

Determinación de diversas propiedades de materiales en probetas obtenidas a partir de láminas de plástico moldeadas por inyección

Número de expediente 5.3/10645/15

Copia 2 de 3

Encargo del 2015-03-09

Referencia

Recibido el 2015-03-12

Objeto de prueba/material de prueba

Se entregaron seis placas rectangulares de plástico negro, según el fabricante, compuestas de "una parte de PP, dos partes de HDPE y dos partes de HDPE NT", denominadas "cuñas aislantes", moldeadas por inyección, cada una de unos 500 mm x 250 mm x 7 mm a 2 mm (L x An x Al), grandes y con forma de cuña.

Recibido en Marzo de 2015

Periodo de prueba 2015-04-28 hasta 2015-06-03

Lugar de prueba 12205 Berlín, Unter den Eichen 87

Pruebas según

DIN EN ISO 178:2013-09 (prueba de flexión en tres puntos)
DIN EN ISO 604:2003-12 (prueba de compresión)
DIN EN ISO 527-1:2012-06 y -2:2012-06 (prueba de tracción)
DIN EN ISO 179-1:2010-11 (propiedades de impacto por Charpy)
DIN EN ISO 62:2008-05 (absorción de agua).

El presente informe de ensayo consta de las páginas 1 a 16, incluido el anexo.

Este informe de prueba sólo puede publicarse íntegramente y sin añadidos. Para cualquier reproducción modificada o extracto se deberá obtener previamente el consentimiento revocable por escrito de BAM. El contenido del informe de ensayo se refiere exclusivamente a los objetos/materiales analizados. Los restos de material se conservarán durante un máximo de 6 meses o se devolverán al cliente si así lo solicita.

RLB-2.7.3-Anexo. 1 / 2012-08-08

Seguridad y fiabilidad en ingeniería química y de materiales

INFORME DE PRUEBA

CARLOS HEISE
TRANSCONTEMPERATURLABORATORIUM
C/ Cala Ferrera, 8
07569 S'HORTA, BALEARES
Tel. 971 16 21 59



1. Información general

De acuerdo con el pedido, el Instituto Federal Alemán de Investigación y Ensayo de Materiales (BAM) realizó las siguientes pruebas sobre probetas obtenidas a partir de las láminas de plástico suministradas:

- A) "Plásticos – Determinación de las propiedades de flexión" según DIN EN ISO 178:2013-09 (ensayos de flexión en tres puntos)
- B) "Plásticos - Determinación de las propiedades de compresión" según DIN EN ISO 604:2003-12
- C) "Plásticos - Determinación de las propiedades de tracción - Parte 1: Principios generales" según DIN EN ISO 527-1:2012-06 y "Plásticos - Determinación de las propiedades de tracción - Parte 2: Condiciones de ensayo para compuestos de moldeo y extrusión" según DIN EN ISO 527- 2:2012-06
- D) "Plásticos - Determinación de las propiedades de impacto por Charpy - Parte 1: Ensayo de resistencia al impacto no instrumentado" según DIN EN ISO 179-1:2010-11
- E) "Plásticos - Determinación de la absorción de agua" según DIN EN ISO 62:2008-05, "Método 1: Determinación de la absorción de agua tras inmersión en agua a 23 °C".

Todas las pruebas deben realizarse a 23 °C de temperatura ambiente.

2. Recepción y preparación de muestras

A partir de las placas recibidas en marzo de 2015 (véanse las figuras 1.1 a 1.3 del anexo), las zonas suficientemente gruesas de dos placas se mecanizaron por un lado con la fresadora en un primer paso en el BAM para obtener probetas de tal manera que se crearan secciones casi plano-paralelas con un grosor de 4 mm. Algunas de estas zonas que fueron probadas se doblaron ligeramente como resultado de las tensiones de tracción liberadas durante el mecanizado.

A continuación, se crearon las probetas. Se aserraron probetas de 80 mm x 10 mm x 4 mm para determinar las propiedades de flexión y las propiedades de impacto por Charpy (véanse las figuras 2.1 y 2.4). Se aserraron probetas de 10 mm x 10 mm x 4 mm para determinar las propiedades de compresión (véase la figura 2.2). Esto corresponde a la probeta "Tipo B" de la norma subyacente. Se fresaron probetas de forma de hombro del tipo "1B" según la norma DIN EN ISO 527-2:2012-06 para determinar las propiedades de tracción (véase la figura 2.3).

Para determinar la absorción de agua, se aserraron, una al lado de la otra, probetas de 60 mm x 60 mm x 1 mm a 2 mm de la zona delgada de una de las placas originales recibidas (véase la figura 2.5). A diferencia de la norma subyacente, que estipula un grosor de probeta de 1 mm, se utilizó el grosor original con forma de cuña.

Para la medición de la deformación en las probetas de tracción, se aplicó una galga extensométrica en cada dirección longitudinal, tal como había solicitado el cliente. Las galgas extensométricas eran del tipo HBM "6/120LY43-2L-0,5M", que se pegaron con un adhesivo de cianoacrilato ("Pattex Plastix").

3. Medición de las probetas

Para medir el grosor y la anchura de las probetas se utilizó un micrómetro digital "Atorn 30402001" con una superficie de medición plana y redonda de unos 6,5 mm de diámetro.

Las siguientes tablas 1.1 a 1.3 contienen dichos valores medidos.

Tabla 1.1: Dimensiones de la prueba

Prueba	Tam. aprox. mm ³	Temp. prueba	Designación prueba	Anchura b, mm			Espesor h, mm			Ancho b, mm Valor medio	Espesor h, mm Valor medio
				1. med.	2. med.	3 med.	1. med.	2. med.	3 med.		
Prueba de flexión de tres puntos	80x10x4	23°C	A1	9,968	9,905	9,990	4,128	4,158	4,195	9,95	4,16
			A2	10,160	10,188	10,199	4,171	4,158	4,141	10,18	4,16
			A3	10,086	10,115	10,116	4,145	4,129	4,070	10,11	4,11
			A4	10,136	10,090	10,055	4,160	4,157	4,158	10,09	4,16
			A5	10,078	10,083	10,138	4,181	4,164	4,163	10,10	4,17
			A6	10,021	10,023	10,112	4,116	4,118	4,125	10,05	4,12
			A7	10,184	10,111	10,042	3,891	3,950	4,018	10,11	3,95

Tabla 1.2: Dimensiones de la prueba

Prueba	Tam. aprox. mm ³	Temp. prueba	Designación prueba	Anchura b, mm		Espesor h, mm		Ancho b, mm Valor medio	Espesor h, mm Valor medio
				1. med	2. med	1. med	2. med		
Prueba de compresión	10x10x4	23°C	B1	9,993	9,997	3,863	3,875	10,00	3,87
			B2	9,986	9,995	3,920	3,953	9,99	3,94
			B3	10,013	10,019	3,926	3,946	10,02	3,94
			B4	10,029	9,994	4,009	3,916	10,01	3,96
			B5	10,011	10,022	3,906	3,902	10,02	3,90
			B6	10,000	9,996	4,061	4,100	10,00	4,08
			B7	9,991	10,009	3,837	3,822	10,00	3,83

Tabla 1.3: Dimensiones de la prueba

Prueba	Tam. aprox. mm ³	Temp. prueba	Designación prueba	Anchura b, mm			Espesor h, mm			Ancho b, mm Valor medio	Espesor h, mm Valor medio
				1. med.	2. med.	3 med.	1. med.	2. med.	3 med.		
Prueba de tracción	150x10x4	23°C	C1	10,006	10,021	10,014	4,179	4,181	4,162	10,01	4,17
			C2	10,031	10,028	10,029	4,098	4,100	4,134	10,03	4,11
			C3	10,056	10,069	10,058	4,133	4,126	4,156	10,06	4,14
			C4	10,033	10,030	10,029	3,957	3,937	3,953	10,03	3,95
			C5	10,002	9,995	10,000	4,118	4,100	3,984	10,00	4,07
			C6	10,054	10,051	10,060	4,079	4,151	4,181	10,06	4,14
			C7	10,044	10,042	10,041	3,946	4,043	4,108	10,04	4,03

Las dimensiones de las probetas para determinar la resistencia al impacto por Charpy figuran en una tabla junto con los resultados de las pruebas.

4. Realización del experimento

4.1 Ensayos para determinar las propiedades de flexión de acuerdo con la norma DIN EN ISO 178:2013-09

Las pruebas de flexión de tres puntos se realizaron con una máquina de ensayos electromecánica Zwick 1454 con una fuerza nominal de 1000N a temperatura ambiente 23 ± 2 °C. La máquina de ensayos cumple como mínimo la clase de precisión I en el rango de fuerza especificado según DIN EN ISO 7500-1.

El procedimiento de prueba se describe detalladamente en la especificación de prueba mencionada arriba. Todas las pruebas se realizaron con control de desplazamiento a 2 mm/min. La distancia L entre los dos soportes era de 32 mm y los diámetros de la aleta de compresión y del soporte eran de 10 mm cada uno. La deformación no se midió directamente.

Durante las pruebas se registraron el tiempo, la fuerza y el recorrido transversal. La frecuencia de registro fue de aproximadamente 5 Hz. Se realizaron cinco pruebas.

4.2 Pruebas para determinar las propiedades de compresión según DIN EN ISO 604:2003-12

Las pruebas de compresión se realizaron con una máquina de ensayos electromecánica del tipo "Roell und Korthaus RK100" con una fuerza nominal de 100 kN a temperatura ambiente de 23 ± 2 °C. La máquina de ensayos tiene al menos la clase de precisión I en el rango de fuerzas especificado según DIN EN ISO 7500-1.

El procedimiento de prueba se describe detalladamente en la especificación de prueba mencionada arriba. Todas las pruebas se realizaron con control de desplazamiento a 5 mm/min.

Durante las pruebas se registraron el tiempo, la fuerza y el recorrido transversal. La frecuencia de registro fue de aproximadamente 9 Hz. Se realizaron cinco pruebas.

4.3 Pruebas para determinar las propiedades de tracción de los laminados según DIN EN ISO 527-1:2012-06 y DIN EN ISO 527-2:2012-06

Las pruebas de tracción se realizaron con una máquina de ensayos electromecánica Zwick 1454 con una fuerza nominal de 20kN a temperatura ambiente 23 ± 2 °C. La máquina de ensayos tiene al menos la clase de precisión I en el rango de fuerza especificado según DIN EN ISO 7500-1.

El procedimiento de prueba se describe detalladamente en la especificación de prueba mencionada arriba. Todas las pruebas se realizaron con control de desplazamiento a 1 mm/min.

Durante las pruebas se registraron el tiempo, la fuerza, el desplazamiento y la deformación longitudinal. La frecuencia de registro fue de aproximadamente 5 Hz. Se realizaron cinco pruebas.

4.4 Pruebas para determinar las propiedades de impacto por Charpy según DIN EN ISO 179-1:2010-11

Las propiedades de impacto por Charpy en las probetas sin muescas se realizaron con un "péndulo de impacto Zwick tipo 5113E" a temperatura ambiente 23 ± 2 °C utilizando un péndulo con una capacidad de trabajo nominal de 4 julios. La dirección del impacto fue en el lado estrecho de la probeta (e). El procedimiento de prueba se describe detalladamente en la especificación de prueba mencionada arriba. Se realizaron diez pruebas.

4.5 Procedimiento de prueba para determinar la absorción de agua hasta la saturación según DIN EN ISO 62:2008-05, procedimiento 1

El procedimiento de prueba se describe detalladamente en la especificación de prueba mencionada arriba. Las tres probetas cuadradas se secaron primero a 50 ± 2 °C en la estufa de secado y calentamiento "Binder FED 115" durante cinco días hasta alcanzar un peso constante. A continuación, se determinó el peso en seco con la balanza "Sartorius 2001 MP2". Seguidamente las probetas se almacenaron en agua totalmente desmineralizada a 23 ± 2 °C y se sacaron a determinados intervalos, se secó la superficie y se pesaron inmediatamente con la balanza antes mencionada. El agua (aprox. 10 litros) y las probetas fueron colocadas en una jaula que se agitó de manera ininterrumpida. Las probetas permanecieron en el agua hasta su saturación.

5. Resultados de las pruebas

5.1 Resultados de las pruebas de determinación de las propiedades de flexión según DIN EN ISO 178:2013-09

Los resultados de las pruebas figuran en la tabla 2. En ella figuran los valores individuales, los valores medios aritméticos con desviación típica y el coeficiente de variación (CV). Los cálculos necesarios se realizaron de acuerdo con la norma subyacente.

Tabla 2: Resultados de la prueba de flexión de tres puntos

Designación prueba	Temp. prueba	Num. prueba	Espesor h valor medio mm	Ancho b mm	Área transversal m ²	Fuerza máxima			Resistencia flexional σ_M			Coef. variac. %
						Valor ind. N	Valor med. N	Desv. típ. N	Valor ind. MPa	Valor med. MPa	Desv. típ. MPa	
A	+23°C	2	4,16	10,18	4,23E-05	171	171	5	46,6	47	1	2,0
		3	4,11	10,11	4,16E-05	170			47,6			
		4	4,16	10,09	4,20E-05	175			48,1			
		5	4,17	10,10	4,21E-05	176			48,1			
		6	4,12	10,05	4,14E-05	164			46,0			

Las probetas tras las pruebas se muestran en la figura 3.1 y las curvas de medición en la figura 4.

5.2 Resultados de las pruebas de determinación de las propiedades de compresión según DIN EN ISO 604:2003-12

Los resultados de las pruebas figuran en la tabla 3. En ella figuran los valores individuales, los valores medios aritméticos con desviación típica y el coeficiente de variación (CV). Los cálculos necesarios se realizaron de acuerdo con la norma subyacente.

Dado que durante el ensayo de compresión no se alcanza una fuerza máxima debido a las propiedades del material, las resistencias a la flexión se especificaron a determinadas compresiones nominales. Las cantidades de la compresión nominal se seleccionaron de manera que a este nivel de carga todavía hubiera una escasa deformación plástica en el material. En el cálculo de la fuerza compresiva nominal también se incluyó la corrección de la elasticidad de la máquina.

Tabla 3: Resultados de la prueba de compresión

Material de prueba	Temp. prueba	Num. prueba	Espesor h valor medio	Ancho b	Área transversal	Resistencia a la compresión con 2% fuerza compresiva (nominal)				Resistencia a la compresión σ con 2% fuerza compr. (nominal)			
						Valor med. MPa	Valor med. MPa	Desv. típica MPa	CV %	Valor ind. MPa	Valor med. MPa	Desv. típica MPa	CV %
B	23°C	2	3,94	9,99	3,93E-05	11,19	10,8	2,1	19,5	25,59	24,7	1,1	4,4
		4	3,96	10,01	3,97E-05	8,30				23,76			
		3	3,94	10,02	3,94E-05	8,97				23,39			
		6	4,08	10,00	4,08E-05	13,27				25,58			
		7	3,83	10,00	3,83E-05	12,17				25,41			

Las probetas después de las pruebas se muestran en la figura 3.2 y las curvas de medición en las figuras 5.1 y 5.2.

5.3 Resultados de las pruebas de determinación de las propiedades de tracción según DIN EN ISO 527- 1:2012-06 y DIN EN ISO 527-2:2012-06

Los resultados de las pruebas figuran en la tabla 4. En ella figuran los valores individuales, los valores medios aritméticos con desviación típica y el coeficiente de variación (CV). Los cálculos necesarios se realizaron de acuerdo con la norma subyacente. Para calcular el módulo de tracción mediante la pendiente de secante, se calculó el cociente de la diferencia entre la tensión

de tracción y la diferencia de las deformaciones de tracción asociadas en los puntos 0,0005 y 0,0025.

Tabla 4: Resultados de la prueba de tracción

Temp. prueba	Núm. prueba	Espesor val. med. mm	Ancho val. med. mm	Prueba transversal m ²	Fuerza máxima N	Resistencia a la tracción σ_m				Módulo de elasticidad prueba de tracción E_t			
						Valor ind. MPa	Valor med. MPa	Desv. típica MPa	CV %	Val. ind. MPa	Val. med. MPa	Desv. típica MPa	CV %
23°C	C2	4,11	10,03	4,12E-05	766	18,59	18,3	0,4	2,2	1589	1602	147	9.2
	C3	4,14	10,06	4,16E-05	737	17,71				1629			
	C4	3,95	10,03	3,96E-05	721	18,20				1359			
	C5	4,07	10,00	4,07E-05	760	18,69				1701			
	C6	4,14	10,06	4,16E-05	770	18,51				1733			

En la figura 3.3 se muestra una imagen de las probetas después de las pruebas. Las curvas de medición se muestran en las figuras 6.1 y 6.2.

5.4 Resultados de las pruebas de determinación de las propiedades de impacto por Charpy según DIN EN ISO 179-1:2010-11

Los resultados de las pruebas se muestran en la tabla 5 que aparece a continuación. En ella figuran los valores individuales, los valores medios aritméticos con desviación típica y el coeficiente de variación (CV). Los pertinentes cálculos se realizaron de acuerdo con la norma subyacente.

Tabla 5: Resultados de la prueba de impacto por Charpy

Designación prueba	Espesor h mm	Ancho b mm	Area transversal A mm ²	Energía de impacto Wc J	Resistencia al impacto a_{cu}			
					Valor ind. kJ/m ²	Valor med. kJ/m ²	Desv. típica kJ/m ²	CV %
D1	4,06	10,04	40,76	1,269	31,132	29,4	3,9	13,3
D2	4,13	10,02	41,38	0,968	23,391			
D3	3,89	10,02	38,98	1,144	29,350			
D4	3,97	10,11	40,14	1,140	28,403			
D6	4,11	10,08	41,43	1,034	24,958			
D7	4,15	9,99	41,46	1,327	32,008			
D8	4,11	10,12	41,59	1,372	32,986			
D9	4,13	10,13	41,84	1,081	25,838			
D10	4,08	10,06	41,04	1,485	36,180			
D12	4,11	9,97	40,98	1,224	29,871			

En la figura 3.4 se muestra una imagen de las probetas después de las pruebas.

5.5 Resultados de las pruebas de determinación de la absorción de agua hasta la saturación en según DIN EN ISO 62:2008-05, procedimiento 1

Los resultados de las pruebas se muestran en la tabla 6 que aparece a continuación. En ella figuran la media aritmética con la desviación típica y el coeficiente de variación (CV). Los cálculos necesarios se realizaron de acuerdo con la norma subyacente.

Tabla 6: Absorción de agua en saturación tras 36 días de almacenamiento

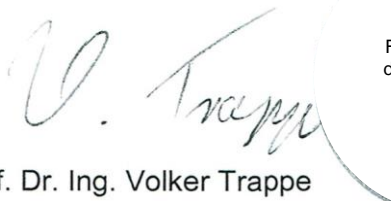
Fracción másica del agua absorbida		
Valor medio	Desviación estándar	CV
%	%	%
0,089	0,004	4,1

La figura 7 muestra el diagrama correspondiente.

BAM Instituto Federal Alemán de Investigación y Ensayo de Materiales
12200 Berlín, 2015-06-03

Área técnica 5.3, Mecánica de materiales poliméricos

en nombre de




Prof. Dr. Ing. Volker Trappe

Ámbito de competencia de estabilidad operativa y comportamiento perjudicial

[Sello Instituto
Federal Alemán
de Investigación
y Ensayo de
Materiales
(BAM)]

en nombre de



Dipl. Ing. (FH) Lothar Buchta

Secretario

Distribución: 1ª y 2ª copia: Cliente

3ª copia: BAM 5.3

CARLOS HEISE
 TRADUCCION INTERPRETE JURADO DE ALEMAN
 C/ Cala Ferrera, 8
 07669 S'HORTA, BALEARES
 Tel. 971 16 21 59



Als in den Balearischen Inseln öffentlicher und allgemein beeidigter Übersetzer für die spanische und deutsche Sprache bestätige ich: Vorstehende Übersetzung (7 Seiten) der mir im Original vorgelegten Urkunde ist richtig und vollständig.

Como traductor estatal jurado en las Islas Baleares en el idioma español y alemán, certifico por la presente que la traducción de este documento es español (7 páginas), recibido en forma original, es correcta y completa.

Palma de Mallorca, den/a 18.11.2023

Carlos Heise Binimelis Núm. T-IJ: 8088