

INFLUENCIA DEL TIPO DE CARGA SOBRE EL MECANIZADO DE MATERIALES COMPUESTOS DE POLIÉSTER INSATURADO.

*Santiago Cardona*¹, *Daniel Peláez*², *Santiago Betancourt*³

1: Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela de Ingenierías, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia.

* Contacto: santiago.betancourt@upb.edu.co

RESUMEN

Plásticos cargados es el nombre otorgado a aquellos materiales compuestos de matriz polimérica que incorporan partículas sólidas con el fin de mejorar propiedades del material o disminuir costos del producto final. Generalmente, se emplean como cargas sustancias inorgánicas, minerales con altos contenidos de óxidos metálicos que si bien logran el objetivo económico, al interior del proceso de producción, alteran las condiciones de mecanizado del mismo, variando potencias y aumentando el desgaste de las herramientas. El presente trabajo busca analizar las características del mecanizado de un plástico cargado. Se ha elegido como polímero de estudio al poliéster insaturado, catalizado con MEK peróxido y con octoato de cobalto como agente acelerador. Se fabricaron materiales cargados con diferentes tipos de cargas (carbón vegetal, yeso y talco), en tres diferentes concentraciones de carga (15%, 30% y 45% w/w de la resina). Se implementó un diseño de experimentos, en el cual se estudiaron las siguientes variables velocidad de avance, velocidad de corte (RPM) y profundidad de mecanizado cada uno en dos niveles. De acuerdo con los resultados se encontraron cambios significativos en la potencia eléctrica como consecuencia de la variación del tipo de carga y el porcentaje de refuerzo, el carbón muestra los menores valores de potencia comparado con las cargas inorgánicas. Respecto a las variables de mecanizado, las tres variables: avance, profundidad y velocidad de corte (RPM) ejercen un efecto sobre la variación de la potencia eléctrica encontrándose que la velocidad de corte es la variable que más influye sobre las otras dos.

Palabras Clave: *Materiales compuestos cargados, Poliéster insaturado, Mecanizado, Consumo de potencia.*

ABSTRACT

Polymeric matrix composites incorporating solid particles to enhance or decrease material properties of the final product costs are usually called filled composites. Inorganic substances, with high content of metal oxides alter machining conditions, varying potencies and increased wear on the tools. This paper analyzes the characteristics of a filled plastic machining. Unsaturated polyester has been selected as matrix. Composite materials (filled) were fabricated with different types of fillers (charcoal, chalk and talc), in three different loading concentrations (15%, 30% and 45% w/w of the resin). Analysis of machining conditions were study by means of design of experiments, using as variables: speed of feed, tool speed (RPM) and cutting depth each at two levels, and electric power consumed as response variable. Significant changes were found in the electric power due to the variation of the load type and reinforcement content. Charcoal samples show lower power values compared to the inorganic fillers. Respect to

machining variables, the three variables: speed of feed, cutting depth and speed (rpm) has an effect on the electric power variation. However, it was found that the depth of cut is the most influential variable on the other two.

Keywords: *Filled composites, Unsaturated polyester, Machining, Power consumption.*

1 INTRODUCCIÓN

El poliéster insaturado pertenece a una categoría de polímeros que contiene el grupo funcional éster en su cadena principal. Es una resina termoestable que se obtiene de la policondensación de ácidos dicarboxílicos insaturados con glicoles que por lo general son propilén glicol y butilén glicol. Posee varias clasificaciones entre las cuales están: Ortoftálica, isoftálicas, teraftálicas y bisfenolicas, estas dependen del tipo de ácido dicarboxílico que posee la reacción y el glicol usado [1-4].

Tabla 1. Clasificación de las resinas de Poliéster insaturado y sus aplicaciones.

CLASIFICACIÓN	PROPIEDADES	USOS
Ortoftálicas	Uso general	automóviles, laminados, construcción, etc.
Isoftálicas	Resistencia al agua y químicos	Industria Náutica, piscinas y tanques
Bisfenólicas	Alta resistencia química	Tanques de Combustible, Almacenamiento químicos fuertes, etc.
Tereftálicas	Buena resistencia química	Almacenamiento de químicos.

Los polímeros cargados, es el nombre dado a aquellos materiales poliméricos a los cuales se les adiciona un segundo elemento, generalmente particulado, llamado carga. Por lo general esta adición de cargas se usa para reducir costos, pero también son utilizados como refuerzo aumentando propiedades físicas o químicas del polímero. El poliéster insaturado tiene la capacidad de aceptar una amplia variedad de tipos de cargas dependiendo de la aplicación requerida lo cual permite clasificarlas como reforzantes y no reforzantes. En la tabla 2 se muestran algunas de las cargas utilizadas al igual que la familia a la que pertenece.

Las cargas inorgánicas alteran las condiciones de mecanizado de los materiales, en ocasiones incrementando las potencias de mecanizado y el desgaste de las herramientas [5-7]. El presente trabajo tiene por objeto estudiar el efecto de las condiciones de mecanizado (profundidad de corte, velocidad de avance de la herramienta y velocidad de giro) sobre la potencia eléctrica consumida durante el proceso de mecanizado de materiales compuestos cargados, evaluando la influencia del tipo de carga y el contenido porcentual de la misma.

Tabla 2. Tipos de cargas empleadas en la manufactura de materiales compuestos.

TIPO DE CARGA	ORÍGEN	EJEMPLOS
ORGÁNICOS	Celulósicos	Harina de madera, hilos de algodón, papel.
	Subproductos agroindustriales	Harina de cáscara de nuez, fibras de sisal, bagazo, fibra de coco.
	Sintéticos	Filamentos de Nylon, hilos de Orlon, fibras de Dacron, fibras de Teflón
	Carbonaceos	Fibras de carbón, fibras de grafito, negro de carbono, hojuelas de grafito, bitumen
INORGÁNICOS	Minerales	Asbestos, hojuelas o polvo de mica, talco industrial, fibra de vidrio Fibra de cuarzo, óxido de aluminio
	Polvos Metálicos	Cobre, aluminio, hierro, disulfuro de molibdeno, plomo

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Para la matriz se empleó una resina una resina de poliéster insaturado tipo CRISTALÁN 823 (ANDERCOL S:A). Ésta es una resina de poliéster ortoftálica, pura, semirrígida. Para el curado de la resina se usaron como catalizador MEK Peróxido (Metil Etil Cetona Peróxido) y como acelerador octoato de cobalto (SECAN 709) al 6% a temperatura ambiente. Se estudiaron tres tipos de cargas, a saber: Talco industrial 325 (SUMIGLASS S. A), Yeso Maravilla (CORONA) y carbón vegetal (CEITAP). Este último fue acondicionado mediante procesos de molienda hasta obtener partículas de tamaño no superiores a 210 μm . Se fabricaron bloques de materiales compuestos (70 x 100 x 100 mm) con los diferentes tipos de cargas (carbón vegetal, yeso y talco), en tres diferentes concentraciones de carga (15%, 30% y 45% w/w de la resina).

Para el análisis de las condiciones de mecanizado se uso una máquina de prototipado rápido, fresadora MAX NC 15, con una herramienta de corte de acero rápido de 4 caras. Se monitorearon los cambios en la potencia eléctrica consumida por el motor que mueve el usillo con una pinza volti-amperimétrica (400A con precisión de de 0.01A. Se implementó un diseño de experimentos, en el cual se estudiaron las siguientes variables velocidad de avance, revoluciones de la herramienta (RPM) y profundidad de mecanizado cada uno en dos niveles como se indica en la tabla 3. En total se ejecutaron 72 corridas experimentales.

Tabla 3. Tipos de cargas empleadas en la manufactura de materiales compuestos.

VARIABLE	NIVELES	UNIDADES
Revoluciones de la herramienta (F)	6000 - 8000	RPM
Profundidad de corte (D)	1.5 - 3.0	mm
Velocidad de avance (S)	400 - 800	mm s-1

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras ejecutar el diseño de experimental se encontraron variaciones en la potencia eléctrica como consecuencia del tipo de carga y de la cantidad de refuerzo empleada, entre 80 y 145 W. En la Figura 1 se muestra el comportamiento del consumo de potencia eléctrica respecto al tipo de carga y al contenido porcentual incorporado dentro de la matriz polimérica.

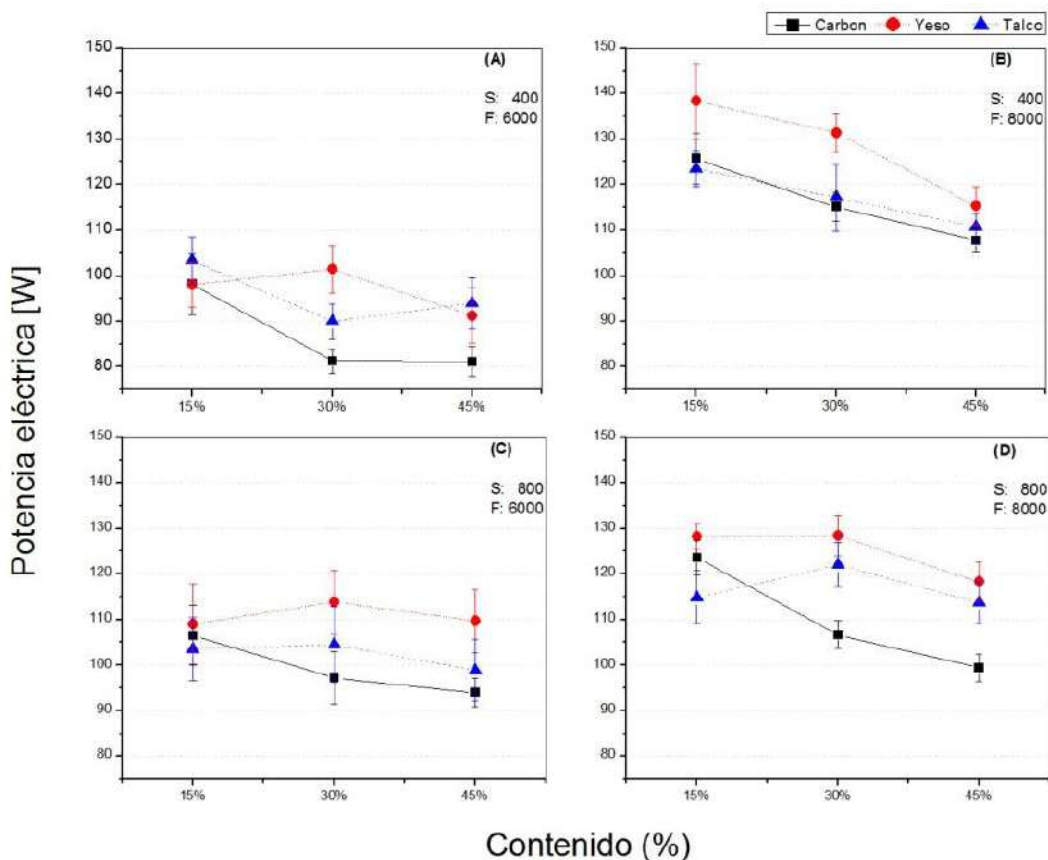


Figura 1. Variación de la potencia eléctrica de mecanizado según contenido y tipo de carga. Curvas para 3 mm de profundidad de corte y: A) s:400 mm/s y f: 6000 RPM; B) s:400 mm/s y f: 8000 RPM; C) s:800 mm/s y f: 6000 RPM; D) s:600 mm/s y f: 8000 RPM.

Se puede afirmar que el carbón fue la carga que disminuyó el consumo de potencia eléctrica, mientras que el talco y el yeso aún cuando tiende a disminuir, presentaron valores estadísticamente similares. No obstante es posible afirmar que en general, todas las cargas estudiadas tienden a disminuir el consumo de potencia eléctrica durante el mecanizado. En esta misma figura es posible reconocer el efecto que ejerce sobre el consumo de potencia las variables de mecanizado. Así pues, incrementos en los niveles de velocidad de avance (figuras (A y C) (B y D)) y de velocidad de giro en la herramienta (figuras (A y B) (C y D)) aumentan el consumo de potencia eléctrica.

A través de análisis de la variancia (ANOVA) y de los valores P, obtenidos empleando el software de análisis estadístico *Statgraphics*, fue posible determinar los factores más determinantes en el consumo de la potencia eléctrica, así pues las variables de mecanizado velocidad de corte, profundidad de corte, velocidad de avance; así como el tipo de refuerzo, respectivamente, son los que ejercen más influencia sobre la variable evaluada. Esto concuerda con lo reportado por El-Sonbaty et al [8].

Las herramientas de corte fueron observadas al microscopio antes y después de los mecanizados, encontrando evidencias de desgaste de las superficies de las herramientas, especialmente los flancos de ataque de las mismas como se muestra en la figura 2. El análisis sistemático del desgaste de la herramienta como consecuencia del mecanizado de los polímeros cargados abre una futura etapa dentro de la investigación del mecanizado de esta clase de materiales compuestos.

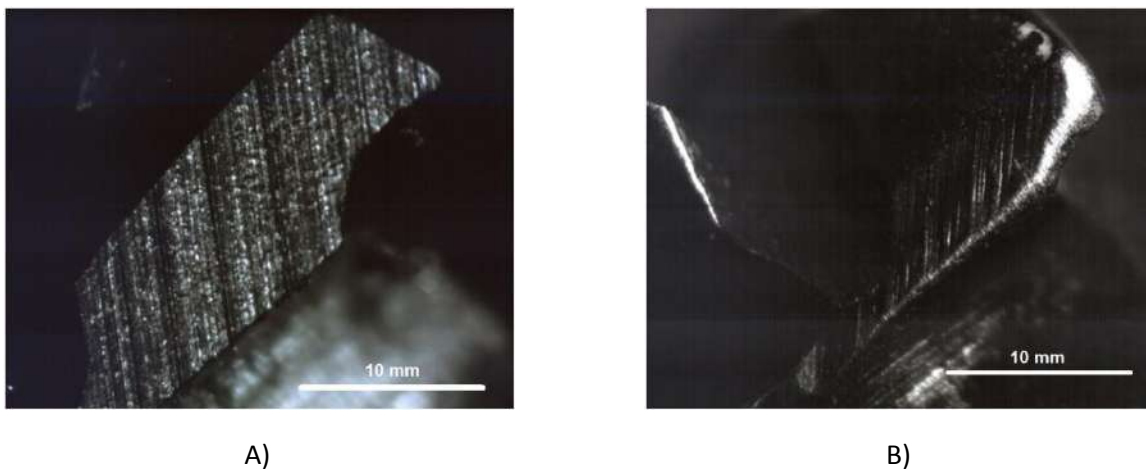


Figura 2. Imágenes de los bordes de ataque de la herramienta: A) antes de mecanizado, B) luego del proceso de mecanizado

4. CONCLUSIONES

A partir del estudio realizado se puede concluir:

- El carbón vegetal presentan disminuye la potencia eléctrica consumida al mecanizar los compuestos.
- Para todos los materiales de relleno estudiados los aumentos en el contenido de carga dentro del material tiende a disminuir el consumo de energía eléctrica.
- A partir del análisis de la varianza se concluye que los parámetros de corte principales que aumentan el consumo de energía son: profundidad de corte, velocidad de la herramienta y velocidad de avance.
- Como consecuencia de la fricción durante el proceso de mecanizado Se observó desgastes de sobre la superficie de la herramienta de corte.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores manifiestan sus agradecimientos al proyecto: TRIBOCARBOFENOL (UPB - CIDI 711A-12/10-18).

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brydson, J.A., "Plastics Materials. 7th Edition", Oxford, Butterworth-Heinemann, 1999.
2. Vargas, M.A., Sachsenheimer, K., Guthausen, G. "In-situ investigations of the curing of a polyester resin". Polymer Testing, Vol. 31. No. 1, 127–135, 2012.
3. de la Caba, K., Guerrero P., Eceiza A., Mondragón, I., "Kinetic and rheological studies of an unsaturated polyester cured with different catalyst amounts", Polymer, Vol. 37, No. 2, 275–280, 1996.
4. de la Caba, K., Guerrero P., Eceiza A., Mondragón, I., "Kinetic and rheological studies of two unsaturated polyester resins cured at different temperatures", European Polymer Journal, Vol. 33, No. 1, 19-23, 1997.
5. Teti, R., "Machining of Composite Materials", CIRP Annals - Manufacturing Technology, Vol. 51, No. 2, 611–634, 2002.
6. Abrão, A.M., Faria, P.E., Rubio, J.C.C., Reis, P., Davim, J.P., "Drilling of fiber reinforced plastics: A review". Journal of Materials Processing Technology, Vol. 186. No. 1-3, 1–7, 2007.
7. Wang, D.H., Wern, C.W, Ramulu W.M., Rogers E., "Cutting Edge Wear of Tungsten Carbide Tool in Continuous and Interrupted Cutting of a Polymer Composite", Materials and Manufacturing Processes, Vol. 10, No. 3,493-508, 1995.
8. El-Sonbaty, I., Khashaba U.A., Machaly, T., "Factors affecting the machinability of GFR/epoxy composites", Composite Structures, Vol. 6, No 3-4, 329–338, 2004.