

## Modificación de equipo de extrusión

### Modification of extrusion equipment

RUIZ-SALAZAR, Claudia Verónica\*†, LOPEZ-CAMPOS, Fernando, FERNÁNDEZ-MONSIVÁIS, Hugo, DE LEÓN-CORTÉS, Benjamín

*Universidad Tecnológica de Coahuila, Av.Industria Metalúrgica 2001, Parque Industrial Ramos Arizpe Coahuila*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Claudia Verónica, Ruiz-Salazar*

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Fernando, López-Campos*

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Hugo, Fernández-Monsiváis*

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Benjamín, De León-Cortés*

Recibido 6 de Julio, 2018; Aceptado 19 de Septiembre, 2018

#### Resumen

El objetivo del presente trabajo, fue obtener la modificación de equipo de extrusión monohusillo de plásticos, con que se cuenta en la Universidad Tecnológica de Coahuila, para ampliar su área de aplicación. Para lograr este objetivo, primeramente se realizaron pruebas para verificar que no el equipo no era funcional en polimerizaciones que involucren emisiones de vapores o gases. Esto debido a que originalmente el equipo no contaba con secciones de venteo. Una vez verificado que era necesario modificar el cilindro, también se procedió a realizar los cálculos necesarios para fabricar un husillo para tales fines. Teniendo los resultados correspondientes se contactó al fabricante para hacer la solicitud de modificación. Con la introducción de una zona de venteo y el nuevo husillo, se logró una ampliación del uso del equipo, puesto que además de las polimerizaciones convencionales, ya fue posible llevar a cabo reacciones de polimerización que involucren emisión de volátiles.

**Extrusión, husillo, venteo, polímeros**

#### Abstract

The objective of this work was to obtain the modification of a single-spindle plastic extrusion equipment, which is available at the Technological University of Coahuila, to expand its application area. To achieve this objective, tests were carried out to verify that the equipment was not functional in polymerizations involving vapor or gas emissions. This is because the equipment originally did not have venting sections. Once verified that it was necessary to modify the cylinder, also proceeded to perform the necessary calculations to manufacture a spindle for such purposes. Having the corresponding results, the manufacturer was contacted to make the modification request. With the introduction of a venting zone and the new spindle, an increase in the use of the equipment was achieved, since in addition to conventional polymerizations, it was already possible to carry out polymerization reactions involving volatile emissions.

**Extrusion, spindle, vent, polymers**

**Citación:** RUIZ-SALAZAR, Claudia Verónica, LOPEZ-CAMPOS, Fernando, FERNÁNDEZ-MONSIVÁIS, Hugo, DE LEÓN-CORTÉS, Benjamín. Modificación de equipo de extrusión. Revista de Invención Técnica 2018. 2-7:18-21

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: cruiz@utc.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El proceso de extrusión es uno de los más ampliamente utilizados en la industria de la transformación de productos plásticos. Su aplicación data de mediados de los años 30's del siglo pasado. A través del tiempo ha sufrido algunas modificaciones en la configuración del equipo, ampliando su campo de aplicación.

Esta técnica de transformación implica la compresión del material, el cual se ve forzado a fluir a través de un cilindro y pasar por un orificio (dado), para finalmente general un producto largo y continuo. En general, se considera como una operación unitaria, aunque en realidad consta de varias etapas: alimentación, transporte, fundido, volatilización, bombeo y formado.

Los equipos que actualmente operan en la industria son de diversos diseños, sin embargo pueden clasificarse en dos grandes grupos de acuerdo a la operación: continuos y discontinuos. Los primeros son capaces de transportar el material mediante el uso de un elemento rotativo de forma continua y constante; por otra parte los discontinuos entregar el polímero de manera intermitente.

El equipo con que cuenta la Universidad Tecnológica de Coahuila, es de tipo didáctico, monohusillo y en un inicio se pensó únicamente en su uso para procesos de extrusión convencionales. Sin embargo, se vio la necesidad de ampliar su uso para reacciones de polimerización que involucran la emisión de volátiles.

En el presente trabajo, se muestran primeramente las condiciones iniciales del equipo y los cálculos requeridos para rediseñarlo para su nueva aplicación.

## Características del equipo de extrusión

En la siguiente figura se puede apreciar físicamente el equipo de extrusión original.



Figura 1 Equipo de extrusión



Figura 2 Configuración original de cilindro, husillo y resistencias

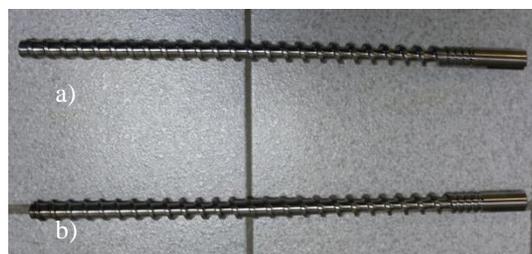


Figura 3 Husillo original a) y husillo para venteo b)

El husillo o tornillo es el elemento mecánico más importante en un equipo de extrusión, así como el diseño apropiado de su geometría, ya que permite el flujo constante y evita inestabilidades en el funcionamiento del equipo. Cuando el diseño de la geometría y el husillo no son los adecuados, los problemas que generan en el proceso no pueden ser resueltos ni por equipos sofisticados de control.

Algunas de las consideraciones generales para el diseño del husillo son la resistencia a la torsión de la raíz del tornillo y la deflexión lateral. En esto caso para realizar la modificación del cañón para venteo se requiere también del fabricar un nuevo husillo para tal uso.

Un husillo convencional consta de varias etapas: alimentación, compresión y fundido. Este diseño se puede observar en la figura siguiente:

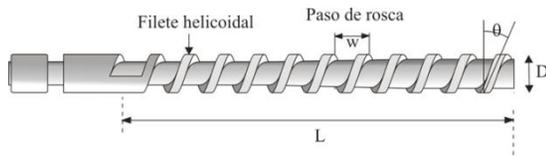


Figura 4 Husillo convencional

Y sus componentes principales de diseño están indicados, longitud del husillo, diámetro, ángulo de filete y paso de rosca.

Para el caso de equipos de extrusión con venteo, se requiere de un husillo como el mostrado en la Figura 5.

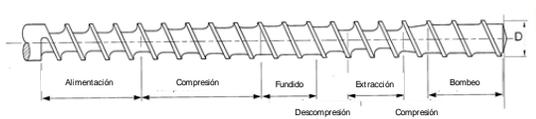


Figura 5 Husillo de dos etapas de volatilización

Donde las tres primeras secciones son iguales que en un husillo convencional, se agrega una sección de descompresión rápida seguida por una sección de extracción, después una rápida compresión y finalmente el bombeo.

**Diseño del husillo para venteo**

Como ya se mencionó, los equipos de extrusión con sección de venteo deben tener husillos con diseño especial, de tal forma que garantice que el material no saldrá por la sección de venteo. Primeramente, el material sólido pasa por la sección de alimentación y transporte donde es fundido. Después el material fundido se conduce a una sección de descompresión en la que los compuestos volátiles son eliminados por el orificio de venteo. Luego el material desgasificado se vuelve a comprimir y es transportado a la sección de extracción.

En la siguiente figura se muestra la geometría básica de un husillo:

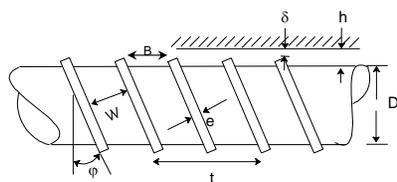


Figura 5

Donde,

D: Diámetro del barril.

δ: Distancia radial entre la cresta de la hélice y la superficie del barril.

W: Distancia entre las hélices en forma perpendicular a las misma.

h: Altura del canal.

t: Paso del husillo.

φ: Ángulo formado entre la hélice y la normal con respecto al tornillo.

e: Ancho de la hélice en forma perpendicular a la misma.

B: Distancia axial entre las hélices.

En este trabajo se utilizó un husillo cuya longitud es de 48.26 cm y 1.87 cm de diámetro.

Para realizar el diseño de un nuevo husillo es importante conocer las relaciones geométricas de éste. Se puede construir la geometría de las hélices (filetes) desenrollándolas a lo largo de la superficie del husillo. Se debe considerar la forma de un triángulo rectángulo, cuya base es la mitad del paso de la hélice y la altura es la mitad del diámetro del husillo.

El paso del husillo es igual a la suma del ancho axial del canal y el ancho axial de la hélice, expresado de la siguiente manera:

$$t = (B + b) \tag{1}$$

El ángulo de la hélice en la superficie del barril φ<sub>b</sub> está determinado por la relación entre el paso y la circunferencia en la superficie del barril ecuación (2)

$$\varphi_b = \tan^{-1} \left( \frac{t}{\pi D_b} \right) \tag{2}$$

De la manera similar el ángulo φ<sub>m</sub> en el centro del canal es:

$$3\varphi_m = \tan^{-1} \left( \frac{t}{\pi D_m} \right) \tag{3}$$

Así como el ángulo de la hélice φ<sub>t</sub> en la raíz del tornillo es:

$$\varphi_t = \tan^{-1} \left( \frac{t}{\pi D_t} \right) \tag{4}$$

Las ecuaciones correspondientes a los anchos del canal para las distintas secciones se observan a continuación:

Perpendicular con la superficie:

$$W_b = B \cos \varphi_b \quad (5)$$

Perpendicular con el medio del canal:

$$W_m = B \cos \varphi_m \quad (6)$$

Perpendicular con la raíz del husillo:

$$W_t = B \cos \varphi_t \quad (7)$$

Relación con el paso y número de hélice:

$$W_b + w = t \cos \varphi_b \quad (8)$$

En medio del canal:

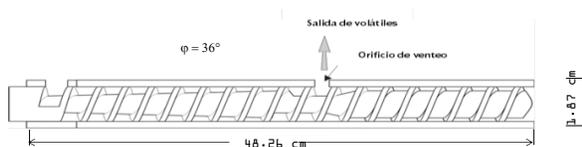
$$W_m = \pi D_m \sin \varphi_m - w \quad (9)$$

**Resultados**

El cálculo del número de filetes del husillo está dado por la relación L:D, y esto debe ser determinado para cada una de las zonas que componen el husillo.

Las longitudes se determinaron para cada una de las zonas, tomando en cuenta la sección en la cual fue colocada el orificio de venteo. El ángulo de la hélice fue de 36°. En cada uno de los parámetros de diseño fue considerada la tolerancia estándar, y el husillo fue fabricado con acero H13.

Quedando como se muestra en la figura 5.



**Figura 6** Diseño final para fabricar husillo para venteo

Zona	Longitud (cm)	Número de filetes
Alimentación	7.6	4
Compresión	7.6	4
Fundido	9.5	5
Extracción	7.6	4
Bombeo	15.2	8

**Conclusiones**

Derivado de la modificación del cilindro y la fabricación del nuevo husillo, se amplía el campo de aplicación del equipo de extrusión, con que se cuenta en la Universidad Tecnológica de Coahuila.

**Referencias**

Rauwendaal. (2001). Polymer Extrusion. Munich : Hanser.