

Control de Velocidad de máquinas rebobinadoras en la industria del plástico

González Zurita Christian Xavier
Departamento de Eléctrica y Electrónica
Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE
Sangolquí, Ecuador
E-mail: chrisredb1686@hotmail.com

Resumen—El documento pretende ilustrar los principios de funcionamiento de una máquina rebobinadora cortadora presente en varios sectores de la industria como papel, cartón, y plásticos. Se describe el proceso de creación del producto base y se detalla el hardware común existente en este tipo de máquinas, además se describen los principios básicos para realizar el control de velocidad de los motores presentes en el hardware de rebobinado.

decir, cada una de las capas es procesada por una unidad extrusora, es decir, si se necesita una película de 5 capas, será necesario implementar un sistema de extrusión conformado por 5 unidades extrusoras.

I. INTRODUCCIÓN

En la industria ecuatoriana, en la actualidad, encontraremos numerosas empresas dedicadas al comercio de empaques flexibles con el fin mejorar la presentación, calidad e higiene de sus productos. La materia prima para la elaboración de estos empaques denota diferentes tipos de industria, es así que encontraremos empaques cuyo material base es el polipropileno, cartón, papel, cable, tela, etc. Cada una de estas industrias crea una masiva cantidad de producto, este producto debe ser distribuido y comercializado según los requerimientos del cliente final. Para este fin en cada industria se utiliza maquinaria especializada en el proceso de rebobinado y corte.

Este documento ilustra el funcionamiento de una máquina rebobinadora dedicada al proceso de plástico y/o papel. Se describe el proceso común de creación del producto madre con el fin de entender los parámetros comunes de fabricación del producto a distribuir y comercializar luego del proceso de rebobinado y/o corte.

II. CREACIÓN DEL PRODUCTO MADRE

A. Mezcla de materias primas y aditivos

El proceso de mezclado de materias primas y aditivos tiene lugar antes del proceso de extrusión, en este punto se mezcla el material base polipropileno con colorantes, polímeros, aditivos especiales según la formulación del material requerido por el cliente o por recetas existentes en la planta. El material mezclado se lleva mediante tuberías basadas en succión por vacío hacia un conjunto de unidades extrusoras. La película de polipropileno biorientado posee al menos 3 capas diferentes, es



Figura 1. Mezclador principal planta de producción películas de polipropileno

B. Extrusión

El proceso de extrusión consiste en empujar el material mezclado a través de un tornillo sin fin, el cual mantiene un flujo continuo con presión y empuje. El material fundido es forzado a pasar a través de un dado o boquilla. Este proceso se realiza en caliente, con el fin de evitar el trabajo forzado de la maquinaria y que la mezcla del material sea uniforme y mantenga propiedades características del material.

El proceso se realiza por un conjunto de unidades extrusoras donde el extrusor más grande y que provee la capa central es llamado "principal" mientras que los que generan las capas intermedias y finales son llamados extrusores "satélites".

Para calentar el ducto de extrusión se utilizan resistencias de calentamiento que se acoplan por pares a la circunferencia denotada por el contenedor del tornillo sin fin. Una desventaja de este proceso es el elevado costo de las maquinarias y la difícil labor de mantenimiento.



Figura 2. Extrusor principal

C. Estiramiento Transversal y Longitudinal

Luego del proceso de extrusión, el producto es recogido mediante un rodillo de gran diámetro conocido como "Chill Roll", este rodillo tiene también la finalidad de enfriar el material y se encuentra sumergido en una tina con agua. El agua de esta tina de enfriamiento circula en un circuito cerrado donde se mantiene una temperatura de consigna. La película obtenida es enviada a un conjunto de rodillos ubicados de tal manera que permiten estirar el material en dirección de máquina o longitudinal, el material se estira en una relación de 1:10, es decir si ingresa un metro a este conjunto se pueden obtener 10 metros a la salida del conjunto. Este conjunto es conocido como MDO por sus siglas en inglés (Machine Direction Operation).



Figura 3. Estiramiento en dirección de máquina (MDO)

Al salir del MDO, el producto debe ser estirado en dirección transversal, para este fin se debe calentar nuevamente la película, el material ingresa a un horno de calentamiento

mediante un sistema de mordazas acopladas a una cadena con recorrido divergente. Este recorrido divergente estira el material en sentido transversal en una relación de 1:7. El proceso de estiramiento determina el espesor del material así también como características de sellado a alta temperatura, tensión de ruptura, transparencia.

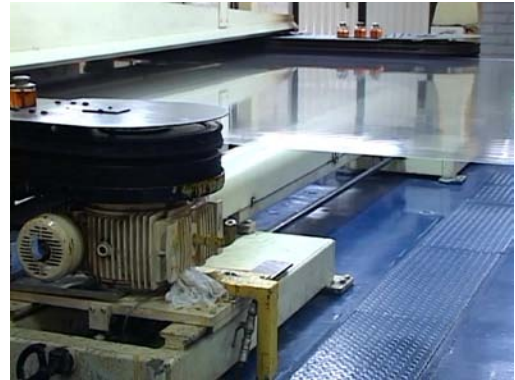


Figura 4. Estiramiento en dirección transversal (TDO)

D. Rebobinado

El rebobinado-corte del producto es el último paso de la cadena de producción de películas de polipropileno bi orientado, mas no significa que es el paso menos importante, al contrario este último paso es el más importante para comercializar el producto ya que sus resultados depende la aceptación del producto por parte del cliente, el producto no debe poseer defectos comunes que se producen luego del proceso de rebobinado. Los defectos comunes son los producidos por error humano y otros producidos por fallas en la calibración y configuración de los equipos de las máquinas rebobinadoras.

El producto final obtenido es una bobina cuyas dimensiones oscilan entre los 5-7m de largo, un diámetro de alrededor de 1-1,5 metros y pesa aproximadamente 700kg.

III. MÁQUINAS REBOBINADORAS

A. Conjunto mecánico

El proceso de desbobinar y/o rebobinar es un paso esencial y necesario en la industria del polipropileno bi orientado, no solamente por su importancia durante la producción, sino también por el costo que implica la adquisición de estos sistemas, su mantenimiento y cualquier modificación que a éstos se les efectúe. El proceso consta de cuatro etapas luego de recibir la bobina madre a cortar:

1. Montaje de la bobina en el desbobinador
2. Calibración de parámetros
3. Posicionamiento de las cuchillas de corte
4. Rebobinado según las medidas deseadas

Es común identificar dos cuerpos de máquina en este tipo de sistemas, el cuerpo más robusto es aquel donde se encuentran todos los rodillos sean estos auxiliares o principales. Los auxiliares son rodillos montados únicamente mediante chumaceras y rodamientos, no poseen un sistema de tracción a diferencia de los rodillos principales donde se puede identificar siempre algún sistema de reducción o transmisión de la potencia.

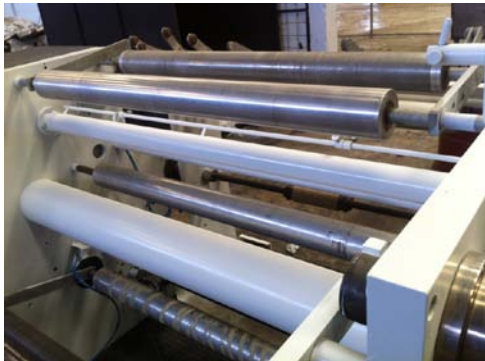


Figura 6. Cuerpo de Rebobinado

El otro cuerpo, de menor volumen, es aquel encargado de soportar el peso de la bobina madre y también posee un conjunto mecánico destinado a realizar un movimiento horizontal con la finalidad de alinear el material a procesar.



Figura 7. Cuerpo de carga

El hardware para el control de velocidad de estos equipos varía desde arranques directos, tarjetas de control especializadas, variadores de frecuencia. Y el sistema de control montado puede ser propietario o un sistema abierto basado en controladores comerciales.

B. Fundamentos de funcionamiento del sistema de control de velocidad

La máquina rebobinadora como se ha mencionando anteriormente, posee varios rodillos cuyo movimiento se produce mediante los motores con sus respectivos sistemas de acople y reducción. En sección se analizará el comportamiento que debe tener la máquina con el fin de desarrollar un algoritmo que funcionara en un controlador. En la figura 8 se observa un esquema del funcionamiento común de una máquina de rebobinado, se observan además la dirección del movimiento y cada uno de los rodillos involucrados en el proceso de rebobinado.

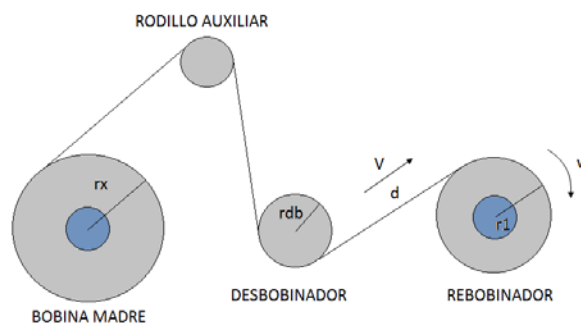


Figura 8. Esquema de funcionamiento

La bobina madre a tratar será desbobinada mediante el rodillo de radio constante r_{db} , este rodillo girará a una velocidad " w_{rdb} " e impondrá una velocidad lineal constante para el arrastre del material.

Cada vuelta completa del rodillo desbobinador expulsará una longitud d del material equivalente a su perímetro. El rodillo rebobinador deberá recoger esta cantidad de material a la misma velocidad lineal pero a diferencia del rodillo desbobinador, el radio " r_1 " de este rodillo es variable y totalmente dependiente de las características del material a procesar.

La característica más importante es el espesor del material ya que de él depende la variación del diámetro de la bobina en el rebobinador. Cada vuelta que da el rebobinador aumenta el radio de la bobina en función del espesor del material en " $r_1 + (\text{espesor} * N \text{ de vueltas})$ ".

En la Figura 9 se observa la distribución de los rodillos desbobinador y rebobinador tal cual se encontraría montado en una máquina, el radio del rodillo desbobinador y el radio del rodillo rebobinador es igual. En cualquier instante de tiempo se cumple que la velocidad angular de los rodillos es la siguiente:

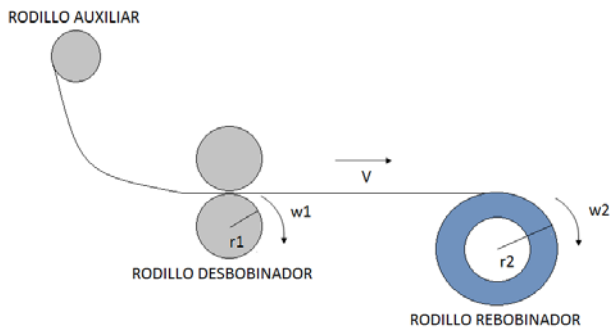


Figura 9. Esquema de funcionamiento común

Para el rodillo desbobinador en cualquier instante de tiempo la velocidad angular es:

$$\omega_1 = \frac{V}{r_1}$$

Donde V es el setpoint de máquina ingresado por el operador y r1 es el radio del rodillo. Para el rodillo rebobinador tendremos que:

$$\omega_2 = \frac{V}{r_2 + \Delta r_2}$$

Siendo

$$\Delta r_2 = N * e$$

Donde N es el número de vueltas que da el rodillo y "e" es el espesor del material a procesar. El espesor de material deberá ser ingresado por el operador.

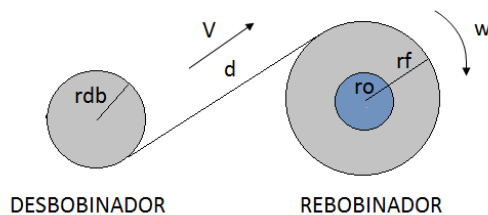


Figura 10. Esquema simplificado

La velocidad de trabajo se medirá en el rodillo del rebobinador por lo tanto se realizará el control de velocidad en referencia a este punto. El valor a obtener será la velocidad lineal de máquina multiplicada por un factor a obtener para mantener la misma velocidad en el rebobinador con radio

variable. En la Figura 10, observamos que se cumplen las siguientes igualdades:

- Velocidad angular rodillo interno:

$$\omega_o = \frac{V_x}{r_o}$$

- Velocidad angular bobina externa:

$$\omega_f = \frac{V_f}{r_f}$$

La velocidad angular del rodillo interno como la bobina externa son iguales en todo instante de tiempo, así que es posible igualar las igualdades de velocidad angular del rodillo interno y de la bobina externa, obteniendo el siguiente resultado:

$$\omega_o = \omega_f = \frac{V_x}{r_o} = \frac{V_f}{r_f}$$

De la igualdad anterior obtenemos:

$$V_x = V_f * \frac{r_o}{r_f}$$

En la igualdad anterior tenemos la velocidad a la que debe girar el rodillo interno del rebobinador para mantener la velocidad lineal de máquina. Se debe tomar en cuenta que "rf" es variable y que se puede obtener en función del número de vueltas que ha dado el rodillo y en función del espesor del material a procesar.

IV. CONCLUSIONES

Con el fin de mejorar los conocimientos sobre el proceso de extrusión y rebobinado, se ha realizado un trabajo de investigación y se han expuesto aquí los resultados en forma de algoritmo de funcionamiento básico.

Se ha descrito el proceso de extrusión con la finalidad de mostrar al lector una línea de producción masiva de plástico.

Se detalla la dinámica común de un sistema de rebobinado con el fin de cimentar las bases para la construcción y desarrollo de un hardware y un algoritmo de control .

REFERENCIAS

- [1] Baumeister, T., & Avallone, E. (1978). *Manual del ingeniero mecánico*. Marks: Mc.GrawHill.
- [2] sIndriago, M. (2009). *Instituto Tecnológico Superior de Calkiní en el Estado de Campeche*. Recuperado el 2013, de <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r34716.PDF>

- [3] sMazzeo, L., & Bertolotti, F. (2009). *Instituto Tecnológico Superior de Calkiní en el Estado de Campeche*. Obtenido de ITESCAM: <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r88242.PDF>
- [4] Rodríguez, J. (2007). *Sitio web oficial de la especialidad de Electrotecnia de las Escuelas Técnicas Reggio*. Recuperado el 2013, de http://electroraggio.com/fs_files/user_img/VARIOS/Electronica_Industrial.pdf

BIOGRAFÍA



González Zurita Christian Xavier. Nació en Quito, Ecuador el 16 de Junio de 1986. Su educación primaria la realizó en la escuela “Municipal Eugenio Espejo”, sus estudios secundarios en el “Colegio Militar Eloy Alfaro”, y su educación superior la realizó en la Escuela Politécnica del Ejército en la carrera de Ingeniería Electrónica en Automatización y Control. Actualmente se desempeña en el área de diseño y automatización de líneas de producción.