

INFLUENCIA DE LA ACETONA EN LAS PIEZAS DE ACRILONITRILLO BUTADIENO ESTIRENO IMPRESAS EN 3D POR DEPOSICIÓN DE MATERIAL FUNDIDO

INFLUENCE OF ACETONE ON ACRYLONITRILE BUTADIENE STYRENE PARTS PRINTED IN 3D BY FUSED DEPOSITION MODELING

O. CRUZATA^{a†} Y S. MARRERO^a

a) Laboratorio de Tecnología Láser, Instituto de Ciencias y Tecnología de Materiales IMRE, Universidad de la Habana, Cuba. osmel@imre.uh.cu[†]

b) Facultad de Ingeniería Mecánica, Departamento de Mecánica Aplicada, Universidad Tecnológica de La Habana CUJAE, Cuba.

† autor para la correspondencia

Recibido 9/03/2020; Aceptado 28/04/2020

PACS: Polishing in surface treatments (Pulido en tratamientos superficiales), 81.65.B; Polymer flow properties (Propiedades del flujo de polímero), 47.57.Ng; Mechanical properties, deformation and flow (Propiedades mecánicas, deformación y flujo), 83.50.-v

La exposición a vapores de acetona es uno de los métodos utilizados para mejorar la superficie exterior de las piezas de Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS) producidas por impresión 3D mediante la tecnología de Modelación por Deposición Fundida (FDM) [1]. Su uso se fundamenta por el modo en que ocurre la disolución entre compuestos con la misma polaridad, siendo la acetona y el ABS de naturaleza polar. En las superficies de las piezas se produce un reacomodamiento del material en estado semilíquido que cubre las irregularidades, disminuyendo la rugosidad exterior de las piezas.

El procedimiento ha sido reportado [2, 3] y replicado, pero la mayoría de las veces se realiza en instalaciones donde se aumenta la temperatura para acelerar el proceso. Sin embargo, es conocido que estos vapores son explosivos en presencia de calor y que la repetitividad del resultado depende más de la experiencia intuitiva que de una metodología.

Los estudios sobre las variaciones de dimensiones y de formas en las piezas que se someten a dicho procedimiento a temperatura ambiente son escasos, por lo que no se conoce con antelación en qué magnitud pueden ser afectadas las piezas sobre todo en aquellas que tienen una función de rigor en un equipo o mecanismo.

Para obtener los datos necesarios que permitieran realizar una valoración de ese comportamiento, fueron construidas ocho piezas de tres geometrías diferentes (un bloque escalonado con superficies horizontales y verticales, un cilindro truncando por un plano inclinado a 45 grados, y un casquete semiesférico). La construcción se realizó empleando una impresora GeeeTechPrusa I3 con los parámetros de trabajo mostrados en la Tabla 1 y un filamento de ABS de 1.75 mm de diámetro.

De cada geometría se conservó una pieza como patrón. Las restantes se expusieron a los vapores de acetona 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 8 horas respectivamente. Todas las pruebas se realizaron a temperatura ambiente y en una cámara herméticamente

cerrada que contenía en su parte inferior 80 ml de acetona líquida con un 99.5 por ciento de pureza, y en su parte superior las piezas a tratar.

Tabla 1. Parámetros de trabajo Impresora GeeeTechPrusa I3.

Diámetro del extrusor	0.4 mm
Altura de las capas	0,4 mm
Resolución	0,2 mm
Velocidad del cabezal	20 mm/s
Temperatura cabezal	220 °C.
Temperatura base	110 °C.

Culminado el tiempo de exposición, las muestras se colocaron en una campana de extracción de gases durante doce horas antes del análisis dimensional para evitar que la manipulación produjese nuevas deformaciones en las piezas.

La Tabla 2 muestra los valores de rugosidad medidos utilizando un rugosímetro marca Mitutoyo modelo SJ-210, ver Fig. 1.



Figura 1. Instalación para la medición de la rugosidad.

En correspondencia con lo reportado en las publicaciones consultadas, se evidencia una gran disminución a medida que aumentaba el tiempo de exposición.

Los radios y el redondeo de los bordes aumentaron, verificándose una diferencia de 3.36, 0.82 y 2.48 mm para los casquetes semiesféricos, los cilindros truncados y los bloques escalonados respectivamente. Las alturas sufrieron disminución en los casquetes (2.01 mm) y en los cilindros (0.69 mm). Además se comprobó que en los bloques escalonados las alturas de los escalones intermedios aumentaron entre 0.50mm y 0.78mm debido a que reciben el material que se desliza desde los escalones superiores.

Tabla 2. Rugosidad media (μm).

Superficies	Inicial	Final
Horizontales	18,17	2,03
Verticales	28,44	1,34
Inclinadas	38.35	0.41
Cilíndricas	20.25	0,46

La dureza superficial, medida utilizando un durómetro SHORE tipo D y empleando la metodología descrita en la Norma Cubana "Plásticos y Ebonita. Determinación de la dureza de penetración mediante un durómetro" (Dureza SHORE) (ISO 868:1985, IDT) [4], tuvo dos tendencias diferentes: la primera, en planos verticales y horizontales donde ocurrió una disminución atribuible a la reducción del espesor de la capa al perderse material; la segunda, en planos inclinados y superficies cilíndricas, donde la dureza aumentó debido a que el polímero que se deslizó cubrió los escalones de la capa existente aumentando su grosor, ver Fig. 2.

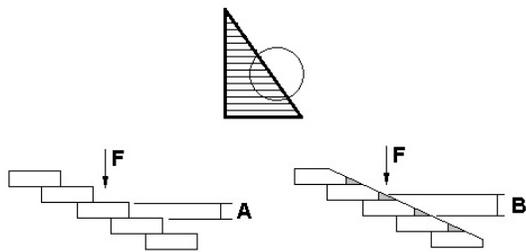


Figura 2. Redistribución del polímero en planos inclinados.

Las variaciones encontradas confirmaron que al usar este método para mejorar la calidad superficial, debe existir otro parámetro de control más riguroso que la valoración de la apariencia exterior, pues las deformaciones en las piezas pueden llegar a ser mayores que la tolerancia admisible de fabricación.

Tomando como referencia los modos de control utilizados en los procesos de fabricación de piezas por fundición o moldeo, se procedió a tabular las mediciones realizadas. Ver Tabla 3.

De esta forma se compararon los datos obtenidos con lo establecido en las normas: "Tolerancia para dimensiones lineales, excepto aristas matadas (ISO 2768)" y "Tolerancia para dimensiones lineales de aristas matadas (radios exteriores y alturas de chaflán ISO 2768)" [5], que se muestra en la Tabla 4.

La comparación permitió conocer que de las clases de tolerancia, descritas en las normas como: fina (f), media (m),

grosera (c) y muy grosera (v), se pasaba de clase media a clase grosera en las piezas analizadas cuando los tiempos de exposición eran superiores a seis horas.

Tabla 3.

Horas	Ra (μm)	Diferencia (mm)		
		A (30)	B (20)	C (10)
1	8,15	0,38	0,01	0,37
2	7,58	0,48	0,02	0,33
3	6,81	0,44	0,01	0,34
4	6,79	0,58	0,12	0,28
5	6,44	0,84	0,08	0,27
6	2,83	1,14	0,64	0,52

Ese resultado implica que si el objetivo es obtener una pieza donde predominan superficies verticales y horizontales con una desviación no mayor de ± 0.2 mm de su medida nominal, el máximo valor de rugosidad superficial que se puede alcanzar con este método es $Ra = 6.44 \mu\text{m}$, lo que corresponde a cinco horas de exposición a vapores de acetona a temperatura ambiente.

Tabla 4.

Clase de Tolerancia	Descripción	Desviaciones admisibles respecto al valor nominal d (en mm)		
		$0.5 < d \leq 3$	$3 < d \leq 6$	$6 < d \leq 30$
f	fina	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$
m	media	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$
c	grosera	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$
v	muy grosera	-	$\pm 0,5$	± 1

Si fuera indispensable una pieza con mejor acabado superficial y los mismos valores de tolerancia dimensional sería recomendable utilizar algún otro método para el alisado.

De esta forma quedó marcada una frontera entre la funcionalidad de la pieza y el valor de rugosidad superficial a alcanzar.

Además, registrar las dimensiones inicial y final de las piezas expuestas sirvió para conocer cuáles son las sobre medidas que deben ser agregadas desde el proceso de diseño. Esto permitirá compensar la migración del material en una misma superficie o por el desplazamiento desde una superficie hacia otra contigua.

Para comprobar la influencia de la exposición a vapores de acetona en los radios de las piezas de ABS fabricadas mediante impresión 3D, se realizó un análisis similar al descrito para las dimensiones lineales.

En este caso la frontera entre la clase de tolerancia media y la grosera, se ubicó en el límite de las cuatro horas de exposición.

En todos los bordes se encontró una tendencia al aumento del redondeo, siendo más pronunciada en los bordes exteriores.

La experiencia realizada reafirma la influencia de la acetona como método para el alisado de piezas de ABS mediante su exposición a los vapores a temperatura ambiente. Además, establece los límites en que dicho método puede ser

aplicado para piezas de responsabilidad técnica sin afectar su funcionalidad.

El comportamiento en piezas de formas más complejas o en aquellas que posean estructuras internas diseñadas como soportes o conductos, debe ser abordado para tener una valoración integral de las posibilidades de aplicación del método.

BIBLIOGRAFÍA

[1] N. S. Bakar, M.R. Alkahari, H. Boejang, *Journal of Zhejiang University - Science A: Applied Physics & Engineering*, (2010).

[2] S. Jaspreet, S. Rupinder y S. Hardwinder, *IJAMR*, 29 (2017).

[3] A. Lalepour, C. Janeteas y A. Barari, *The International Journal of Advanced Manufacturing*, (2004) pp 1505-1520 (<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.12.159>)

[4] Oficina Nacional de Normalización, *Plástico y ebonita. Determinación de la dureza de penetración mediante un durómetro (dureza shore)*, La Habana, (2000), NC ISO 868:2000.

[5] International Standard Office, *General tolerances - Part 1: Tolerances for linear and angular dimensions without individual tolerance indications*. ISO, (1989), ISO 2768-1:1989.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0, <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) license.

