

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN MEZCLADOR DE POLIMEROS ASISTIDO POR COMPUTADOR

Design and construction of a polymer mixer computer-assisted

RESUMEN

En este trabajo se desarrollo el diseño y construcción de un equipo de mezclado interno, dispersivo y distribuido. El equipo cuenta con mecanismos de mezclado que genera movimientos de tipo difusión molecular, movimiento turbulento y convectivo, generando mezclas de forma distributiva. El mezclador se compone de contenedores, separadores, elementos de transmisión de potencia, sistemas de lubricación, contención de fluidos y de calentamiento. Además cuenta con un sistema de control y lectura de los parámetros de temperatura, torque y velocidad obtenidos mediante la tarjeta NI PCI 6221 de National Instruments, usando el software de instrumentación virtual Lab-VIEW®.

PALABRAS CLAVES: instrumentación virtual, mezclador, polímeros.

ABSTRACT

This work was development out the design and construction of a mixed equipment of internal and distributed dispersive. The equipment has generated mixed mechanisms such movements molecular diffusion, turbulent and convective motion, generating mixtures of distributively. The mixer consists of containers, dividers, power transmission components, lubrication systems, fluid containment and heating. It also has a control system and reading parameters of temperature, torque and speed obtained using the card NI PCI 6221 de National Instruments, using virtual instrumentation software Lab-VIEW®.

KEYWORDS: virtual instrumentation, mixed, polymers.

ARNOLDO EMILIO DELGADO

Ingeniero Mecánico, M. Sc.

Profesor Asistente

Universidad Militar Nueva Granada
Escuela Colombiana de Ingeniería-
Julio Garavito

arnoldo.delgado@escuelaing.edu.co

WILLIAM APERADOR

Físico, MSc, Ph.D.

Profesor Asistente

Universidad Militar Nueva Granada
Escuela Colombiana de Ingeniería-
Julio Garavito

g.ing.materiales@gmail.com

WILLIAM GÓMEZ RIVERA

Ingeniero Mecánico, M. Sc.

Profesor Asistente

Universidad Militar Nueva Granada
william.gomezr@unimilitar.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

Los materiales están evolucionando más rápido en la época actual que en cualquier momento anterior en la historia. Nuevos polímeros, elastómeros, y materiales compuestos están en desarrollo; y las formas de procesamiento de oferta es más barata; la producción es más reproducible en comparación con los materiales convencionales [1-5]. Los materiales compuestos de matriz polimérica se han desarrollado a un nivel de producción comercial en las industrias: automotriz, envasadoras, electrónica, aeroespacial, y de aparatos recreativos [6-9].

El rápido crecimiento en el uso de los materiales constituidos por sistemas poliméricos multifásicos (mezclas y compuestos) está relacionado indudablemente con la disponibilidad de métodos que permitan controlar las interacciones físicas y químicas en la interfase. Los compuestos que actúan como agentes interfaciales son denominados compatibilizadores para el caso de mezclas y agentes de acople en el compuesto. Las propiedades físicas y mecánicas eficaces están relacionadas con la presencia de una fase finamente dispersa con buena adhesión con la matriz y resistencia a la coalescencia [10-13]. Una estrategia muy difundida para la compatibilización de mezclas de polímeros termoplásticos consiste en la adición de copolímeros en

bloque o de injerto. La adición de copolímeros en los que un bloque presente miscibilidad con uno de los componentes de la mezcla mientras el otro bloque es miscible en el segundo componente puede ser utilizada como método de compatibilización. Cantidades significativas de copolímero se ubican en la interfase entre ambos componentes reduciendo la tensión interfacial, la tendencia a la coalescencia y el tamaño de la fase dispersa. Estos elementos son tenidos en cuenta para realizar los diseños de equipos de mezclas [13-16]. El objetivo de este estudio fue en el diseño y la construcción de un equipo de mezclado asistido por computador, para realizar mezclas con y sin aditivos con el propósito de mejorar las características de los polímeros mezclados con carga.

2. CONTENIDO

2.1 Diseño del Equipo.

En el diseño del equipo se planteó la interacción entre polímeros y aditivos, y su comportamiento al mezclarse; con estos elementos se concluyeron las variables del proceso de mezclado, y se hallaron los esfuerzos de corte para las necesidades particulares y se estableció la distancia entre el sistema mezclador y el contenedor; en el diseño se trabajo con el mezclador interno y los

elementos de: soporte, apoyos, móviles, contenedores, separadores, transmisión de potencia, y los sistemas de: lubricación, contención de fluidos, desmontaje, calentamiento. Este diseño se realizó de esta forma debido a la necesidad de realizar mezclas a nivel de laboratorio en pocas cantidades y es necesario tener un buen acceso a los mecanismos del equipo con fin de realizar mantenimiento a los piñones y rodamientos por lo tanto se elaboró una caja de piñones con dos placas para poder cambiar los repuestos. Se construyó un sistema separado del depósito del polímero fundido con el fin de remover fácilmente los excesos de material y no contaminar el polímero con el lubricante del equipo. En el depósito del polímero fundido se colocaron dos placas con el fin de realizar una fácil limpieza al depósito de material fundido.

2.1 Construcción del Equipo.

El mezclador establece una velocidad constante en las aspas que se encuentran dentro del recipiente de mezclado, así como una temperatura deseada del mismo (figuras 1, 2, 3, 4 y 5). Los parámetros velocidad, temperatura se establecen desde una interfaz gráfica en el computador. Su funcionamiento se puede representar por el esquema de la figura 5. El motor se controla en su totalidad a través del variador de velocidad vectorial, en el cual se establece la rampa de aceleración la cual es de 5s, y la rampa de desaceleración de 5s, El variador de velocidad lleva a cabo un control PID sobre esta variable. La información dinámica del motor, como torque y velocidad es obtenida por el variador de velocidad y comunicada en protocolo RS485, así como la selección de la velocidad: es enviada desde el computador, sin embargo, para llevar a cabo la comunicación entre el variador de velocidad y el computador se debe realizar una conversión de protocolo RS485 a RS232 y finalmente se habilita un puerto serial RS232 virtual en el computador para completar la comunicación. Esta transformación es realizada por el conversor USB-RS485.

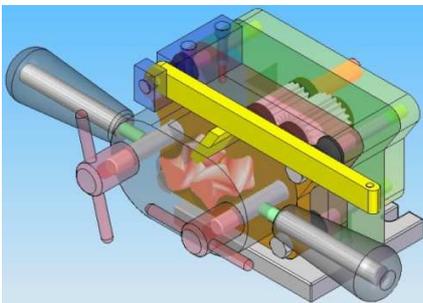


Figura 1. Vista frontal donde se observan el sistema de mezclador y el contenedor.

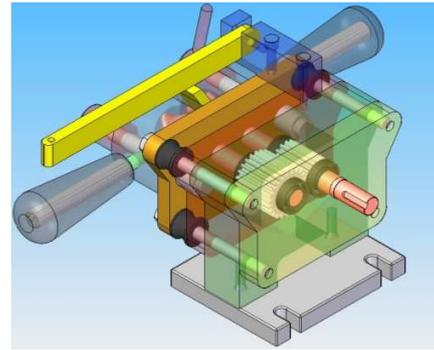


Figura 2. Vista posterior del mezclador polimérico (Sistema de transmisión de potencia).

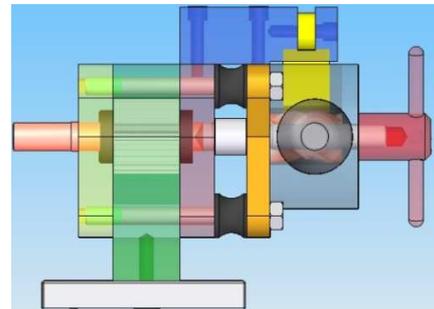


Figura 3. Vista superior, se observa las resistencias acopladas al sistema.

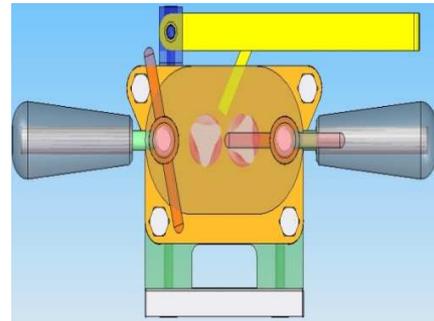


Figura 4. Vista superior del mezclador interno y los elementos de soporte.



Figura 5. Mezcladora tipo Brabender

Las resistencias están controladas por un circuito electrónico que interrumpe el paso de energía (220Vac) usando una etapa de opto-acoplamiento y un TRIAC de 15A, el cual se activa de acuerdo a un control de tipo PI grabado en el micro-controlador PIC16F877A (figura 6).

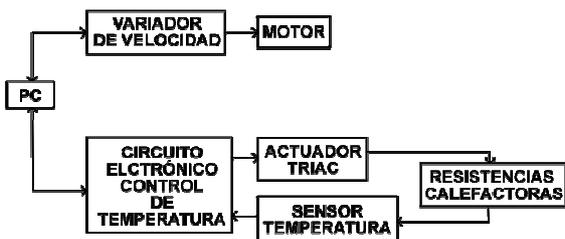


Figura 6. Esquema general de representación del sistema del mezclador polimérico.

El control de temperatura se realiza estableciendo una esta variable en el computador y transmitiendo un dato representativo de ese voltaje al micro-controlador, en donde se llevará a cabo el algoritmo de control PI, basado en la transferencia de calor del recipiente en forma de voltaje que se obtiene a través de la termocupla tipo J, con compensación de junta fría en el circuito (figura 7). El voltaje proporcional a la temperatura del recipiente es enviado frecuentemente desde el micro-controlador al computador para ser registrado y visualizado.

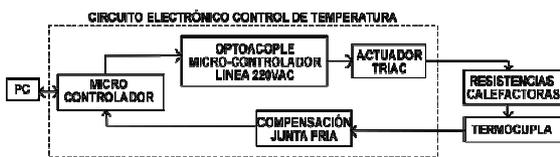


Figura 7. Esquema del control electrónico de temperatura.

La Interfaz gráfica se realizó en Labview 8.0, se encuentra una aplicación que permite establecer la velocidad motor y la temperatura deseada; además realiza la visualización en la velocidad motor, torque del motor y temperatura del recipiente (figura 8); conjuntamente genera la exportación de datos a Excel de la visualización realizada. La interfase se encuentra separada en dos fases: la primera es una configuración de parámetros de comunicación con el circuito electrónico de control de temperatura, los valores de la imagen son los predeterminados; la segunda es una configuración de parámetros de comunicación con el variador de velocidad. El botón START, STOP pone en marcha y detiene el variador de velocidad, respectivamente. Se muestra gráfica de la velocidad del motor vs tiempo en RPM, así como un SLIDER para seleccionar la velocidad en RPM deseada (figura 8b); en la figura 8c se visualiza el torque del motor en Newtons-metro vs tiempo por último la gráfica de temperatura en grados Celsius vs tiempo (figura 8d), así como un SLIDER para fijar la temperatura necesaria durante el proceso.

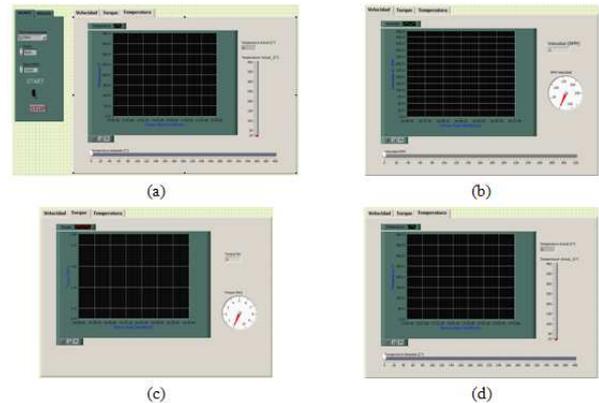


Figura 8. Esquema del software utilizado para controlar y manipular las variables de temperatura, velocidad y torque del motor.

Se establecieron unos parámetros a partir de los diseños de mezclas más utilizados en este tipo de compuestos, los cuales plantean un rango de trabajo (tabla1).

Parámetro	Precisión	Mínimo	Requerido	Máximo
Temperatura medida	$\pm 2^{\circ}\text{C}$	0°C	300°C	350°C
Temperatura establecida	$\pm 5\%$			
Velocidad motor	$\pm 0.2\%$	0 RPM	300 RPM	500 RPM

Tabla 1. Rango de operaciones del mezclador polimérico.

3. AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente trabajo expresan su agradecimiento a la dirección de investigaciones de la escuela colombiana de ingeniería – Julio Garavito, por el financiamiento recibido para su ejecución.

4. CONCLUSIONES

Se diseño y construyó un equipo de mezclado interno dispersivo y distributivo empleando sistemas de ingeniería asistida por computador permitiendo comparar la eficiencia del sistema de mezclado en cuanto a la calidad de la mezcla dispersiva y distributiva a escala de laboratorio.

La configuración utilizada permite tener control de cada una de las variables que están involucradas en el sistema desarrollado, permitiendo un monitoreo total de las variables que intervienen en proceso.

5. BIBLIOGRAFÍA

[1] E.H. Atzema, Huétink, Finite element analysis of forward/backward extrusion using ALE techniques, in: S.F. Shen, P.R. Dawson (Eds.), Simulation of Materials Processing: Theory, Methods and Applications, Balkema, Rotterdam, pp. 383-388, 1995.

- [2] K. Kuzman, E. Pfeifer, N. Bay, J. Hunding, "Control of material flow in a combined backward can-forward rod extrusion", *J. Mater. Process. Tech.* vol.60, 141-147, 1996.
- [3] Y.R. Zhan, Z.R. Wang, W.M. Chen, "Numerical simulations for extrusion and ironing and die-angle optimization", *J. Mater. Process. Tech.* vol. 55, pp.48-52, 1995.
- [4] W.C. Chen, C.H.J. Davies, I.v. Samarasekera, J.K. Brimacombe, E.B. Hawbolt, "Mathematical modeling of the extrusion of 6061/A1203/20p composite", *Metall. Mater. Trans.* Vol, 27, pp. 4095-4111, 1996.
- [5] M. Kiuchi, J. Yanagimoto, V. Mendoza, "Flow of solid metal during extrusion: three-dimensional simulations by finite element method, in: S.F. Shen, P.R. Dawson (Eds.)", *Simulation of Materials Processing: Theory, Methods and Applications*, Balkema, Rotterdam, pp. 847-852, 1995.
- [6] Y.S. Kang, D.Y. Yang, "Investigation into the thermo-viscoplastic finite element analysis of square die extrusion of square section with Lagrangian description", *Int. J. Mach. Tools Manufac.* Vol. 36, pp. 907-924, 1996.
- [7] Y.S. Kang, D.Y. Yang, "Rigid-viscoplastic finite element analysis of hot square die extrusion of complicated profiles with flow guides and lands by arbitrary Lagrangian-Eulerian formulation, in: S.F. Shen, P.R. Dawson (Eds.), *Simulation of Materials Processing: Theory, Methods and Applications*", Balkema, Rotterdam, pp. 841-846, 1995.
- [8] N. Venkata Reddy, P.M. Dixit, G.K. Lai, "Central bursting and optimal die profile for axisymmetric extrusion" *J. Manuf. Sci. Eng.-T.* vol. 118, 579-584, 1996.
- [9] Z. Hu, et al., Computer simulation of the deep extrusion of a thin-walled cup using the thermo-mechanically coupled elasto-plastic FEM, *J. Mater. Proc. Tech.* vol. 102, p.p 128-137, 2000.
- [10] E. Taupin, J. Breiting, W.T. Wu, T. Altan, Material fracture and Burr formation in blanking results of FEM simulations and comparison with experiment, *J. Mater. Process. Tech.* vol. 59, p.p 68-78, 1996.
- [12] C. Eckert, B. Knutson and P. Debenedetti, "Supercritical fluids as solvents for chemical and materials processing", *Nature* vol. 383, p.p 45-56, 1996.
- [13] D. Gourgouillon, H.M.N.T. Avelino, J.M.N.A. Fareleira and M. Nunes Da Ponte, "Simultaneous viscosity and density measurement of supercritical CO₂-saturated PEG 400", *J Supercrit Fluids*, vol. 13, pp. 177-185, 2002.
- [14] S.G. Kazarian, "Polymer processing with supercritical fluids, *Polym Sci, Ser C*, vol. 42, pp. 78-101, 2000.
- [15] P.A. Moyses and M.R. Thompson, Modelling the solids inflow and solids conveying of single-screw extruders using the discrete element method, *Powder Technol* vol.153, pp. 95-107, 2005.
- [16] S.P. Nalawade, F. Picchioni and L.P.B.M. Janssen, Supercritical carbon dioxide as a green solvent for processing polymer melts: processing aspects and applications, *Prog Polym Sci* , vol 31, pp. 19-43, 2006.