

Efecto de los parámetros de plasma atmosférico sobre la superficie del ácido poliláctico

A. Jordá-Vilaplana^(a) L. Sánchez-Nácher^(b)

^a Departamento de Ingeniería Gráfica (DIG) Teléfono:+34966528451 amjorvi@upv.es
Universitat Politècnica de València (UPV), 03801, Alcoy (Spain)

^b Instituto de Tecnología de Materiales (ITM)
Universitat Politècnica de València (UPV), 03801, Alcoy (Spain)

RESUMEN

El presente trabajo pretende mejorar la humectabilidad de polímeros biodegradables mediante la utilización del tratamiento de plasma atmosférico. Debido al gran interés y concienciación por respetar el medio ambiente que ha surgido en las últimas décadas, el polímero utilizado es el ácido poliláctico PLA, el cual es tratado mediante plasma atmosférico, obteniendo resultados de mejora de humectabilidad debido al aumento de energías superficiales, determinando los rangos de trabajo óptimos de aplicación del plasma atmosférico. Para ello se ha utilizado este tratamiento de modificación superficial con la variación de parámetros de procesado: velocidad de pasada del plasma y altura boquilla/substrato. La evaluación de los efectos de este tratamiento superficial sobre el PLA se realiza de forma experimental mediante medida de ángulos de contacto, cálculo de energías superficiales, junto con técnicas de estudio de los mecanismos de modificación superficial del plasma.

INTRODUCCION

En la sociedad consumista actual en la que vivimos, marcada por la Cultura del usar y tirar y el consumismo incontrolado, está provocando graves consecuencias en el ecosistema y en el medioambiente. Por este motivo los gobiernos de los países desarrollados están creando legislaciones y compromisos por tal de minimizar estas graves consecuencias. Concretamente, se han creado las políticas para el desarrollo sostenible desde el punto de vista medioambiental UE:COM 2005-658 "estrategia para el desarrollo sostenible". Dentro de este marco de acción general, presentan especial relevancia las políticas en gestión de residuos, puesto que su crecimiento exponencial es directamente proporcional al crecimiento económico de la sociedad.

Actualmente se están generando 3000 millones de toneladas de residuos al año, unas 6 toneladas por persona en la Unión Europea. En 2020 se prevé un aumento del 45%. Actualmente se reciclan 1,21 millones de toneladas de envases al año, unos 81000 millones de envases, de los cuales el 68, 9% de total es gestionado por Ecoembes. Las principales características de estos envases son las siguientes; tiene un ciclo de vida corto, son productos de usar y tirar, es el sector que más residuos genera, la materia prima es de naturaleza petroquímica, no es biodegradable, y se produce una inadecuada utilización de materiales poliméricos. Es por ello que aparece la necesidad de sustituir los polímeros convencionales por polímeros biodegradables, respetuosos con el medioambiente.

En el presente trabajo se ha utilizado el ácido poliláctico (PLA), por ser un biopolímero obtenido por la fermentación microbiana de materias naturales ricas en azúcares, celulosa y almidón, mediante la polimerización. Sus principales características son las siguientes; es un termoplástico transparente, incoloro, estable a los rayos ultravioleta, con estructura amorfa y/o semicristalina, es frágil y tiene buena resistencia y rigidez.

Además si se comparan sus propiedades mecánicas con las de otro polímero convencional como el polietileno o polipropileno, se llega a la conclusión que el ácido poliláctico puede ser un gran sustitutivo de los plásticos convencionales.

Las principales aplicaciones es en el sector envase y embalaje, a la hora de diseñar un envase, uno de los problemas típicos de los polímeros es la baja adhesión, debido a su carácter apolar. En este estudio lo que se pretende es mejorar la hidrofiliidad. Para ello se ha utilizado un tratamiento novedoso denominado tratamiento superficial con plasma atmosférico. Por este motivo se plantean como objetivos en este trabajo experimental los siguientes: Optimizar las condiciones de tratamiento superficial con plasma atmosférico sobre PLA; cuantificar los efectos del tratamiento superficial con plasma, observando la mejora de la humectabilidad; e identificar los principales mecanismos de acción del plasma.

EXPERIMENTAL

El material utilizado en el presente estudio es el sustrato comercial de Acido poliláctico PLA suministrado en forma de granza por la empresa Nature Works LLC, situada en Minnetonka, (Minnesota, EEUU), concretamente el polímero PLA 6201D.

El tratamiento de plasma atmosférico se realiza con un equipo "Plasma Jet RD1004", del proveedor Plasmatrete GmbH, empresa con sede en Alemania. Las condiciones ensayadas fueron a velocidades distintas, 100, 300, 700 y 1000 mm/s y alturas diferentes 6, 10, 14 y 20 mm. El equipo utilizado para la medida del ángulo de contacto de las diferentes muestras de PLA mediante los diferentes líquidos de contacto nombrados anteriormente es el EASYDROP STANDARD de la marca KRÜSS modelo FM140 110/220 V, 50/60 Hz.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La acción del plasma atmosférico sobre el PLA estudiado provoca la funcionalización de la superficie por interacción de las especies ionizadas del aire que genera el plasma, aumentando la humectabilidad de las mismas, pero dicho aumento es función de las condiciones de aplicación del tratamiento de modificación superficial. Este estudio de ángulos de contacto utilizando distintos líquidos de ensayo, permite calcular la energía superficial de cada muestra tratada, a través de diversas teorías o modelos matemáticos. El método utilizado en este estudio es el de Owens- Wendt, a partir de los ángulos de contacto para diferentes líquidos. Además es un método que aporta información sobre las contribuciones polares y dispersivas, lo que puede dar información sobre la manera o forma en que se produce la modificación superficial en el tratamiento de plasma. [1-3]

En la figura 1 se puede observar una gama cromática de azules, que representan la variación de la energía superficial. La zona con mejores resultados obtenidos es para una distancia boquilla/sustrato de 10 mm y velocidades de pasada bajas entre 100 y 500 mm/s, con valores de energía superficial mayores a 50 mJ/m² si tenemos en cuenta que la energía superficial inicial del PLA es de 37,10 mJ/m².

Este aumento de las energías superficiales del PLA por la acción del plasma atmosférico se debe principalmente a dos tipos de actuación del mismo sobre la superficie polimérica. En primer lugar se generan una serie de cambios físicos que afectan a la rugosidad superficial: mecanismo de microarranque, y en segundo lugar se produce una activación química de la superficie polimérica responsable del aumento de su polaridad.

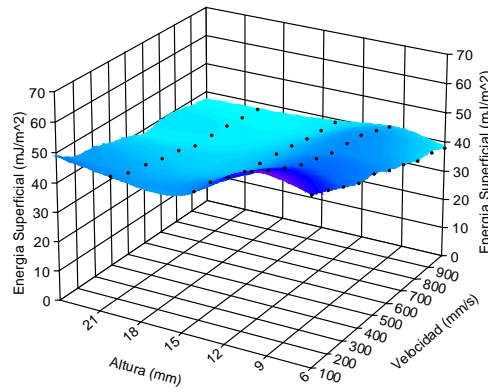


Figura 1. Variación de la energía superficial del PLA tratado con plasma atmosférico en función de la velocidad de pasada y de la altura boquilla/sustrato.

Mediante la técnica de observación con microscopía de fuerza atómica (AFM) se puede cuantificar con medidas de “micro-rugosidad” el mecanismo de microarranque que proporciona mejoras en las propiedades humectantes al generar mucha más superficie irregular, como se observa en la figura 2. [3-7]

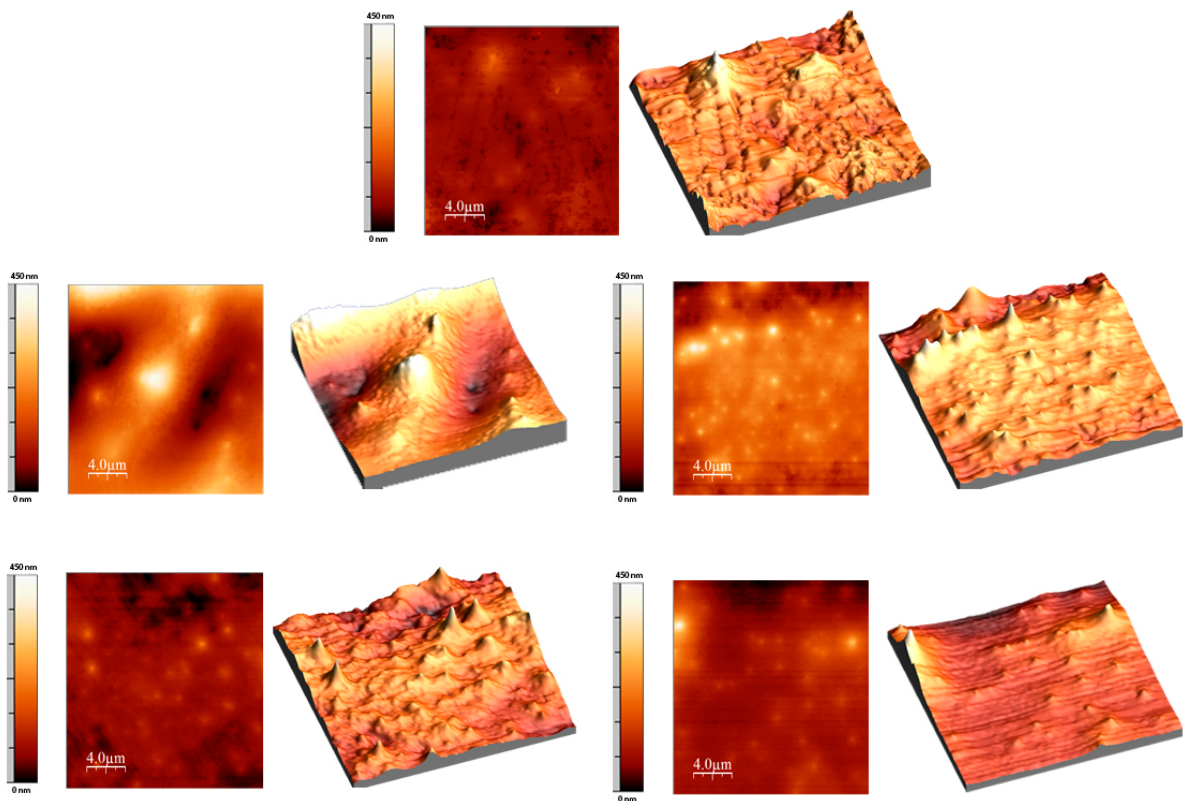


Figura 2. Imágenes AFM en 2D y 3D de la superficie del PLA sin tratamiento y tratadas a 6 mm de distancia tobera-sustrato y distintas velocidades de pasada (100, 300, 7000 y 1000 mm/s). (Escala 20 μm x 20 μm)

El mecanismo de activación superficial se cuantifica mediante la técnica de espectroscopía fotoelectrónica (XPS), que nos aporta información cuantitativa y cualitativa del proceso de funcionalización de las láminas de PLA tratado con plasma atmosférico en distintas condiciones, como se observa en la figura 3.

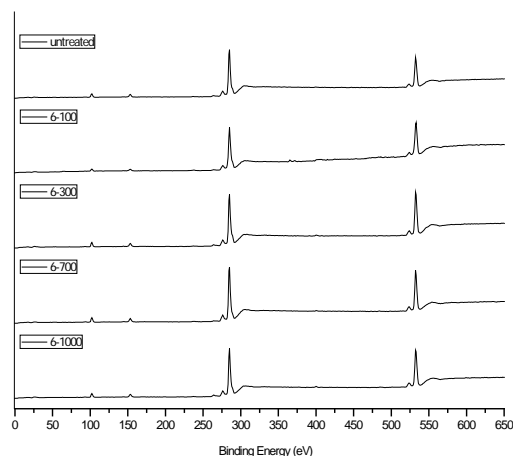


Figura 3. Espectros XPS de baja resolución del sustrato de PLA sin tratar y de distintos sustratos de PLA tratados con plasma atmosférico a 6 mm de distancia boquilla/sustrato y distintas velocidades de pasada.

En las figuras anteriores se observa como para una distancia sustrato/tobera de 6 mm y velocidades bajas 100 mm/s, comparándola con la muestra sin tratar, se aprecia claramente un incremento del pico correspondiente a la transición O 1s de oxígeno, con una energía de ligadura de aproximadamente 533 eV y un decremento del pico correspondiente a la transición C 1s de carbono, con una energía de ligadura de 285 eV aproximadamente. Además, se aprecia la aparición de un pequeño pico que corresponde a la contribución del nitrógeno, N 1s, para una energía de ligadura alrededor de 399 eV, y que para la muestra sin tratar no aparecía. Esto es debido a que al tratarse de plasma atmosférico, la funcionalización se producirá por la inserción de especies presentes en el aire.

CONCLUSIONES

Como conclusiones derivadas del estudio del tratamiento de plasma atmosférico sobre polímeros biodegradables, cabe destacar que el tratamiento mejora de forma la humectabilidad del ácido poliláctico, al aumenta el comportamiento hidrofílico del sustrato de forma óptima para tratamientos posteriores. Las condiciones óptimas de aplicación de este tratamiento de modificación superficial se mantienen en el rango de bajas alturas de boquilla/sustrato [6-10 mm] y baja/media velocidad de pasada [100-700 mm/s] para las mismas alturas.

REFERENCIAS

- [1] Martinez-Martinez M, Romero-Sanchez MD. *Eur Phys J-Appl Phys.* 34, 125-38 (2006).
- [2] Michalski MC, Hardy J, Saramago BJV. *Journal of Colloid and Interface Science.* 208, 319-328 (1998).
- [3] Pascual M, Sanchis R, Sanchez L, Garcia D, Balart R. *J Adhes Sci Technol.* 22, 1425-1442 (2008).
- [4] De Geyter N, Morent R, Leys C. *Ieee Transactions on Plasma Science.* 36, 1308-1309 (2008).
- [5] De Geyter N, Morent R, Leys C, Gengembre L, Payen E, Van Vlierberghe S, et al. *Surf Coat Technol.* 202, 3000-3010 (2008).
- [6] Esena P, Riccardi C, Zanini S, Tontini M, Poletti G, Orsini F. *Surf Coat Technol.* 200, 664-667 (2005).
- [7] Teraoka F, Nakagawa M, Hara M.. *Dent Mater J.* 25, 560-565 (2006).