PERFILES TERMOPLÁSTICOS ABIERTOS: REFUERZOS PARA AUMENTAR SU RESISTENCIA A LA TORSIÓN

Por: _BAYER, Sección de Marketing, Redacción Técnica
Leverkusen - Alemania

Quien quiere dimensionar piezas funcionales que estarán expuestas a esfuerzos de torsión, necesita un sólido conocimiento de los medios disponibles para obtener la rigidez torsional requerida, especialmente cuando se trata de piezas plásticas. La evaluación de tales medidas es posible obtener empíricamente, mediante el ensayo de modelos funcionales o con el método de elementos finitos. Sin embargo, no todos los proyectistas tienen estas posibilidades, que además, cuestan tiempo y dinero. Por eso elaboramos una ayuda constructiva, que le permite al diseñador estimar, en forma rápida y descomplicada, el efecto de diferentes medidas para reforzar perfiles.

En la figura 1 se presenta un ejemplo de perfiles reforzados.



Figura 1. Base de silla de oficina

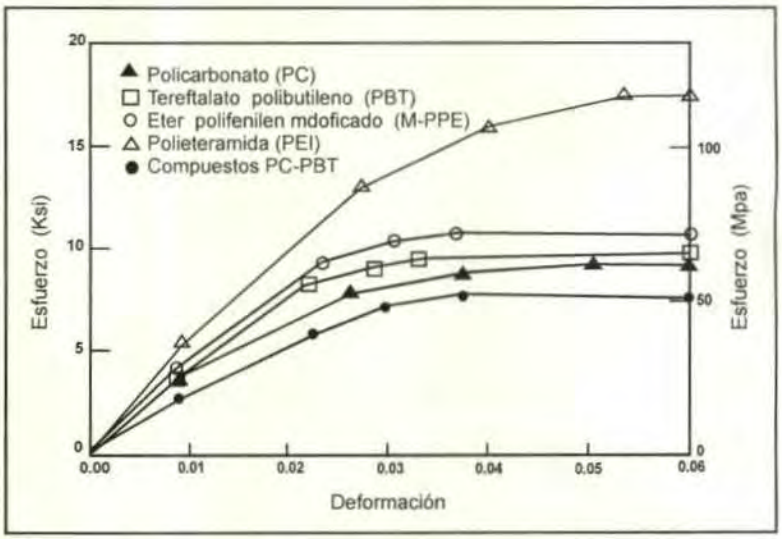


Figura 2. Curva esfuerzo deformación para termoplásticos de ingeniería típicos

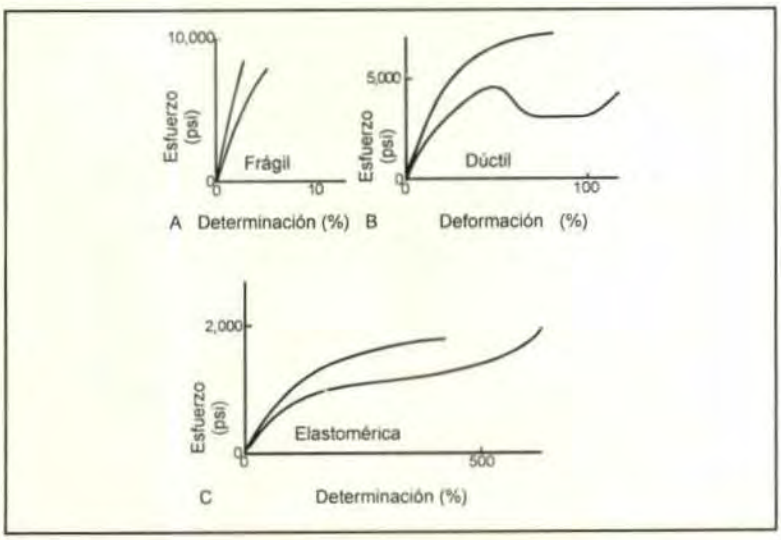
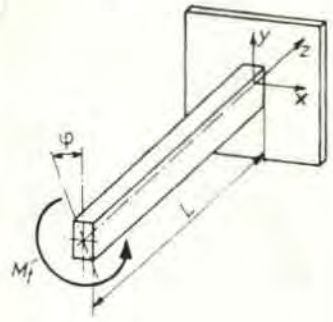
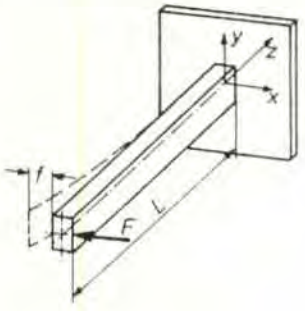
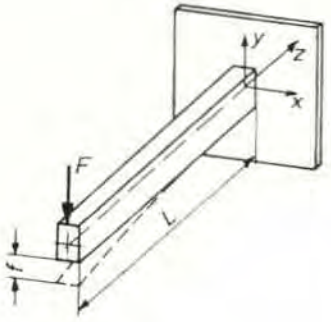


Figura 3. Tipo general de la curva esfuerzo - deformación

Torsión (Tz)	Flexión horizontal (By)	Flexión vertical (Bx)
		

Torsión

$$\varphi = \frac{180°}{\pi} \cdot \frac{M_t \cdot L}{G \cdot I_p^*}$$

Tensión por cizalladura:

$$\tau = \frac{M_t}{W_p}$$

Flexión

$$f = \frac{F \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I}$$

Tensión por flexión:

$$\sigma = \frac{F \cdot L}{W}$$

Símbolos:

G	= módulo de cizalladura
I_p^*	= resistencia a la torsión
L	= largo del tramo portador
M_t	= momento de torsión
W_p	= resistencia polar
φ	= ángulo de torsión
τ	= tensión por torsión

Símbolos:

f	= flexión
E	= módulo de elasticidad
F	= fuerza de flexión
I	= momento de inercia
L	= largo del tramo portador
W	= momento de resistencia
σ	= tensión por flexión

Tabla 1. Esfuerzos de torsión y flexión y bases para su cálculo analítico

Nuestra ayuda se basa en los resultados de análisis con elementos finitos, que examina el efecto de diferentes esfuerzos sobre la rigidez y la resistencia de perfiles abiertos, bajo esfuerzos de torsión y flexión. Estos resultados son presentados como valores relativos (factores) en una tabla, con sus respectivas figuras.

Con la ayuda de estos factores es posible evaluar la influencia cualitativa y, en forma limitada, cuantitativa sobre la rigidez a la torsión de:

- el tipo de nervadura (diagonal, cruzada, alveolar)
- el ángulo de la nervadura
- el espesor de los nervios
- la geometría del perfil básico (perfil en I, perfil en U)
- las medidas exteriores del perfil (relación alto: ancho).

La manera cómo se utilizan los factores mencionados para estimar la magnitud de la deformación torsional en perfiles similares, se mostrará a continuación mediante un ejemplo.

Estimación de la deformación por torsión de un perfil nervado:

Geometría del perfil:
Perfil en U con nervadura diagonal de 45°

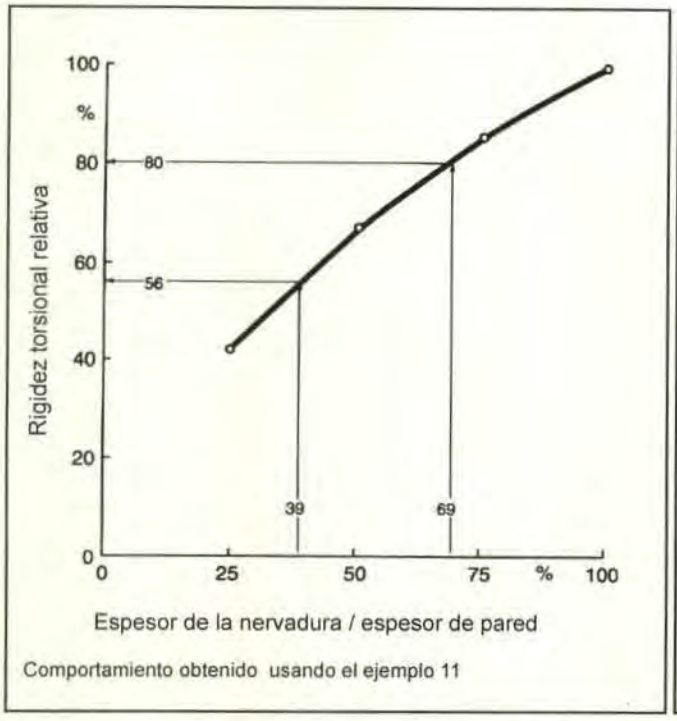


Figura 4. Influencia del grosor de la nervadura en la rigidez torsional (comportamiento tendencial)

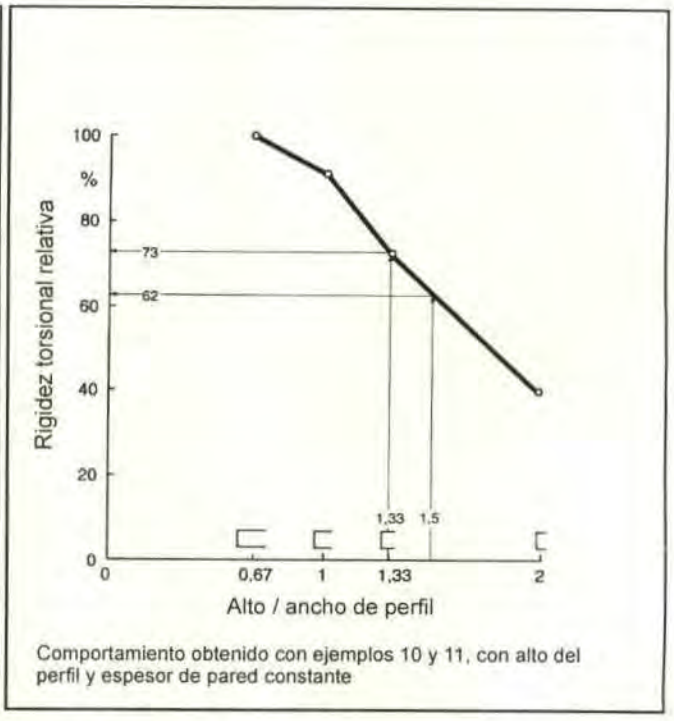
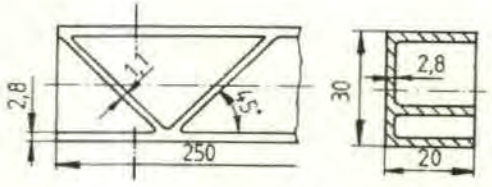


Figura 5. Influencia de las medidas exteriores del perfil en su refuerzo torsional mediante nervadura(comportamiento tendencial)

Esfuerzo:
Momento de torsión de $M_t = 5$ Nm (ver tabla 1)

Buscado:
Grado de torsión (φ)



Material:
Termoplástico: Durethan BKV 130
Módulo de cizallamiento:
G=2200 N/mm²

Procedimiento:

1. Determinación de la resistencia a la torsión polar (I_p) del perfil básico (perfil en U sin nervadura) según fórmulas analíticas:
   ---> $I_p^* = 418$ mm⁴

2. Determinación de la torsión del perfil básico, según fórmulas analíticas (ver figura 1)
   ---> $\varphi_0 = 78°$

3. Identificación de los factores de refuerzo (K)

   a. Factor de refuerzo según el tipo de refuerzo (K_{VA})

   El efecto del tipo de refuerzo puede tomarse del cuadro 4 (factores A de T_z). Debe compararse aquí el perfil número 11 con su perfil básico (= perfil número 10)

   $K_{VA} = T_{z11} / T_{z10} = 32 / 1 = 32$

   b. Factor de refuerzo según el espesor del nervio (K_{RD})

   El efecto de la relación espesor del nervio: espesor de pared sobre la rigidez torsional se observa en la figura 4. Para el perfil dado esta relación es de 39% y para el perfil a comparar (número 11) de 69%. El factor de refuerzo K_{RD} es determinado con la ayuda de los correspondientes valores de rigidez a la torsión de aproximadamente 56% y 80%
   $K_{RD} = 56 / 80 = 0,70$

   c. Factor de refuerzo según las medidas exteriores del perfil (K_{PA})

La influencia de las medidas exteriores (alto: ancho) del perfil sobre su rigidez a la torsión está representada en la figura 5. Para el perfil dado la relación alto: ancho es de 1,5 y la del perfil de referencia (número 11) de 1,33. La relación de los correspondientes valores de rigidez a la torsión de unos 62% y 73% permite determinar el factor de refuerzo buscado.

K_{PA} = 62/73 = 0,85

4. Determinación de la torsión previsible (φ)

   $\varphi = \varphi / K_{VA} \cdot K_{RD} \cdot K_{PA}$

   $\varphi = 78^{0}/(32x0,70x0,85) = 4,1°$

   (según cálculo con elementos finitos φ = 4,6°)

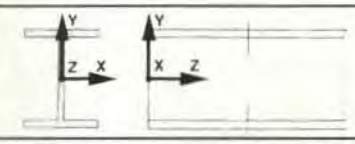
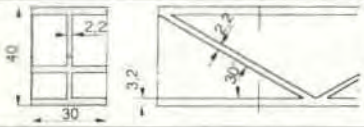
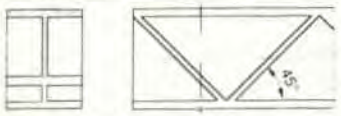
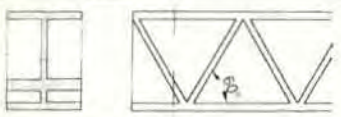
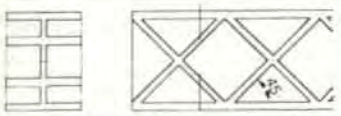
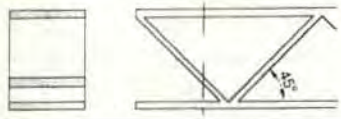
Observación:

La validez de este procedimiento se limita a geometrías similares (relación alto: ancho: espesor). Todos los valores presentados consideran exclusivamente las condiciones geométricas. Los efectos del proceso de transformación (orientaciones, líneas de soldadura, rechupes, etc.) requieren de algunos factores de modificación según criterios propios.

Reproducido de:

BAYER Geschäftsbereich Kunststoffe. -- Torsionsversteifungsmassnahmen. Vergleich von Massnahmen zur Torsionsversteifung von offenen Profilen.
Konstruktionshilfe zur Abschätzung der Verformung und der Belastbarkeit

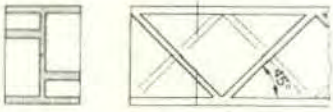
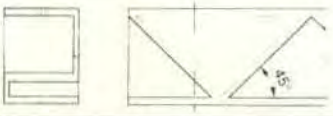
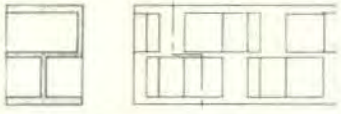
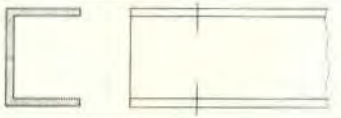
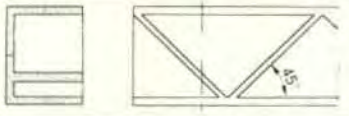
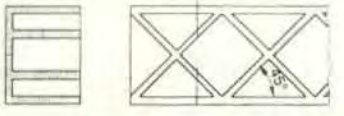
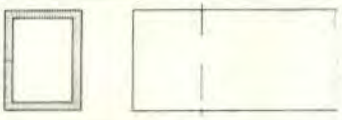
Cálculo comparativo de rigidez y resistencia de perfiles de diferentes geometrías

Perfil	Forma del perfil		Factores de comparación						Índice de calidad
			Rigidez			Resistencia			
			Tz	By	Bx	Tz	By	Bx	
1			1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	XII.
2		A	8	1.1	1.1	1.6	1.2	1.1	XI.
		B	7	0.9	0.9	1.3	1.0	0.9	
3		A	13	1.0	1.1	2.1	1.1	1.1	X.
		B	10	0.8	0.9	1.6	0.8	0.9	
4		A	15	1.0	1 1	2.5	1.0	1.0	IX.
		B	11	0.7	0.8	1.8	0.7	0.7	
5		A	28	1.1	1.1	4.7	1.1	1.1	V.
		B	18	0.7	0.7	3.0	0.7	0.7	
6		A	13	1.0	0.8	2.1	1.1	0.8	VI.
		B	14	1.1	0.9	2.3	1.2	0.9	

Continua ...

Continuación ...

Cálculo comparativo de rigidez y resistencia de perfiles de diferentes geometrías

Perfil	Forma del perfil		Factores de comparación						Índice de calidad
			Rigidez			Resistencia			
			Tz	By	Bx	Tz	By	Bx	
7		A	14	1.0	1.0	2.1	0.9	1.0	VIII.
		B	12	0.9	0.9	1.8	0.8	0.9	
8		A	35	1.7	1.0	6.6	1.4	1.0	IIII.
		B	27	1.3	0.8	5.1	1.1	0.5	
9		A	16	2.6	1.1	4.1	1.7	0.6	VII.
		B	12	2.0	0.9	3.2	1.3	0.5	
10		A	1	1.9	1.0	1.0	1.4	1.0	XIII.
		B	1	1.9	1.0	1.0	1.4	1.0	
11		A	32	2.0	1.0	3.3	1.5	1.0	IV.
		B	25	1.6	0.8	2.6	1.2	0.8	
12		A	54	2.0	1.0	6.6	1.6	1.1	II.
		B	35	1.3	0.7	4.2	1.0	0.7	
13		A	73	3.7	1.1	13.5	3.8	1.1	I.
		B	54	2.7	0.8	10.0	2.8	0.8	

Rigidez: resistencia a la deformación
Resistencia: solicitación hasta la rotura
Factores A: con referencia al perfil 1
Factores B: como A, referido al volumen

Todos los valores consideran sólo las geometrías
Índice de calidad: orden de la rigidez torsional específica (factores B de Tz)

von torsionsve-stärkten Profilen = Refuerzos en perfiles termoplásticos abiertos para aumentar su rigidez a la torsión.

Anwendungstechnische Information ATI 786, Leverkusen 1992

Traducido para el Informador Técnico, por la señora Ilse Koenig de Laverde, instructora CDT ASTIN.

BAYER AG Leverkusen, Alemania Anwendungstechnische Information ATI 786