



LASER PATTERNING COMBINADO CON NITRURACIÓN IÓNICA COMO HERRAMIENTA PARA CONTROLAR EL COMPORTAMIENTO TRIBOLÓGICO DE COMPONENTES DE ACERO

Ignacio J. Tabares^{(1)*}, Sonia P. Brühl⁽¹⁾, Alfredo Aguilar⁽²⁾ y Andrés F. Lasagni^(2,3)

(1) *Grupo de Ingeniería de Superficies, Universidad Tecnológica Nacional (UTN), Ing. Pereira 676, E3264BTD Concepcion del Uruguay, Argentina.*

(2) *Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS, Winterbergstr. 28, 01277 Dresden, Alemania.*

(3) *Institut für Fertigungstechnik, Technische Universität Dresden, Zeunerbau, George-Bähr-Str. 3c, 01062 Dresden, Alemania.*

* *Correo Electrónico (autor de contacto): ignatabares@gmail.com*

En este trabajo se analiza la combinación secuencial de nitruración y *laser patterning*, en ambos órdenes de aplicación, en comparación con muestras del mismo material con los tratamientos individuales. La nitruración fue hecha en un equipo industrial usando los parámetros usuales para obtener austenita expandida sin la precipitación de nitruros. El método usado para el *patterning* fue el de interferencia directa de láser (DLIP), elegido por su gran precisión y su alto volumen de trabajo. El patrón elegido fue el "Cross like STR". Los resultados indican una leve mejora en una combinación de *patterning* más nitruración con respecto a los tratamientos individuales.

Los aceros austeníticos son usados por sus buenas propiedades de resistencia a la corrosión, pero sus propiedades mecánicas limitan sus aplicaciones en la industria. La nitruración iónica es un tratamiento termoquímico asistido por plasma que puede incrementar la dureza del acero AISI 316L sin afectar sus propiedades anticorrosivas, ya que este proceso copia la topografía de la superficie, el coeficiente de fricción se mantiene alto en relación al acero sin tratar [1]. El proceso de *laser patterning* es promisoramente el proceso más atractivo de desarrollar. El bajo impacto ambiental y el control detallado de los parámetros y la estructura final son los aspectos más importantes de este proceso [2].

Se analizó la combinación secuencial de nitruración y *laser patterning*, en ambos órdenes de aplicación, en comparación con muestras del mismo material con los tratamientos individuales. La nitruración fue llevada a cabo en un equipo industrial usando los parámetros usuales para obtener austenita expandida sin la precipitación de nitruros.

La nitruración por plasma se realizó en un equipo industrial de la firma IONAR S.A. en Argentina, en una atmósfera de 20% N₂ y resto H₂, a 400 °C de temperatura y 10 horas. Los tratamientos por láser fueron realizados en el Instituto Fraunhofer IWS de Dresden, Alemania, usando un láser pulsado de 10 ps de Nd:YAG operando a 1064 nm de longitud de onda. El método usado para el *patterning* fue el de interferencia directa de láser (DLIP), elegido por su gran precisión y su alto volumen de trabajo. El *pattern* o patrón usado fue el "Cross like STR".

La topografía de la superficie fue analizada con microscopía confocal. Se midió la dureza en las muestras nitruradas, y se ensayaron en desgaste adhesivo, con una máquina *pin on disk* rotatoria. Se utilizó una bolilla de alúmina como contraparte, una carga de 3 N y un recorrido total de 500 m. La velocidad tangencial fue de 10 cm/s.

Las muestras se dividieron en 5 grupos, con dos subgrupos de acuerdo al tipo de patrón elegido, como se expresa en la Tabla 1.

Grupo	Subgrupo	Tratamiento
1	1.1	DLIP 2,5 μm + N
	1.2	DLIP 5,4 μm + N
2	2.1	N + DLIP 2,5 μm
	2.2	N + DLIP 5,4 μm
3	3.1	DLIP 2,5 μm
	3.2	DLIP2 5,4 μm
4	N	Nitrurado
5	P	AISI 316L

Tabla 1: Tabla nominal de los grupos de muestras

Para este trabajo se eligieron dos tipos de patrones, de 2,5 y de 5,4 micrones de período que se pueden observar en las Figuras 1 a y b, aplicados en ambos órdenes de secuencia con la nitruración y sobre material sin nitrurar, y se comparó con muestras solamente nitruradas y sin tratamiento alguno.

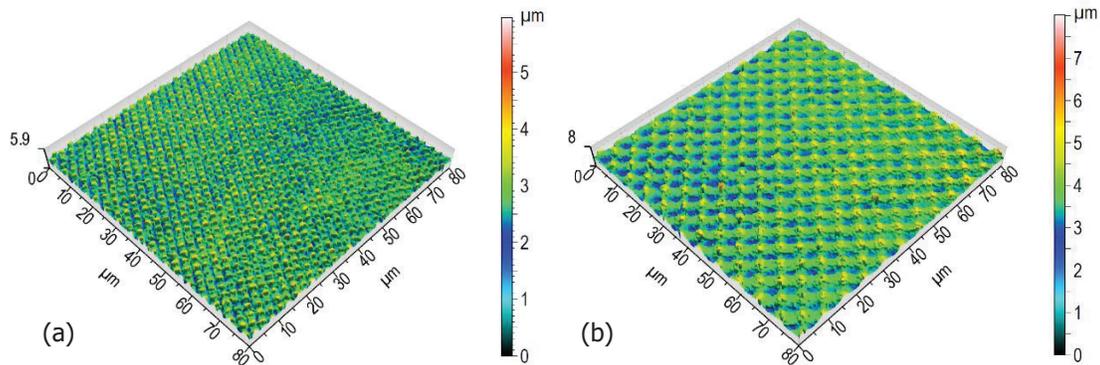


Figura 1: Patrones de a) 2,5 μm y b) 5,4 μm

Después del ensayo *pin on disk*, se analizaron las superficies con microscopía óptica y se tomaron perfiles de las huellas de desgaste con un perfilómetro mecánico, el coeficiente de fricción fue analizado mediante una celda de carga durante el ensayo de *pin-on-disk*.

Con la carga usada el coeficiente de fricción (CoF) no se vio mejorado con respecto al del acero 316L sin tratamiento, salvo en el caso del grupo 1.1 que corresponde a la combinación del patrón de 2,5 micrones con el proceso de nitruración posterior (ver Figura 3). Si bien los coeficientes de fricción tienden a valores similares hacia los 2000 segundos (el fin del ensayo), en el grupo 1.1 se nota que el CoF se mantiene relativamente bajo durante los primeros 600 segundos de ensayo. En la Tabla 2, la última columna muestra el valor estacionario del coeficiente al fin del ensayo, donde se observa que todos los valores son más altos que el material sin tratar. Esto puede deberse a que por la carga usada, al tercio del tiempo del ensayo el pattern ya fue deformado o desgastado y no tiene ninguna influencia en la fricción.

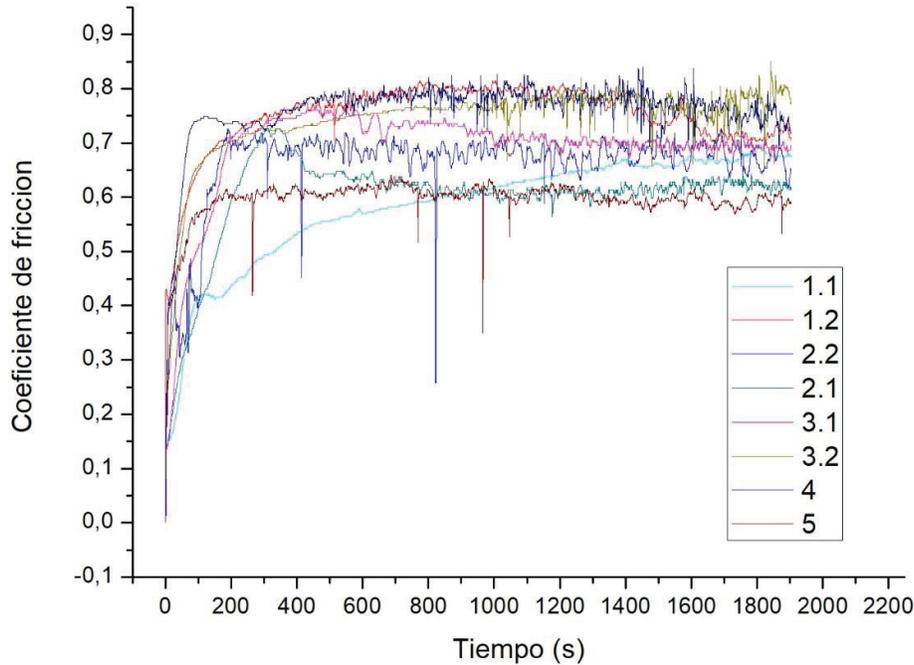


Figura 2: Gráfico de la evolución de los coeficientes de fricción

Por el contrario, se aprecia una gran diferencia en el volumen perdido por desgaste (Tabla 2) entre el material nitrurado y sin nitrurar. Sin embargo, no tuvo influencia la presencia del pattern para los ensayos llevados a cabo con los parámetros descritos anteriormente.

Grupo	Subgrupo	Volumen perdido [10^{-3} mm^3]	CoF estacionario
1	1.1	9,8	0,64
	1.2	9,4	0,71
2	2.1	23,8	0,61
	2.2	21,2	0,65
3	3.1	680,2	0,69
	3.2	595,2	0,77
4	N	7,7	0,71
5	P	585,7	0,59

Tabla 2: Volumen perdido en el ensayo *pin-on-disk*

En conclusión, los resultados obtenidos no fueron determinantes a favor del uso del *laser patterning* como método para disminuir el coeficiente de fricción y el desgaste en condiciones secas, es decir sin lubricación, aunque habría una tendencia a preferir la combinación del *patterning* primero seguido por la nitruración. Queda abierta la posibilidad de una mejora en el caso de usar lubricantes y ensayar los mismos materiales en una condición de menor presión hertziana.

Agradecimientos: A la UTN por el apoyo económico.

Referencias

- [1] B. Podgornik and S. Hogmark. Surface modification to improve friction and galling properties of forming tools, J. Mat. Proc. Technol. 174 (1), 2006, 34-341.
- [2] Alfredo I. Aguilar-Morales, Sabri Alamri, Andrés Fabián Lasagni. Micro-fabrication of high aspect ratio periodic structures on stainless steel by picosecond direct laser interference patterning. Journal of Materials Processing Technology 252, 2018, 313-321.