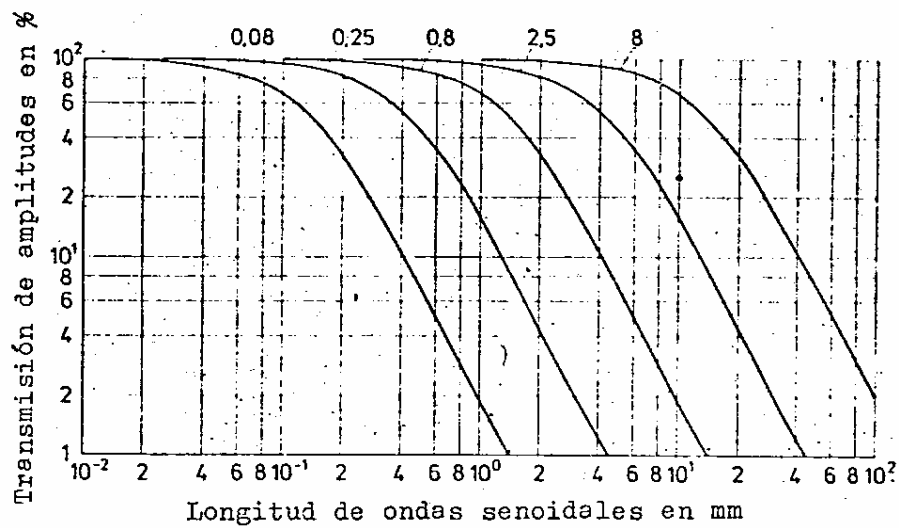


Figura 3. Características del filtro con longitudes de onda límite  $\lambda_c$

Nota: las características del filtro corresponden a las de los filtros de elementos RC (dos unidades) conectados en serie con iguales constantes de tiempo. La amortiguación importa 12 decibelios por octava en el campo de las líneas de grados.

Longitud ondas senoidales mm	Transmisión de amplitudes en % con $\lambda_c$ en mm				
	0,08	0,25	0,8	2,5	8
0,01	100				
0,025	97	100			
0,05	88	90			
0,08	75	97			
0,1	66	95	100		
0,25	23	75	97	100	
0,5	7,1	43	88	99	
0,8	2,9	23	75	97	
1	1,9	16	66	95	100
2,5		2,9	23	75	97
5		0,75	7,1	43	88
8			2,9	23	75
10			1,9	16	66
25				2,9	23
50				0,75	7,1

Tabla 1. Características del filtro con longitudes

## 4 Dirección de palpado

Hay que efectuar el palpado en la dirección en que se obtiene la rugosidad máxima. En casos especiales se convendrá la dirección del palpado.

## **5 Longitudes de onda límite, tramos de medición**

### **5.1 Longitud de onda límite**

Tramo de medición individual y tramo de medición total para perfil periódico (torneado, cepillado, etc., véase la tabla 2).

### **5.2 Longitud de onda límite**

Tramo de medición individual y tramo de medición total para perfiles aperiódicos (rectificado, fresado circular o de contornos, fresado frontal sin caída o salida, escariado, transformado, etc., véase la tabla 3).

### **5.3 CONDICIONES DE MEDICIÓN**

En caso de perfiles periódicos valen las correspondencias establecidas en la tabla 2. En caso de perfiles aperiódicos valen para medir la  $R_z$  las correspondencias establecidas en la tabla 4. En la medición de la  $R_{\max}$  en perfiles aperiódicos las longitudes de onda límites dependen de  $R_z$ . Como tramo de medición total se preverá en general como mínimo el quíntuplo de la longitud de onda límite.



Distancia de zurdos <sup>2</sup> (avance) mm	$\lambda_c$ mm	l <sub>o</sub> mm	l <sub>m</sub> mm
> 0,01 .....0,0 .... 32	0,08	0,08	0,4
> 0,032 .....0 .. ,1	0,25	0,25	1,25
> 0,1 .....0, ..... 32	0,8	0,8	4
> 0,32 ..... .... .1	2,5	2,5	12,5
> 1 .....3 ..... ,2	8	8	40

Tabla 2. Correspondencia para la distancia de zurdos.

Rz <sup>3</sup> μm	$\lambda_c$ mm	l <sub>o</sub> mm	l <sub>m</sub> mm
hasta 0,5	0,25	0,25	1,25
> ..... 0,5..... 10	0,8	0,8	4
> ..... 10..... 50	2,5	2,5	12,5
> 50	8	8	40

Tabla 3. Correspondencia para las rugosidades medias Rz.

$Ra^3$		$\lambda_c$	$l_o$	$l_m$
$\mu m$		Mm	mm	mm
hasta	0,1	0,25	0,25	1,25
>	.....	0,8	0,8	4
0,1.....	.2			
>	.....	2,5	2,5	12,5
2.....	10			
> 10		8	8	40

Tabla 4. Correspondencia para la rugosidad media Ra.

Si, no obstante, la pieza no permite la conexión del tramo de medición total de  $5\lambda_c$ , puede emplearse un tramo de medición total de  $3\lambda_c$ . Éste habrá de indicarse con el valor de rugosidad, por ejemplo  $Ra = 1,1 \mu m$  con  $l_m = 3 \lambda_c$ .

Si por razones especiales es necesario otras correspondencias de longitud de onda límite, como se indican en las tablas 2 hasta 4, entonces se indicarán éstas con el valor de la rugosidad, por ejemplo,  $Rz = 1,1 \mu m$  con  $\lambda_c = 0,25 mm$ . Las longitudes de onda límite y los tramos de medición individual se elegirán siempre de igual longitud.

## ACLARACIONES

Esta norma trata la medición de la rugosidad superficial con aparatos palpadores con filtro de ondas eléctrico. Los valores de rugosidad a determinar con estos aparatos son pues comparables sólo cuando coinciden las características que influyen sobre la rugosidad (características de los aparatos) y las condiciones de medición con frecuencia ajustables en el aparato (longitud de onda límite, tramo de medición, etc.).

La norma DIN 4768 hoja 1, establece los fundamentos de las magnitudes de rugosidad teniendo en cuenta las condiciones de medición. Están en fase de preparación otras normas complementarias sobre tolerancias y propiedades de los aparatos eléctricos

palpadores así como sobre el número necesario de mediciones y del dibujado de los diagramas del perfil de las superficies.

Las magnitudes de medición de rugosidad se definen con ayuda del perfil de rugosidad. Para esto deberá lograrse un filtrado de la ondulación de forma que las magnitudes de la rugosidad capten sólo la rugosidad y no la ondulación. Las correspondencias que se establecen en esta norma están basadas en investigaciones que se describen en [1].

Como la magnitud de medición de rugosidad  $R_a$  se mide con aparatos de palpado con filtros eléctricos de ondulación, se introdujo en esta norma su definición ajustada a este aparato. Igualmente se ajustaron a este aparato las definiciones de las magnitudes de medición de rugosidad  $R_z$  y  $R_{m\acute{a}x}$ .

Las abreviaturas proceden de la recomendación ISO/R 468-1966, aunque las definiciones no coinciden con la altura del punto decimal  $R_z$  según la recomendación ISO/R 468 y la rugosidad media  $R_z$  según DIN 4768. La altura del punto decimal se define como la distancia media entre las cinco crestas más altas y los cinco valles más bajos dentro del tramo de medición medido en una línea que queda por fuera del perfil y discurre paralela a la línea media.

Esta definición puramente geométrica, en contraposición con la definición según DIN 4768 hoja 1 con aparatos de medición superficiales eléctricos, es realizable sólo con dispendios muy elevados. Las mediciones de comparación hechas en probetas mecanizadas con levantamiento de virutas entre las magnitudes de medición de rugosidad  $R_z$  según ISO/R 468 y  $R_z$  según DIN 4768 hoja 1 han dado por resultado que las mediciones obtenidas con ambas definiciones queden dentro de la zona de dispersión corriente para las mediciones de rugosidad. Con  $R_z$  se reduce el 80% el efecto de un hundimiento individual notable del perfil o igualmente el de una elevación o cresta máxima.  $R_z$  indica la altura aproximada del perfil de rugosidad sin incluir las crestas salientes más notables. Cuando ha de tenerse en cuenta estas crestas, por ejemplo con las superficies límite de tensión, entonces se empleará la  $R_{m\acute{a}x}$ .

La rugosidad individual  $Z_i$  sólo sirve para la definición de la rugosidad media  $R_z$  y la rugosidad máxima  $R_{m\acute{a}x}$ , no se indicará pues, en los planos.

En las superficies pequeñas no se medirá la rugosidad con aparatos palpadores. En estos casos se utilizan generalmente los aparatos de medición de superficies ópticas. Está en preparación una norma DIN sobre tales aparatos. Ésta contendrá además datos sobre la diferencia entre los valores de rugosidad  $R_{\text{máx}}$  y  $R_z$  determinadas en superficies prácticas con ambos tipos de aparatos y posiblemente también las limitaciones de aplicación de ambos procedimientos de medición que dependen de la magnitud de las medidas de las superficies a ensayar.

En la medición con aparatos ópticos se determina el filtrado de la ondulación mediante el diámetro del campo de visión. Éste tiene la función de un tramo de referencia de rugosidad  $l$ . Las ondulaciones, cuyas longitudes de onda son notablemente más grandes que el tramo de referencia de rugosidad  $l$ , no entran o sólo lo hacen en parte, en el valor de la rugosidad (véase la figura 4).

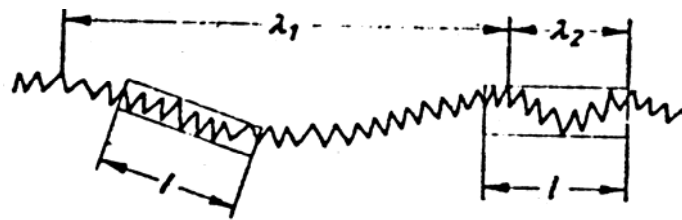


Figura 4. Filtrado de la ondulación por el tramo de referencia de la rugosidad  $l$ .

Las alturas de onda con longitudes de onda  $\lambda_1 \gg l$  no se captan. Las alturas de onda con longitud de onda  $\lambda_2 < l$  se captan totalmente.

Por el contrario, en la medición con aparatos palpadores con filtros de ondulación eléctricos se separa la ondulación, con estos filtros, de la rugosidad. Se establece la diferencia de las distintas denominaciones: tramo de referencia de rugosidad y longitud de ensayo en la medición óptica y tramo de medición individual y tramo de palpado, en el caso de la medición eléctrica, para tener en cuenta esta diferencia respecto al efecto de filtrado

[1] Henzold: Medición de rugosidad con aparatos eléctricos de palpado. Cuaderno de normas 12. Puede adquirirse en Beuth Vertrieb GmbH Berlón o Colonia (Köln).

[2] Esta correspondencia resulta de la exigencia de que la longitud de onda límite debe ser mayor de 2,5 x y a lo sumo 8 x la distancia entre surcos. Esta puede determinarse en un diagrama corto del perfil superficial o por medición de, por ejemplo, 10 anchos de surcos de la pieza.

[3] En el caso de una superficie con ondulación superpuesta puede suceder que con una longitud de onda límite de 0,25 mm se mida una rugosidad media Rz menor de 0,5  $\mu\text{m}$  y con una longitud de onda límite de 0,8 mm, una rugosidad media Rz mayor de 0,5  $\mu\text{m}$ . En este caso límite valdrá la rugosidad menor. Lo mismo es aplicable para valores Rz en torno a 10  $\mu\text{m}$  y en los casos límites correspondientes respecto a Ra.