



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la

Producción

“Mantenimiento y Operación de una Máquina Extrusora para Fabricar
Películas de Polietileno de Alta y Baja Densidad.”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

Juan Francisco Mejillones Acosta

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2011

DEDICATORIA

A mis padres quiénes con esfuerzo y dedicación me apoyaron en este largo trayecto. A mis hermanos quiénes me han acompañado toda la vida. A mi familia. A los profesores que me ayudaron a desarrollar capacidades y habilidades para mi nuevo camino. A mis amigos que han sido parte de cada momento vivido en la Universidad.

Juan Francisco

AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme permitido llegar a este día. A mi madre por haberme enseñado a disfrutar de la vida de la forma más simple, llevando con humildad cada triunfo alcanzado. A mi padre por luchar para llevarnos lejos. A los ingenieros, Andrés Rigaíl Director de la Tesis, por su ayuda incondicional; Julián Peña, por su colaboración en la realización del mismo.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Francisco Andrade S.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Andrés Rigáil C.
DIRECTOR DE LA TESIS

Ing. Julián Peña E.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Juan Francisco Mejillones Acosta

RESUMEN

En Guayaquil, existen muchas empresas de procesamiento de plásticos, especialmente aquellas que se dedican a la extrusión de películas; produciendo fundas de diferentes tipos y tamaños, las cuales tratan siempre de mejorar la calidad de sus productos de forma empírica.

La ESPOL, representada por FIMCP, conjuntamente con ASEPLAS, adquirió máquinas para ser usadas en un proceso de investigación, entre ellas existe una extrusora de películas de polietileno; la idea básicamente es que estudiantes y operarios se entrenen adecuadamente en el manejo de la misma.

El objetivo de este trabajo es elaborar lineamientos para el procesamiento de polietileno, aplicando los conocimientos básicos de uso y tomando los cuidados pertinentes de la máquina, para establecer una serie de consejos prácticos que pueden ser utilizados más adelante por estudiantes de la Universidad, además de presentar una idea clara sobre el mantenimiento requerido.

Debido a esto surgió la necesidad de elaborar un texto donde se exprese claramente la forma en la que se debe llevar el procesamiento y mantenimiento de la película, para guiar al estudiante u operario en el desarrollo de sus habilidades en la máquina.

En este texto se presenta una descripción de la materia prima, detallando específicamente las características de polímeros como el Polietileno de alta y baja densidad, además se mostrarán los aditivos y el beneficio que causa su uso en la mezcla final, la cual también será útil en el campo de procesamiento.

Se realizó una descripción de la estructura de la máquina, mostrando cada una de las partes que la constituyen, además se dará una breve explicación de las funciones que cada una realiza.

Luego se trató sobre el mantenimiento de la máquina extrusora, el tipo de mantenimiento a realizar, las personas adecuadas para su ejecución, la planificación y programación de los trabajos, la forma como se debe controlar la realización del mismo, etc.

Además se mostró algunas reglas generales de seguridad, los posibles accidentes a presentarse, las precauciones que deben tomar al respecto; la

descripción de los símbolos ubicados en partes esenciales de la máquina que alertan al usuario de los riesgos.

Finalmente se habló sobre los posibles problemas que pueden presentarse en el procesamiento, detallando cada uno; dando luego una posible solución, que si bien es cierto no es la única, puede sacar de apuros a cualquier operador.

Al final de este texto se espera una guía para la operación y el mantenimiento de la máquina extrusora de películas de polietileno ubicada en el Laboratorio de Plásticos, recordando que el sistema de extrusión es el mismo, dejando el campo libre para poder utilizar análogamente este trabajo con una máquina diferente.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	I
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ABREVIATURAS.....	VII
SIMBOLOGÍA.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. GENERALIDADES.....	2
1.1. Alcance.....	4
1.2. Análisis del Problema.....	5
CAPÍTULO 2	
2. RESINAS Y ADITIVOS.....	6
2.1. Resina.....	6
2.1.1. Tipos de Polímero.....	7
2.1.2. Polietileno y sus clases.....	12

2.2. Aditivos.....	21
2.3. Diseño de Mezclas.....	25
CAPÍTULO 3	
3. OPERACIÓN DE LA MÁQUINA EXTRUSORA.....	28
3.1. Descripción Funcional.....	28
3.1.1. Geometría y Consideraciones Generales.....	30
3.2. Descripción de Elementos.....	37
3.2.1. Descripción del Panel de Control.....	38
3.2.2. Descripción de la Extrusora.....	45
CAPÍTULO 4	
4. MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA EXTRUSORA.....	75
4.1. Mantenimiento.....	75
4.2. Personal de Mantenimiento.....	77
4.3. Planificación y Programación del Mantenimiento.....	80
4.4. Control del Mantenimiento.....	88
CAPÍTULO 5	
5. REGLAS DE SEGURIDAD.....	90
5.1. Precauciones y Accidentes.....	90
5.2. Reglas Generales de Seguridad.....	92

5.3. Descripción de Símbolos de Seguridad.....	95
--	----

CAPÍTULO 6

6. PROBLEMAS DURANTE EL PROCESAMIENTO.....	98
6.1. Descripción de Problemas.....	98
6.2. Posibles Soluciones.....	102

CAPÍTULO 7

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	106
--	-----

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

°C	Grados centígrados
Amp	Amperio
ABS	Acrilonitrilo Butadieno Estireno
ASEPLAS	Asociación Ecuatoriana de Plásticos
CFM	Pies cúbicos por minuto
cm	Centímetros
DPM	Distribución de Pesos Moleculares
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
fig.	Figura
FIMCP	Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción
HP	Caballos de fuerza
Hz	Hertz
Ing.	Ingeniero
IUPAC	Unión Internacional de Química Pura y Aplicada
Kw	Kilowatts
LLDPE	Polietileno de baja densidad lineal
MI	Índice de Fluidez
OT	Órdenes de Trabajo
PC	Policarbonato
PE	Polietileno
PEAD (HDPE)	Polietileno de alta densidad
PEBD (LDPE)	Polietileno de baja densidad
PET	Polietileno Tereftalato
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
PTFE	Politetrafluoroetileno
psi	Pounds per square inch (libras por pulgada cuadrada)

PVC	Policloruro de vinilo
RPM	Revoluciones por minuto
UHMWPE	Polietileno de Peso Molecular Ultra-Alto
UV	Ultravioleta

SIMBOLOGÍA

A1	Calentador de la Zona de Dosificación
A2	Calentador de la Zona del Cabezal
C1	Calentador de la Zona de Alimentación
C2	Calentador de la Zona de Compresión
C	Carbono
D1	Calentador Zona final del Dado
D2	Calentador Zona inicial del Dado
F	Flúor
H	Hidrógeno
K	Grados Kelvin
T_g	Temperatura de transición vítrea
T_m	Temperatura de fusión
V	Voltaje

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 3.1	Esquema extrusor.....	29
Figura 3.2	Husillo.....	31
Figura 3.3	Plato rompedor.....	32
Figura 3.4	Esquema del dado.....	33
Figura 3.5	Esquema de un equipo de extrusión.....	34
Figura 3.6	Extrusora Venus.....	38
Figura 3.7	Esquema panel de control.....	39
Figura 3.8	Interruptor principal.....	42
Figura 3.9	Paro de emergencia.....	43
Figura 3.10	Indicadores de velocidad.....	43
Figura 3.11	Botones de encendido y apagado del motor Principal y de los Rodillos de Tiro; Amperímetro del Calentador C1 y C2.....	44
Figura 3.12	Termómetro y Botones de encendido del calentador C1 y C2; Botón de encendido y apagado del Blower.....	44
Figura 3.13	Amperímetro y Termómetro del calentador A1 y A2; Botón de encendido del Motor Giratorio.....	44
Figura 3.14	Botones de encendido del calentador A1 y A2; Contador.....	45
Figura 3.15	Botón de encendido del motor Bobinador y Perilla para variar la velocidad; Botones para subir y bajar la bancada de los rodillos superiores.....	45
Figura 3.16	Motor eléctrico.....	46
Figura 3.17	Sistema de transmisión.....	46
Figura 3.18	Alimentador.....	47
Figura 3.19	Tolva de alimentación.....	48
Figura 3.20	Tornillo de extrusión.....	48
Figura 3.21	Refrigeración con agua.....	49
Figura 3.22	Refrigeración con aire.....	49
Figura 3.23	Malla metálica.....	50
Figura 3.24	Dado.....	50

Figura 3.25	Resistencias, termocuplas y monitores.....	51
Figura 3.26	Aire a Presión.....	52
Figura 3.27	Blower.....	52
Figura 3.28	Distribución de aire.....	53
Figura 3.29	Dado para HDPE.....	53
Figura 3.30	Dado para LDPE.....	54
Figura 3.31	Canasta guía.....	54
Figura 3.32	Toldo guía.....	55
Figura 3.33	Rodillos de tiro.....	55
Figura 3.34	Rodillos auxiliares o tensores.....	56
Figura 3.35	Cadenas y catalinas.....	56
Figura 3.36	Sinfín.....	57
Figura 3.37	Preparación para impresión.....	57
Figura 3.38	Rodillos bobinadores.....	58
Figura 3.39	Eje y bobina de cartón.....	58
Figura 3.40	Aire a presión para bobinador.....	59
Figura 3.41	Película preformada saliendo del dado.....	64
Figura 3.42	Forma correcta de eliminar la rebaba.....	64
Figura 3.43	Limpiando totalmente la boquilla del dado.....	64
Figura 3.44	Eliminación total de rebaba.....	65
Figura 3.45	Segunda salida de producto un tanto defectuosa.....	65
Figura 3.46	Forma correcta de eliminar segunda salida.....	65
Figura 3.47	Tercera salida de película.....	66
Figura 3.48	Uniendo producto con la película guía.....	66
Figura 3.49	Levantando la película.....	66
Figura 3.50	Globo Formado.....	67
Figura 3.51	Canasta Guía dando dirección al globo.....	67
Figura 3.52	Globo entrando al toldo.....	68
Figura 3.53	Toldo Formando fuelle.....	68
Figura 3.54	Tornillos de ajuste del Toldo.....	68
Figura 3.55	Rodillos de tiro, convierten el globo en película.....	69
Figura 3.56	Película pasando por los rodillos tensores.....	69
Figura 3.57	Sistema de Rodillos tensores o auxiliares.....	69
Figura 3.58	Sistema Bobinadores.....	70
Figura 3.59	Bandeja para HDPE.....	70
Figura 3.60	Dado para LDPE.....	71
Figura 3.61	Dado para HDPE.....	71
Figura 3.62	Cilindro Principal.....	72
Figura 3.63	Girando cilindro principal.....	72
Figura 3.64	Transporte cilindro principal.....	73
Figura 3.65	Enfriamiento cilindro principal.....	73
Figura 3.66	Plato soporte.....	73
Figura 3.67	Colocación del cilindro con el nuevo molde.....	74
Figura 4.1	Diagrama de Gantt.....	85

Figura 4.2	O.T. Normal.....	89
Figura 5.1	Peligro de descarga eléctrica.....	95
Figura 5.2	Peligro cuidado con las poleas.....	96
Figura 5.3	Peligro cuidado con los engranes.....	96

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1 Polímeros más comunes.....	7
Tabla 3.1 Descripción Panel de Control.....	40-42
Tabla 3.2 Presión utilizada por el sistema.....	51
Tabla 4.1 Mantenimiento General de la Extrusora.....	81-84

INTRODUCCIÓN

En la industria Ecuatoriana de plástico, específicamente en el campo de la extrusión; los operarios aprenden de forma empírica sobre la operación y funcionamiento de la máquina extrusora; al pasar los años crean su propia forma de maniobrar el equipo, utilizando ciertos artificios para obtener el producto final.

En la actualidad la ESPOL ofrece una carrera de Tecnología en Plástico, donde los que deseen integrarse al mundo de la industria puedan instruirse con el fin de obtener una formación formal y profesional, logrando reforzar conocimientos para que en su momento sean aplicados en las líneas de producción de las diversas empresas del país. Sumándole a esto la participación con ASEPLAS, fomentando el crecimiento técnico en los que hoy en día operan máquinas extrusoras.

Debido a esto surge la idea de realizar lineamientos para la operación y el mantenimiento de una máquina extrusora de películas de polietileno tratado en la presente tesis.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

En Ecuador y específicamente en Guayaquil, existen empresas dedicadas a la producción de productos de plástico; las mismas que adquieren maquinaria especializada en la transformación de la materia prima, utilizada para obtener productos terminados, que al final serán empleados por el usuario común. Las cuales poseen operarios sin formación de tercer nivel en muchos de los casos, quienes aprenden a usar las máquinas de la forma más convencional posible, tratando de obtener buenos resultados

En general lo ideal es que los operarios manejen las máquinas con un conocimiento técnico que les ayude a realizar con eficiencia el proceso de transformación de la materia; Ecuador es un país en el que la educación no ha sido proporcional los últimos años, por lo que la mano de obra ecuatoriana tiene cierto déficit educativo, debido a esto en muchos casos

es difícil que un operario realice su trabajo de forma técnica y solo queda confiar en la experiencia que posee en el manejo de estos equipos.

1.1 Alcance

El presente texto abarca el procesamiento de polietileno en sus diferentes tipos, además se establecen lineamientos para el mantenimiento respectivo de la máquina; específicamente se discutirá sobre el funcionamiento de una extrusora de películas, para obtenerlas al final del proceso enrolladas en bobinas de cartón; lo escrito de aquí en adelante se realizó usando la Extrusora Venus Plastic instalada en la periferia de la Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, en el Laboratorio de Polímeros ubicado junto a Intramet.

Adicionalmente se expresa que esta tesis puede servir de guía para ser aplicado en la operación de máquinas extrusoras diferentes a la mencionada en el párrafo anterior, porque si bien es cierto el funcionamiento y la aplicación de las máquinas son las mismas, los parámetros usados no suelen ser iguales, además no todos los fabricantes construyen sus máquinas de la misma manera.

1.2 Análisis del Problema

La mayoría de las empresas ecuatorianas carecen de equipos de investigación que logren la mejora de los procesos en base a experimentación realizada; entre los motivos más probables están la falta de lineamientos o pasos a seguir y la falta de financiación, porque realizar este tipo de investigaciones tiene un costo, más aún si se trata de mejorar el rendimiento del proceso.

Además estas duran un tiempo considerable y ciertamente no suele ser conveniente hacer esperar a los clientes para dar un resultado; lo que generalmente se hace es experimentar en el camino, es decir realizar los ajustes necesarios mientras se transforma la materia prima hasta que se logre obtener el producto deseado o algo similar a lo esperado, este es el método que se utiliza en algunas empresas.

Ciertamente la experiencia de los operarios no se puede despreciar, tienen un conocimiento bueno en la medida de lo posible, pero todo fue adquirido empíricamente, no todos leen el manual de operación; pero la mayoría utiliza muy poco o no usa las instrucciones que se especifican para el buen uso de cualquier equipo. En el mismo documento se presentan los consejos del fabricante para realizar un

buen mantenimiento además de otros detalles que se usan por el departamento encargado del mismo para mantener la máquina en operación.

Por esta razón se ha visto la necesidad de establecer lineamientos para el mantenimiento y operación de la máquina extrusora, para dar un soporte técnico e ingenieril; siendo este documento una guía que no reemplaza en absoluto ningún manual dado por fabricante alguno.

CAPÍTULO 2

2. RESINAS Y ADITIVOS

A continuación se presenta una descripción de los tipos de resinas y aditivos que se usan en la elaboración de productos plásticos, con un mayor enfoque a los que se usan en la fabricación de películas para fundas.

Además se presentará uno de los métodos que se utilizan para el diseño de mezclas, requeridas para obtener un determinado producto final.

2.1. Resina

A partir de un monómero dado, una gran variedad de polímeros, también llamados resinas, se pueden obtener químicamente. La primera serie de variables estructurales que pueden ser alteradas por cambios en las condiciones de polimerización son el peso molecular, la densidad de reticulación y el grado de ramificación; las cuales son de mucha importancia en la conformación de los

polímeros, teniendo cierta influencia en la transformación de los mismos.

2.1.1. Tipos de Polímero

En la tabla 2.1 se muestra los diferentes tipos de polímeros existentes; en el apéndice 1 se muestra una tabla con información más detallada.

TABLA 2.1
POLÍMEROS MÁS COMUNES

Poliestireno
Polivinilcloruro
Polipropileno
Policarbonato
Polietileno Alta densidad
Polietileno Baja densidad

Ahora se describe las resinas que no están involucradas en la elaboración de fundas, pero no son menos importantes; con lo cual se podrá diferenciarlas.

Entre ellos tenemos los siguientes:

Poliestireno

El poliestireno (PS) es un polímero termoplástico que se obtiene de la polimerización del estireno. Existen cuatro tipos principales: el PS cristal, que es transparente, rígido y quebradizo; el poliestireno de alto impacto, resistente y opaco; el poliestireno expandido, muy ligero, y el poliestireno extrusionado, similar al expandido pero más denso e impermeable.

Las aplicaciones principales del PS de alto impacto y el PS cristal son la fabricación de envases mediante extrusión-termo formado, y de objetos diversos mediante moldeo por inyección. Las formas expandidas y extruidas se emplean principalmente como aislantes térmicos en construcción.

Polivinilcloruro

Es un polímero termoplástico, que se presenta como un material blanco, que comienza a reblandecer alrededor de los 80°C y se descompone sobre 140°C. Cabe mencionar que es un polímero por adición y además una resina que resulta de la polimerización del cloruro de vinilo o

cloroetileno, tiene una muy buena resistencia eléctrica y a la llama.

En la industria existen dos tipos:

Rígido: para envases, ventanas, tuberías, que actualmente son más usadas que las de hierro (que se oxidan más fácilmente).

Flexible: cables, juguetes, calzados, recubrimientos, etc.

Polipropileno

Es un polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno. Pertenece al grupo de las poliolefinas y es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes. Tiene gran resistencia contra diversos solventes químicos, así como contra álcalis y ácidos.

Polietileno Tereftalato

El Tereftalato de polietileno, más conocido por sus siglas en inglés PET, Polyethylene Terephthalate, es un tipo de plástico muy usado en envases de bebidas y textiles.

Químicamente es un polímero que se obtiene mediante una reacción de policondensación entre el ácido tereftálico y el etilenglicol, pertenece al grupo de materiales sintéticos denominados poliésteres.

Es un polímero termoplástico lineal, con un alto grado de cristalinidad, como todos los termoplásticos puede ser procesado mediante extrusión, inyección, soplado de preforma y termoconformado.

Policarbonato

El policarbonato es un grupo de termoplásticos fácil de trabajar, moldear y termoformar, son utilizados ampliamente en la manufactura moderna, el nombre policarbonato se basa en que se trata de polímeros que presentan grupos funcionales unidos por grupos carbonatos en una larga cadena molecular.

Politetrafluoroetileno

Es un polímero similar al polietileno, en el que los átomos de hidrógeno han sido sustituidos por átomos de flúor; la fórmula química del monómero, tetrafluoretileno, es $\text{CF}_2=\text{CF}_2$.

La virtud principal de este material es que prácticamente es inerte, no reacciona con otras sustancias químicas excepto en situaciones muy especiales, esto se debe básicamente a la protección de los átomos y partículas de jorja flúor sobre la cadena carbonada.

Esta carencia de reactividad hace que su toxicidad sea prácticamente nula y es de hecho, el material con el coeficiente de rozamiento más bajo conocido, otra cualidad característica es su impermeabilidad, manteniendo además sus cualidades en ambientes húmedos.

Polibutadieno

El polibutadieno es un elastómero o caucho sintético que se obtiene mediante la polimerización de 1,3-Butadieno.

La molécula de butadieno se puede polimerizar de tres maneras diferentes, originando tres isómeros llamados cis, trans y vinilo; las propiedades del polibutadieno son diferentes según la proporción de cada uno de estos isómeros que contenga en sus moléculas.

Así por ejemplo el polibutadieno llamado "alto-cis" tiene una alta elasticidad y es muy apreciado mientras que el denominado "alto-trans" es un plástico cristalino sin ninguna aplicación de utilidad.

2.1.2. Polietileno y sus clases

El polietileno (PE) es químicamente el polímero más simple, se representa con su unidad repetitiva $(\text{CH}_2\text{-CH}_2)_n$, es químicamente inerte, se obtiene de la polimerización del etileno (de fórmula química $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ y llamado eteno por la IUPAC), del que deriva su nombre.

Éste es el termoplástico más usado en nuestra sociedad, pertenece a la familia de las poliolefinas, que provienen de los hidrocarburos simples, los productos hechos de

polietileno van desde materiales de construcción y aislantes eléctricos hasta material de empaque.

Por su alta producción mundial es también el más barato, siendo uno de los plásticos más comunes y puede moldearse a casi cualquier forma, extruírse para hacer fibras o soplarse para formar películas delgadas.

En esta familia existen los siguientes tipos:

Polietileno de Baja Densidad (LDPE)

Dependiendo del catalizador, este polímero se fabrica de dos maneras:

- ✓ Alta presión
- ✓ Baja presión

En el primer caso se emplean los llamados iniciadores de radicales libres como catalizadores de polimerización del etileno, el producto obtenido es el polietileno de baja densidad ramificado.

Cuando se polimeriza el etileno a baja presión se emplean catalizadores tipo Ziegler Natta y se usa el buteno-1 como comonomero, de esta forma es como se obtiene el

polietileno de baja densidad lineal, que posee características muy particulares, como poder hacer películas más delgadas y resistentes.

Polietileno de alta densidad (HDPE).

Cuando se polimeriza el etileno a baja presión y en presencia de catalizadores Ziegler Natta, se obtiene el polietileno de alta densidad (HDPE).

Se emplea para hacer recipientes moldeados por soplado, como las botellas y los caños plásticos (flexibles, fuertes y resistentes a la corrosión).

El polietileno en fibras muy finas en forma de red sirve para hacer cubiertas de libros y carpetas, tapices para muros, etiquetas y batas plásticas.

Polietileno de Baja Densidad Lineal (LLDPE)

Es un copolímero de etileno/olefina, con una estructura molecular lineal, es considerado un material termoplástico duro y resistente que consiste en un soporte lineal con ramificaciones laterales cortas. Las propiedades del LLDPE

en el estado fundido y en la parte terminada son funciones del peso molecular, la distribución de pesos moleculares, DPM, y de la densidad de la resina.

Las resinas lineales de baja densidad, son el crecimiento más rápido de los polietilenos, debido a su penetración al mercado de las películas ofreciendo un balance de resistencia y rigidez, el LLDPE es usado puro o en una mezcla rica con LDPE en equipos de extrusión diseñados para optimizar la salida.

Polietileno de Peso Molecular Ultra-Alto (UHMWPE)

Este tipo de polietileno presenta un peso molecular ultra-alto de tres a seis millones de gramos por cada gramo-mol, el UHMWPE puede ser utilizado en grandes láminas reemplazando el hielo para pistas de patinaje.

Ofrece ciertas propiedades sobresalientes que lo califican como plástico de ingeniería, su resistencia química es elevada y tiene una gran resistencia al envejecimiento, abrasión, al impacto y a la fatiga. Este material se conserva rígido aún cuando se someta a un calentamiento continuo,

esto es debido a los puntos de entrecruzamiento que posee y que imposibilitan el deslizamiento de las macromoléculas.

Aplicaciones

Estas son algunas de las aplicaciones que tiene este material, en sus diferentes clases.

PEBD (LDPE):

- Bolsas de todo tipo: supermercados, boutiques, panificación, congelados, industriales, etc.;
- Películas para agro;
- Recubrimiento de acequias;
- Envasado automático de alimentos y productos industriales: leche, agua, plásticos, etc.;
- Stretch film;
- Base para pañales desechables;
- Bolsas para suero;
- Contenedores herméticos domésticos;
- Bazar;

- Tubos y pomos: cosméticos, medicamentos y alimentos;
- Tuberías para riego.

PEAD (HDPE):

- Envases para: detergentes, lejía, aceites automotor, champú, lácteos;
- Bolsas para supermercados;
- Bazar y menaje;
- Cajones para pescados, gaseosas, cervezas;
- Envases para pintura, helados, aceites;
- Tambores;
- Tuberías para gas, telefonía, agua potable, minería, láminas de drenaje y uso sanitario;
- Macetas;
- Bolsas tejidas;
- Guías de cadena, piezas mecánicas.
- También se usa para recubrir lagunas, canales, fosas de neutralización, contra tanques, tanques de agua, plantas de tratamiento de aguas, lagos artificiales, canalones de lámina, etc.
- Explora Dome.

2.2. Aditivos

Los polímeros más comerciales están compuestos de macromoléculas, mezclados con una serie de aditivos seleccionados para impartir las propiedades deseadas para el producto final y de esta forma facilitar su fabricación.

Entre los más importantes, se tienen los siguientes:

- Estabilizadores
- Colorantes
- Plastificantes Externos
- Agente de refuerzo
- Rellenos
- Lubricantes
- Antibloqueo

Estabilizadores

Muchos polímeros deben ser llevados a un estado fundido durante el procesamiento a temperaturas muy por encima de las de fusión y de transición vítrea. Esto se hace para reducir su viscosidad y

ampliar el límite superior de las tasas de procesamientos. En consecuencia existe el peligro real de la degradación térmica durante el procesamiento. Por esta razón los estabilizadores de calor, como los radicales libres, son usados, especialmente para los polímeros térmicamente sensibles como el PVC.

La combustión puede ser ampliamente considerada como un proceso que comienza por una rápida degradación térmica de cadenas de polímeros en productos volátiles e inflamables. Una parte del calor generado por la llama es conducida y radiada a la capa de polímero condensada, por lo tanto ocurre una degradación y volatilización más rápida, alimentando la llama. Es fácil entender por qué los productos de degradación de la mayoría de los polímeros comunes son inflamables, puesto que son ricos en carbono y más a menudo de hidrógeno, los cuales poseen alto contenido de carburante.

Ciertos compuestos que contienen halógenos actúan como retardantes de fuego, porque interfieren con el proceso de oxidación de los fragmentos de la cadena, mientras que otros, como el Sb_2O_3 en PVC, actúa interfiriendo con la transferencia de calor en el

estado condensado, o bien aumentando la pérdida de calor por radiación.

Aditivos retardadores de fuego y estabilizadores térmicos se mezclan con polímeros antes de la transformación los cuales deben ser estables y compatibles con la resina. Por otra parte, no deben ser tóxicos.

Las cadenas de polímeros también son sensibles a las formas de energía distintas a la térmica. En particular, los polímeros que son destinados a su aplicación al aire libre como, películas, llantas, materiales de construcción, etc., deben ser capaces de soportar la radiación ultravioleta (UV), para lo cual se añaden estabilizadores de luz ultravioleta.

Por último, casi todos los polímeros están sujetos a la degradación oxidativa, tanto a bajas como a elevadas temperaturas de procesamiento, a largo plazo durante el almacenamiento y uso. Incluso en polímeros saturados -el ejemplo principal es el polipropileno- oxígeno es absorbido y produce radicales libres que reaccionan con las cadenas, por lo general auto catalíticamente, las degradan. La mayoría de los antioxidantes se combinan con los radicales libres generados en oxígeno y los inactivan.

Colorantes

Los polímeros absorben muy poca luz en el rango visible y por tanto, lucen sin color. Por otra parte, los polímeros semicristalinos pueden dispersar la luz, en función de su morfología cristalina, con lo que parecen turbios. Así, por razones decorativas, colorantes, como pigmentos y tintes que absorben la luz en longitudes de onda específicas, se agregan a algunos polímeros.

El colorante se debe mezclar muy bien con el resto de los componentes del polímero; de lo contrario, estéticamente se pueden obtener resultados adversos, además debe ser compatible con ellos.

Plastificantes Externos

Son generalmente moléculas monoméricas que al mezclarse con polímeros con enlaces de hidrógeno o polares, se posicionan entre los enlaces intermoleculares y aumenta la distancia entre enlaces adyacentes. Por supuesto que deben ser polares o ser capaz de

formar puentes de hidrógeno. El resultado de esta acción es reducir el nivel de intensidad de las fuerzas intermoleculares, disminuyendo así la resistencia mecánica y aumentando la flexibilidad de la estructura rígida.

Dado que el efecto de reblandecimiento de plastificantes externos es el mismo que se da con el aumento de la temperatura, la transformación de los compuestos plastificantes requiere temperaturas más bajas para las viscosidades comparables. Por lo tanto existe un pequeño peligro de degradación térmica. Debido a esto, los plastificantes externos son, indirectamente, estabilizadores térmicos.

Si un polímero es rígido debido a factores que dificultan la movilidad de la cadena, los plastificantes externos no ayudan. La cadena debe ser más flexible, esto a veces se puede lograr mediante copolimerización.

En este contexto la copolimerización se refiere a veces como plastificación interna.

Agente de refuerzo

Este tipo de aditivo es muy amplio y de mucha importancia porque mejora las propiedades mecánicas de los polímeros base, principalmente su resistencia y rigidez.

Los plásticos que son usados como materiales estructurales de ingeniería contienen agentes de refuerzo. Fibras de asbesto, fibras de vidrio corta y larga, y, recientemente, fibras de grafito, las cuales son aditivos comunes en aplicaciones para mejorar las propiedades mecánicas, incluyendo la ausencia de fluencia.

Los agentes sólidos de reforzamiento, también amplían el límite superior de temperatura en el uso de la base de los polímeros.

Rellenos

Su función principal es reducir el costo del producto final. Un relleno muy barato, que ocupa una fracción del volumen de un objeto de plástico, tendrá un beneficio económico. Sin embargo, son también aditivos especiales, pueden estar presentes para reducir el coeficiente de expansión térmica de la base del polímero,

para mejorar sus propiedades dieléctricas, o para suavizar polímeros como el PVC.

Lubricantes

Son aditivos, que en concentraciones muy bajas se mezclan con los polímeros, para facilitar su fluidez durante el procesamiento. Existen dos categorías de lubricantes, externos e internos.

Los lubricantes externos son incompatibles a todas las temperaturas con el polímero que estén usando, por lo tanto durante el proceso ellos migran a la interfaz de fusión de metal, promoviendo retrasos efectivos de la fusión mediante la reducción de la viscosidad. Los lubricantes internos por otra parte, son compatibles con el procesamiento de polímeros, pero a ciertas temperaturas.

De este modo, durante el procesamiento reducen las fuerzas intermoleculares entre las cadenas, por consiguiente viscosidad de fusión.

Los productos procesados de plástico, se vuelven incompatibles por una separación de fase, y pueden eventualmente migrar hacia la

superficie, por lo que las propiedades del producto no se ven permanentemente afectadas.

Antibloqueo

Su función principal es evitar que la película se bloquee luego de pasar por los rodillos de tiro, es decir que no se quede pegada con el otro extremo; esto sucede cuando no han sido correctamente fundidas durante el procesamiento, o el aire recibido para enfriar su superficie no ha sido el adecuado.

2.3 Diseño de mezclas

A la hora de diseñar una mezcla se suelen cumplir ciertos pasos, sea de manera formal o de forma intuitiva y casi inconsciente. Si se sigue una secuencia formal y se documenta, es posible lograr optimizaciones desde un principio, lo cual redundará en menores costos y/o mejor desempeño.

La siguiente lista propone una serie de etapas que deben considerarse a la hora de diseñar una mezcla:

1. Seleccione las resinas candidatas de acuerdo con las propiedades deseadas, incluyendo el costo de las mismas.
2. Tabule las ventajas y desventajas de cada resina. Esto permitirá identificar alternativas.
3. Elija combinaciones de resinas que muestren potencial para cumplir con los requisitos de la mezcla. En esta etapa, no se preocupe demasiado de las condiciones de operación, emplee condiciones estándar.
4. Haga un primer estimado de costos. Si los números son atractivos, siga adelante; en caso contrario, seleccione otro conjunto de resinas.
5. Analice la mezcla seleccionada desde la óptica del procesamiento y la aplicación final. Recuerde que hay aspectos, como la apariencia, que no pueden ser predichos.
 - a. ¿Es obvio que va a funcionar o es obvio lo contrario?
 - b. ¿Será procesable con los equipos disponibles?
 - c. ¿Conservará sus propiedades a lo largo de su vida útil?
6. Si la mezcla seleccionada es considerada como apropiada, verifique las propiedades de la película y ajuste las condiciones de operación. Ajuste el espesor o

concentraciones de los componentes de la mezcla para optimizar las propiedades.

CAPÍTULO 3

3. OPERACIÓN DE LA MÁQUINA EXTRUSORA.

En este capítulo se realizará una descripción funcional de la máquina, mencionando un poco sobre su geometría y ciertas consideraciones que deben realizarse; además se describirá cada parte que forma la extrusora Venus Plastic, en la cual se basa este trabajo.

3.1. Descripción Funcional

El corazón de un extrusor es un husillo o tornillo que gira dentro de un barril o cilindro y es capaz de bombear o empujar un material a una velocidad específica, bajo ciertas condiciones de operación.

Los materiales que se utilizan en el proceso son termoplásticos generalmente, los cuales se suavizan cuando se calientan y se transforman en fluidos, que posteriormente se endurecen cuando se

enfían y se transforman en sólidos. En la figura 3.1 se muestra un esquema de un extrusor.

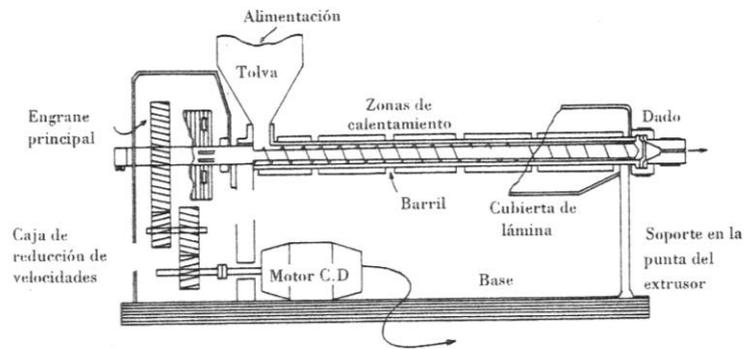


FIGURA 3.1 Esquema Extrusor

Cuando el material termoplástico se alimenta al extrusor, el husillo lo empuja hacia adelante a lo largo del barril, donde se calienta y se transforma en fluido. El cual continúa y al final se lo hace pasar a través de un dado que proporcionará el perfil o la forma final, en nuestro caso una película con cierto espesor y ancho.

Luego de salir del dado, el fluido debe ser enfriado rápidamente para mantener la forma obtenida, se podría considerarlo como una resistencia al flujo. Entre más largo y pequeño sea el orificio de paso, mayor será la resistencia y a su vez mayor será la potencia necesaria para empujar el material fundido a través del dado.

3.1.1. Geometría y consideraciones generales

La sección del husillo y barril de un extrusor tiene cuatro funciones principales:

- a) Presurizar
- b) Calentar
- c) Mezclar
- d) Bombear

Para hacer cada función más eficiente, se divide esta parte del extrusor en tres zonas: alimentación, compresión y dosificación. La zona de dosificación va seguida por el cabezal y el dado.

La función de la zona de alimentación es coleccionar los gránulos de la tolva y transportarlos hacia adelante en el canal del husillo. Al mismo tiempo, los gránulos empiezan a calentarse y a comprimirse a medida que avanzan por el canal del husillo. Para un transporte o bombeo eficiente, los gránulos deben adherirse a la pared del barril y mostrar un alto grado de deslizamiento en la pared del canal del husillo.

En la figura 3.2, se observa que a medida que se avanza en el husillo hay una disminución en la profundidad del canal;

causando una compresión de los gránulos, forzando el aire contenido entre los gránulos hacia atrás, en dirección de la tolva.

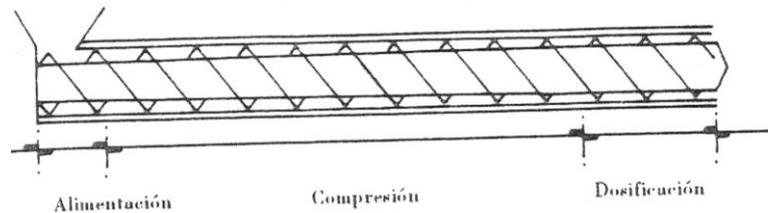


FIGURA 3.2 Husillo

Este tipo de husillos se usa en los plásticos con mayor intervalo de fusión, como son los polietilenos. La relación entre el volumen de la primera vuelta del canal del husillo, junto a la tolva, y el volumen de la última vuelta, cerca del dado, se conoce como relación de compresión. Una manera aproximada de medir esta tasa es tomando la relación entre la profundidad del canal del husillo en la primera vuelta y la profundidad del canal en la última vuelta.

En la zona de dosificación, la masa del polímero fundido alcanza la consistencia correcta y la presión requerida para extrusión. Esta masa debe ser bombeada hacia el dado a una velocidad y presión constante y la consistencia también debe permanecer constante.

Al final de la zona de dosificación es común incluir un plato rompedor, mostrado en la figura 3.3, éste es usualmente un disco con perforaciones, que en cierto modo hace las funciones de una coladera o malla.

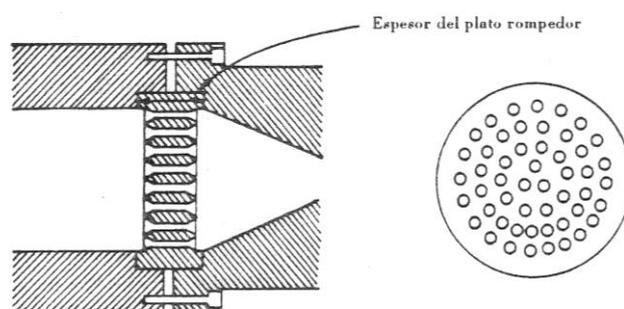


FIGURA 3.3 Plato Rompedor

Cumple varias funciones, entre ellas:

- a) Ayuda a aumentar la presión.
- b) El flujo rotacional del plástico fundido, procedente de la zona de dosificación del husillo, es transformado en flujo lineal, paralelo al eje del husillo.
- c) Detiene muchas impurezas y material no plastificado.

La capacidad del plato rompedor se aumenta al colocar mallas de alambre sobre el mismo.

Se usan calentadores eléctricos para fundir los gránulos, por lo que se debe controlar la cantidad de calor que se aplica, para evitar que se degrade o se vuelva demasiado

fluido el material; por otra parte si se enfría demasiado, la plastificación será insuficiente.

Luego se tiene el dado, que determina la forma final del extruido, la figura 3.4 muestra la forma y las partes del dado.

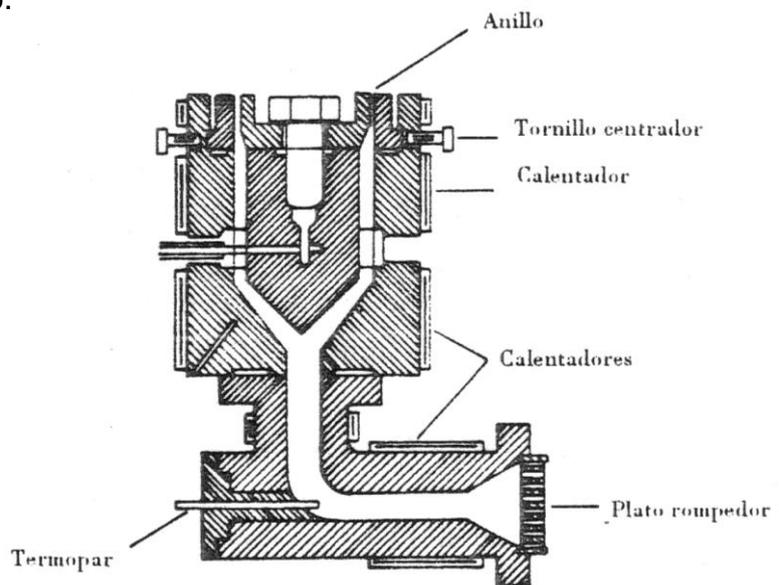


FIGURA 3.4 Esquema del Dado

La presión de entrada del dado al final del husillo es alta, la de salida es baja igual a la atmosférica; es importante mantener una presión alta en el interior del dado para consolidar el plástico fundido antes de que salga del mismo.

Durante la extrusión de la película es importante que el flujo del plástico fundido sea igual y constante alrededor de todo

el orificio anular; para ello es necesario que ambos, dado y mandril, estén concéntricos y además que el plástico fundido llegue en igual cantidad alrededor de todo el orificio anular.

En la siguiente figura se muestra el arreglo típico para la extrusión de película tubular o también llamada por soplado.

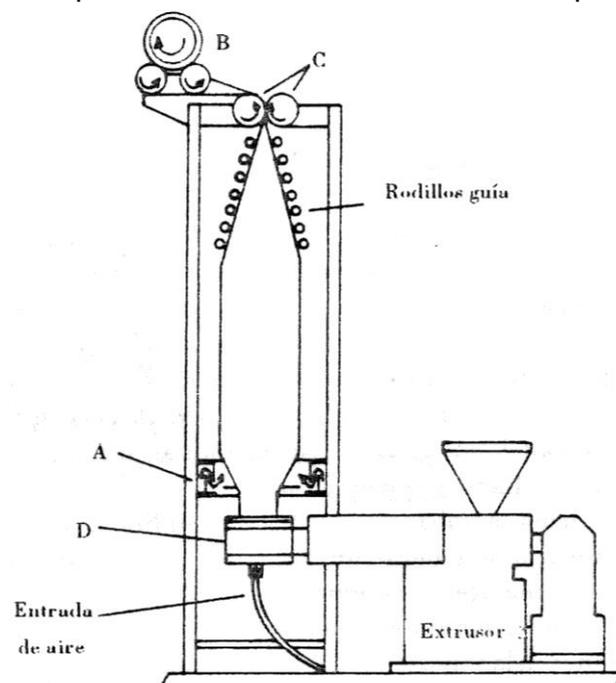


FIGURA 3.5 Esquema de un equipo de extrusión

Donde:

- A. Anillo de enfriamiento,
- B. Embobinado de la película,
- C. Rodillos de tiro, utilizados además para aplanar el tubo y evitar que escape el aire comprimido que infla el tubo.
- D. Dado

Existen dos relaciones importantes en la fabricación de películas de polietileno, la Relación de Soplado y la de Estirado.

a) *Relación de Soplado*, es la relación entre el diámetro de la burbuja y el diámetro de la salida del dado. En la práctica esta relación varía desde 2:1 hasta 6:1.

b) *Relación de Estirado*, es la relación entre la velocidad lineal de la película a través de los rodillos de tiro y la velocidad lineal de extrusión.

Si la relación de soplado es mayor que la relación de estirado, las moléculas de plástico tienden a orientarse en dirección perpendicular, consecuentemente la película será más fuerte en esa dirección perpendicular y menos fuerte en la dirección longitudinal.

En cambio si la relación de soplado es menor que la relación de estirado, la película será más fuerte en la dirección longitudinal y menos fuerte en la dirección perpendicular.

Cuando se extruye polietileno en este proceso se observa que el plástico fundido es bastante transparente inmediatamente a la salida del dado. Sin embargo, casi a 20 cm arriba del dado, el polietileno comienza a ponerse nebuloso; esto se debe a la cristalización que ocurre al enfriarse la película.

Sí las otras condiciones permanecen igual, un aumento en la temperatura del plástico fundido hará que la línea de enfriamiento ocurra más arriba, esto se debe a que el plástico fundido tardará más tiempo en enfriarse hasta la temperatura de cristalización.

Por otro lado, si todas las otras condiciones permanecen igual, un aumento en la velocidad de extrusión hará que la línea de enfriamiento ocurra más arriba. Si se estira la película cuando el plástico aún se encuentra fundido o parcialmente fundido, las moléculas tienden a orientarse en la dirección del estiramiento. Sin embargo si la película se mantiene aún parcialmente fundido luego de haber sido estirada, las moléculas tenderán a deslizarse unas sobre otras y tenderán a desorientarse. Esta desorientación será mayor entre mayor sea el tiempo que transcurra desde el

estiramiento hasta el enfriamiento y solidificación de la película.

Es importante mencionar que el hecho de que la relación de soplado sea igual a la relación de estirado, no implica que la orientación sea igual en ambas direcciones; debido a que el estiramiento perpendicular no ocurre de la misma forma ni a la misma velocidad que el estiramiento longitudinal.

El tubo de la película debe estar suficientemente enfriado antes de ser aplanado por los rodillos de tiro; de no ser así, será difícil separar o abrir el tubo de la película, produciéndose el llamado bloqueo.

El anillo de enfriamiento se utiliza precisamente para lanzar una corriente de aire uniforme alrededor del tubo. Sin embargo, el aire es un ineficiente medio de transferencia de calor; por esta razón, el factor limitante para una mayor producción en este proceso, es la velocidad de enfriamiento.

3.2. Descripción de Elementos

La máquina utilizada para realizar esta Tesis fue la extrusora Venus, modelo VN-UM45B-600, ubicada en el Laboratorio de

Plásticos, la cual sirve para procesar HDPE, LDPE, LLDPE, está diseñada para usar 220V x 60HZ.

En la siguiente figura, se muestra la máquina adquirida por la ESPOL.



FIGURA 3.6 Extrusora Venus

3.2.1. Descripción del panel de control

El control de la máquina se realiza mediante el Panel de Operación, en éste se hallan casi todos los elementos de control e indicadores para operar la extrusora.

En la figura 3.7 se muestra un esquema del panel de control.

CONTROL PANEL

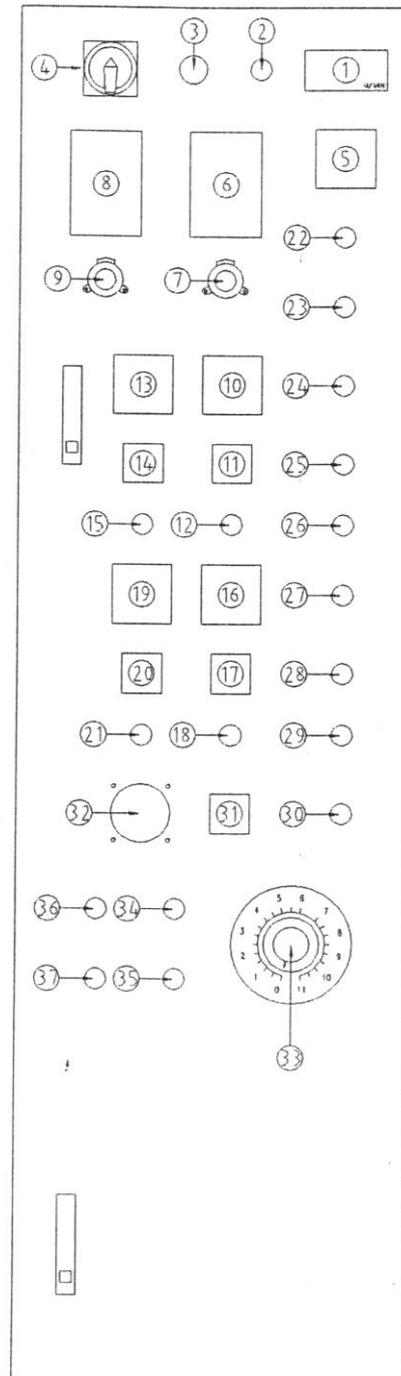


FIGURA 3.7 Esquema Panel de Control

En la tabla 3.1 se describirá cada uno de los elementos del panel de control.

**TABLA 3.1
DESCRIPCIÓN DEL PANEL DE CONTROL**

ITEM	DESCRIPCIÓN
1	Medidor de Velocidad Lineal
2	Luz que indica encendido
3	Parada de Emergencia
4	Interruptor Principal
5	Amperímetro del motor de la Extrusora
6	Panel de Control del Inversor de la Extrusora
7	Control de Velocidad del Motor de la Extrusora
8	Panel de Control del Inversor del Motor de los Rodillos de Tiro
9	Control de velocidad del Motor de los Rodillos de Tiro
10	Amperímetro del Calentador C1
11	Termómetro del Calentador C1
12	Interruptor del Calentador C1
13	Amperímetro del Calentador C2
14	Termómetro del Calentador C2
15	Interruptor del Calentador C2
16	Amperímetro del Calentador A1
17	Termómetro del Calentador A1

18	Interruptor del Calentador A1
19	Amperímetro del Calentador A2
20	Termómetro del Calentador A2
21	Interruptor del Calentador A2
22	Botón de Encendido del Motor de la Extrusora
23	Botón de Apagado del Motor de la Extrusora
24	Botón de Encendido del Motor de los Rodillos de Tiro
25	Botón de Apagado del Motor de los Rodillos de Tiro
26	Botón de Encendido del Motor del Ventilador de Refrigeración
27	Botón de Apagado del Motor del Ventilador de Refrigeración
28	Botón de Encendido del Motor del Dado Rotatorio
29	Botón de Apagado del Motor del Dado Rotatorio
30	Interruptor del Contador
31	Contador
32	Timbre
33	Control de Velocidad del Motor de los Rodillos Bobinadores
34	Botón de Encendido del Motor de los Rodillos

	Bobinadores
35	Botón de Apagado del Motor de Los Rodillos Bobinadores
36	Botón de Encendido del Motor de la Extrusora
37	Botón de Apagado del Motor de la Extrusora

En las siguientes imágenes se muestran algunas partes del panel de operación.



FIGURA 3.8 Interruptor Principal

En esta máquina también existe un botón para realizar paros de emergencia, cuando exista algún problema que realmente amerite utilizarlo. El cual se gira hacia la derecha y luego se presiona, se muestra en la figura 3.9.



FIGURA 3.9 Paro de Emergencia

En la siguiente figura se muestra los indicadores de velocidad del motor de la extrusora y el motor de los rodillos de tiro.



FIGURA 3.10 Indicadores de Velocidad

En las siguientes imágenes se mostrarán, los botones que encienden el motor de la extrusora, rodillos de tiro, el Blower, rotación del dado; los medidores de amperaje y temperatura de las resistencias ubicadas en el husillo; los botones para subir o bajar la bancada de los rodillos de tiro, un contador, y finalmente los controles del motor de los rodillos bobinadores.



FIGURA 3.11 Botones de encendido y apagado del Motor Principal y de los Rodillos de Tiro; Amperímetro del calentador C1 y C2



FIGURA 3.12 Termómetro y Botones de encendido del calentador C1 y C2; Botón de encendido y apagado del Blower



FIGURA 3.13 Amperímetro y Termómetro del calentador A1 y A2; Botón de encendido del Motor Giratorio



FIGURA 3.14 Botones de encendido del calentador A1 y A2; Contador



FIGURA 3.15 Botón de encendido del Motor Bobinador y Perilla para variar la velocidad; Botones para subir y bajar la bancada de los rodillos superiores

3.2.2. Descripción de la extrusora

La máquina extrusora Venus está formada por varios elementos y sistemas mecánicos, sin ellos no podría funcionar; a continuación se describe cada uno.

La máquina posee un motor eléctrico de 17.3Kw, el cuál inicia el movimiento de la extrusora. En el apéndice C se encuentra más información.



FIGURA 3.16 Motor Eléctrico

El movimiento generado por el motor antes mostrado es transmitido por un sistema de bandas y poleas.



FIGURA 3.17 Sistema de Transmisión

Está conformado por dos poleas, una pequeña que sale del motor y una grande que genera movimiento en el tornillo

extrusor, ambas de cuatro ranuras; el diseño sirve para reducir los RPM del motor, utiliza cuatro bandas tipo V, todo esto se muestra en la figura 3.17.

Posee un alimentador que lleva la materia prima desde el contenedor hasta la tolva de alimentación, usando una máquina de vacío. Actúa automáticamente, con un sensor logra saber cuando la tolva necesita llenarse nuevamente, luego de esto envía cierta cantidad de producto, hasta llenarla.



FIGURA 3.18 Alimentador

A continuación está la tolva de alimentación, la cual tiene un imán en el interior, para retener cualquier producto metálico que pueda escaparse hacia el tornillo.



FIGURA 3.19 Tolva de Alimentación

Además como se aprecia en la figura, posee una salida para sacar el material no utilizado.

La materia prima llega al husillo o tornillo extrusor, que es calentado con resistencias hasta llegar a la temperatura de fusión, para de esta forma transformar las resinas en fluido.



FIGURA 3.20 Tornillo de Extrusión

Consta de dos sistemas de refrigeración, el primero usa agua fría y el segundo pequeños pero potentes ventiladores.



FIGURA 3.21 Refrigeración con agua

El agua fría llega desde el Chiller, ubicado al final del laboratorio.



FIGURA 3.22 Refrigeración con aire

Como se puede observar, el aire es tomado del ambiente, estos ventiladores se encienden automáticamente cuando el tornillo extrusor tiene una temperatura más alta a la registrada en el tablero de control.

Al final del túnel de extrusión se encuentra una malla que hace que la dirección del fluido se vuelva lineal. Cabe

recalcar que a lo largo del husillo e incluso en esta parte, existen termocuplas que miden la temperatura, para lograr un control en el proceso.

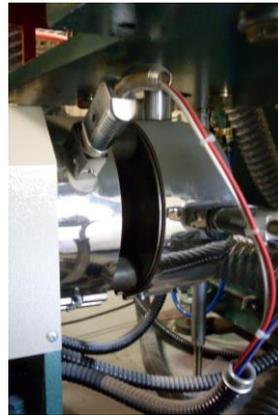


FIGURA 3.23 Malla Metálica

Después de pasar por la malla, el fluido va hacia el dado, mostrado en la figura 3.24, que le da la forma inicial al producto, como se puede observar tiene algunos componentes que en conjunto logran un buen procesamiento.



FIGURA 3.24 Dado

Para calentar el material en su ascenso tiene dos resistencias, con sus respectivas termocuplas y monitores para controlar el nivel de temperatura.



FIGURA 3.25 Resistencias, Termocuplas, Monitores

Para efectos de elevar el globo, se usa aire a presión, mostrado en la fig. 3.26, en la parte interna del dado; además de aire impulsado por un blower mostrado en la fig. 3.27, para la parte externa. En la tabla 3.2 se muestra la presión utilizada por el sistema.

**TABLA 3.2
PRESIÓN UTILIZADA POR EL SISTEMA**

Presión (psi)	CFM unitario	CFM total
120	8	8



FIGURA 3.26 Aire a presión

El aire para enfriar la parte externa del globo es tomado del ambiente y llevado al dado por medio de tubos flexibles, como se puede observar en la figura 3.28.



FIGURA 3.27 Blower



FIGURA 3.28 Distribución de aire

Para esta máquina existen dos tipos de dados, el utilizado para HDPE fig. 3.29 y para LDPE fig. 3.30, este último suele usarse también para LLDPE.

El cambio de dado se realiza antes de encender la máquina.

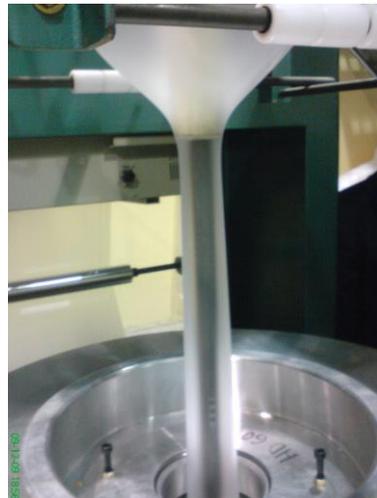


FIGURA 3.29 Dado para HDPE

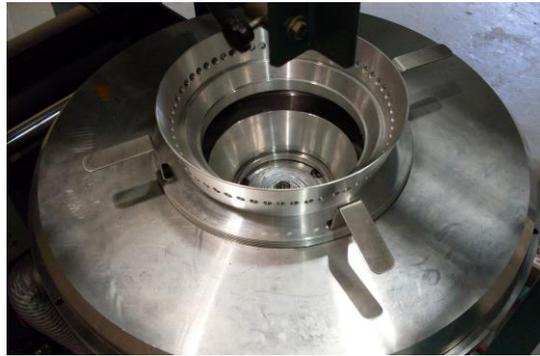


FIGURA 3.30 Dado para LDPE

Luego se tiene la canasta guía en la fig. 3.31, formada por cuatro líneas guías en dos planos diferentes, para equilibrar la forma inicial del globo en su carrera ascendente.



FIGURA 3.31 Canasta Guía

El toldo guía mostrado en la fig. 3.32, disminuye el diámetro del globo para que puedan llegar a los rodillos de tiro, posee tornillos para ajustar la reducción necesaria.



FIGURA 3.32 Toldo Guía

Los rodillos de tiro mostrado en la fig. 3.33, controlan el espesor de la película y el ancho de la misma, está formada por un rodillo cubierto de goma y otro con capa metálica, además posee un sistema hidráulico.



FIGURA 3.33 Rodillos de Tiro

Luego los rodillos auxiliares ayudan a bajar la película; uno de estos rodillos es una moleta y al presionar la película, deja plasmada su forma de diamante en ella.



FIGURA 3.34 Rodillos Auxiliares o Tensores

Ambos conjuntos de rodillos se encuentran ubicados en una bancada fig. 3.35 y 3.36, que junto a un sistema de cadena y catalinas además de un tornillo sinfín, puede modificar su posición vertical, para proveer a la película de cambios en su estructura, aunque estos sean mínimos.

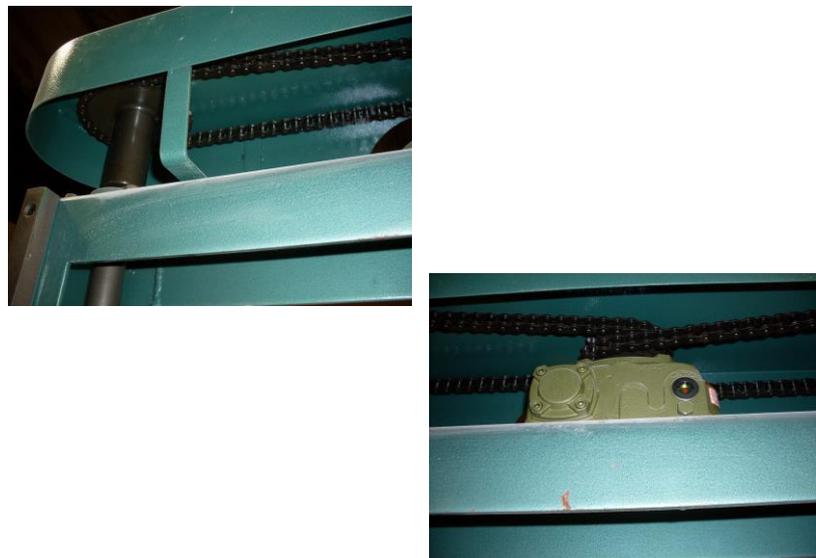


FIGURA 3.35 Cadenas y Catalinas



FIGURA 3.36 Sinfín

La máquina extrusora posee un aparato que realiza un tratamiento eléctrico a la película, con el único fin de prepararla para imprimir sobre ella algún logotipo o lema, típico en las fundas de polietileno, permitiendo que la tinta se impregne de tal forma que no pueda escurrirse luego de la impresión, mostrado en la figura 3.37.



FIGURA 3.37 Preparación para Impresión

Al final se tiene los rodillos bobinadores fig. 3.38, su función es dejar la película envuelta en una bobina, llegando al final del proceso en la máquina extrusora. Se usa una bobina de cartón la cuál va colocada sobre un eje, que tiene pequeños dientes; usando aire a presión se los levanta, apretando dicha bobina.



FIGURA 3.38 Rodillos Bobinadores



FIGURA 3.39 Eje y Bobina de Cartón



FIGURA 3.40 Aire a Presión para Bobinador

El movimiento en los rodillos bobinadores es transmitido por un motor eléctrico junto a un sistema de engranes.

Operación de la máquina extrusora

Arranque del equipo

1. Conectar el interruptor principal del tablero de mando.
2. Conectar todos los interruptores de las zonas de calentamiento de la extrusora.
3. Conectar todos los interruptores de las zonas de calentamiento del cabezal.
4. Ajustar la temperatura de las zonas de calentamiento de la extrusora por medio de sus reguladores de acuerdo con las especificaciones del fabricante de la resina usada.

5. Ajustar la temperatura de las zonas de calentamiento del cabezal por medio de sus reguladores de acuerdo con las especificaciones del fabricante de la resina usada. Simultáneamente comenzar la circulación del agua a la caja de refrigeración de la camisa debajo de la tolva de alimentación.
6. Cuando los indicadores de temperatura alcanzaron los valores especificados, ajustar el regulador de velocidad del motor principal a la velocidad mínima y conectarlo. Si hubiera residuos de la operación anterior en la extrusora; después de que la temperatura alcanzó el valor especificado, esperar hasta que la resina este completamente fundida (aproximadamente 30 minutos) antes de conectar el interruptor.
7. Esperar hasta que el material salga de la extrusora.
8. Aumentar lentamente la velocidad del tornillo.
9. Conectar el interruptor del motor del ventilador del anillo de aire (ring de aire).
10. Comenzar a levantar la película, y abrir la llave del aire para inflar el globo, arrastrar manualmente el material extruido del cabezal con la ayuda de una

película o cinta adecuada. Durante el levantamiento de la película mantener los rodillos de tiro abiertos hasta que pase entre ellos la unión del material extruido y la película auxiliar. Esta operación evitará una posible deformación del revestimiento de goma de los rodillos de tiro.

11. Conectar el interruptor del motor de los rodillos de tiro y ajustar la velocidad por medio del regulador de acuerdo al espesor deseado.
12. Una vez que se encuentre el ancho y espesor deseado conectar el interruptor del motor del bobinador y ajustar la velocidad por medio del regulador.
13. Conectar el interruptor del motor del cabezal giratorio.

Atención:

Nunca arrancar el motor principal con la maquina fría. La resina fría en el interior de la extrusora puede ocasionar serios daños al equipo porque no está fundida.

Temperaturas recomendadas para el trabajo.

Como regla general, se deberá trabajar dentro del intervalo de temperaturas recomendado por el fabricante de la resina usada.

El polietileno de baja densidad se procesa a temperaturas entre 130°C y 200°C, de acuerdo con su índice de fluidez (M.I.).

El polietileno lineal de baja densidad se procesa en un intervalo de temperaturas entre 190° C y 230° C de acuerdo a su índice de fluidez (M.I) y características de flujo.

El polietileno de alta densidad se procesa en un intervalo de temperaturas entre 175°C y 220°C de acuerdo con su índice de fluidez (M.I).

Controles durante la operación de extrusión

Todos estos parámetros deben ser controlados permanentemente para verificar si es necesario realizar algún ajuste:

- ▮ Velocidad del tornillo
- ▮ Corriente del motor principal.
- ▮ Temperaturas de las zonas de calentamiento de la extrusora y del cabezal.

- ▮ Refrigeración de la zona de la tolva de alimentación
- ▮ Temperatura y presión del aire de enfriamiento de la película.
- ▮ Espesor y ancho de la película (centrado de la matriz).
- ▮ Plastificación y transparencia de la película.
- ▮ Irregularidades de la película (puntos oscuros)

Procesamiento de Polietileno

Después de encender la máquina, se debe esperar dos horas para que se calienten en su totalidad todas las zonas, luego se inserta la resina a la tolva, para este proceso se usará LDPE.

Se enciende el motor del husillo para que el material llegue hasta el cabezal, si la máquina ha sido usada anteriormente, se debe retirar todo el material sucio que salga del dado.

Se presenta un procedimiento gráfico, para facilitar la comprensión del proceso.

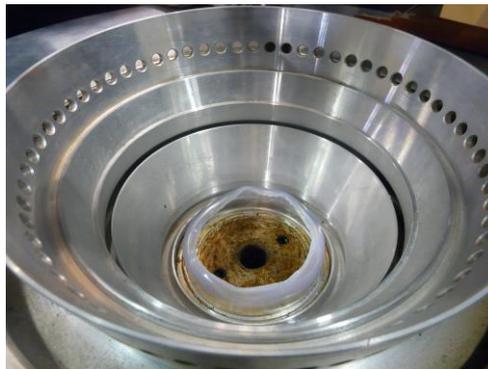


FIGURA 3.41 Película preformada saliendo del dado



FIGURA 3.42 Forma correcta de eliminar la rebaba



**FIGURA 3.43 Limpiando totalmente la boquilla del
dado**



FIGURA 3.44 Eliminación total de rebaba



FIGURA 3.45 Segunda salida de producto un tanto defectuosa



FIGURA 3.46 Forma correcta de eliminar segunda salida



FIGURA 3.47 Tercera salida de película



**FIGURA 3.48 Uniendo el producto con la película
guía**



FIGURA 3.49 Levantando la película

Luego se procede a elevar el globo, usando la cinta o película guía, ubicada desde los rodillos bobinadores hasta el cabezal.

Se inyecta aire a presión creando el globo y se enciende el blower para que enfriar el exterior del mismo.

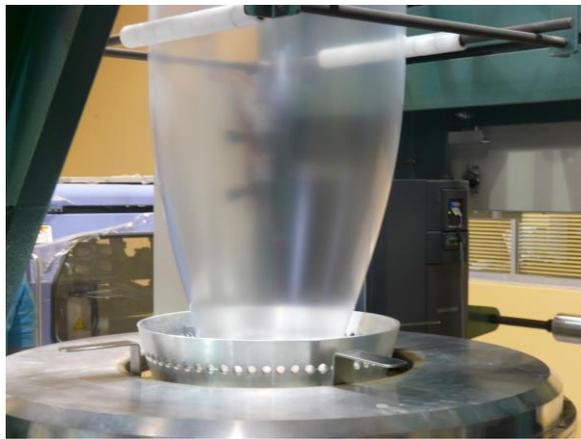


FIGURA 3.50 Globo Formado

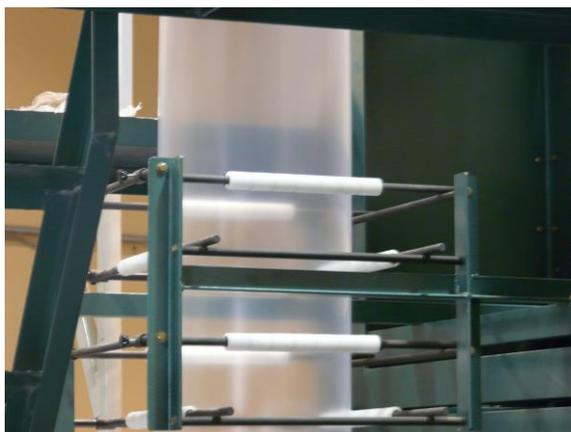


FIGURA 3.51 Canasta guía dando dirección al globo



FIGURA 3.52 Globo entrando al Toldo



FIGURA 3.53 Toldo formando fuelle



FIGURA 3.54 Tornillos de ajuste del toldo

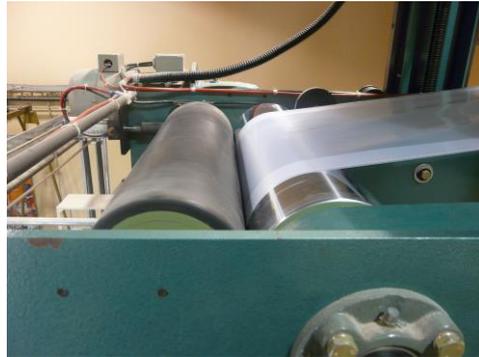


FIGURA 3.55 Rodillos de Tiro, convierten el globo en película

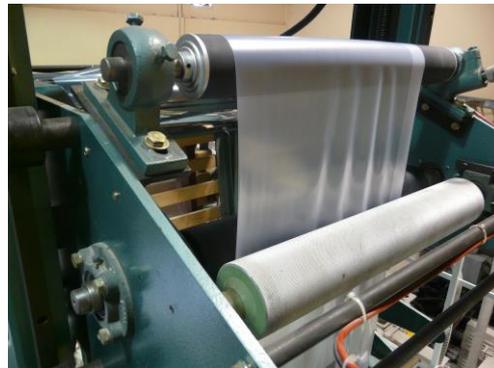


FIGURA 3.56 Película pasando por los rodillos tensores



FIGURA 3.57 Sistema de Rodillos tensores o auxiliares

Luego se irá aumentando la velocidad del motor del husillo, al igual que la de los rodillos de tiro lentamente hasta que la película llegue a al sistema bobinador.



FIGURA 3.58 Sistema Bobinador

Con este mismo plato se puede utilizar LLDPE; para procesar HDPE, se debe usar el dado para alta y la bandeja mostrada en la siguiente figura.

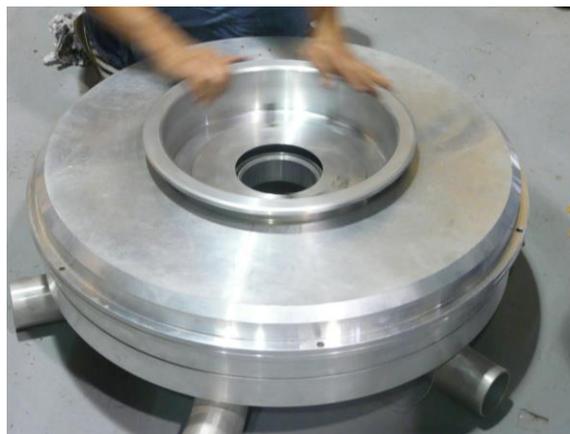


FIGURA 3.59 Bandeja para HDPE

A continuación se presenta gráficamente la forma de cambiar el molde o dado para la extrusión de películas de polietileno.



FIGURA 3.60 Dado para LDPE

Se desmonta la parte superior del dado, se desarma y se coloca la bandeja para HDPE.



FIGURA 3.61 Dado para HDPE

Se desconectan todas las termocupas y las resistencias, además del circuito de aire a presión del cilindro principal.



FIGURA 3.62 Cilindro Principal

Se gira el cilindro hasta separarlo del plato soporte, finalmente se coloca dos sujetadores y con una varilla se transporta hasta el suelo, se espera un tiempo determinado para que se enfríe y se procede a cambiar el dado.



FIGURA 3.63 Girando Cilindro Principal



FIGURA 3.64 Transporte Cilindro Principal



FIGURA 3.65 Enfriamiento Cilindro Principal



FIGURA 3.66 Plato Soporte

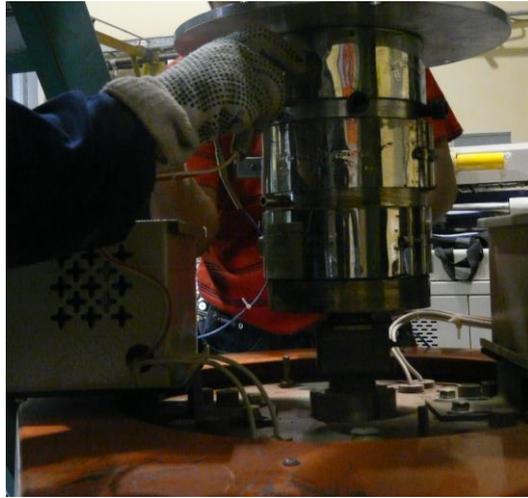


FIGURA 3.67 Colocación del Cilindro con el nuevo molde

Finalmente se coloca el plato superior con el cambio hecho anteriormente, se ajusta correctamente los pernos dejando la máquina lista para una nueva extrusión.

CAPÍTULO 4

4. MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA EXTRUSORA.

4.1. Mantenimiento.

El mantenimiento sirve principalmente para alargar la vida útil de un equipo, e influye directamente en la producción en cualquier industria.

Uno de los objetivos es reducir al mínimo los costos de operación producido por paradas ocasionadas por averías repentinas o accidentes, porque dependiendo de la empresa se pierde mucho o poco dinero.

Evitar totalmente la degradación de los elementos de la máquina con el fin de no obtener productos defectuosos y finalmente rechazados por el cliente y los procesos de calidad; representando pérdidas al fabricante.

Para lograr esto se debe determinar el tipo de mantenimiento a realizar; conocer el alcance humano que se tiene; discutir si es

necesario contratar servicios adicionales; además de verificar cuales y cuantos repuestos se tienen almacenados en la bodega.

De los tipos de mantenimiento existentes, se quiere implantar el Predictivo, aunque siempre será necesario tener presente el Correctivo, si se presenta algún evento que lo requiera.

El mantenimiento preventivo se basa en la prevención de posibles averías, para lo que es importante que se lo utilice desde el instante en que se instala el equipo; es decir, preparando adecuadamente todo lo necesario para una correcta instalación, como una adecuada cimentación, uso de aisladores de vibración, etc.

Además de usar la información proporcionada por el fabricante para planificar las futuras acciones de mantenimiento.

Según las condiciones en las cuales la máquina va a operar, debe desarrollarse un plan para controlar las posibles fallas o desgastes que puedan sufrir los elementos mecánicos y no mecánicos que formen parte del equipo, en este caso de la Extrusora Venus.

Para lo cual se deberá llevar un control en el funcionamiento y en aquellas condiciones técnicas que podrían afectar el procesamiento.

El mantenimiento correctivo se lo aplicará cuando exista algún problema en el equipo de forma repentina, alguna falla que produzca la paralización parcial o total de la máquina; este tipo de mantenimiento es el que usualmente se utiliza en la industria ecuatoriana, aunque con el tiempo se algunas empresas han comenzado a cambiar esto.

Para comenzar de forma idónea, se debe realizar un overhaul al equipo antes de que este entre en servicio, justo después de su instalación; ahora, no existe ningún tipo de inconveniente si la máquina ha tenido un uso considerable, simplemente la revisión deberá ser más estricta.

De esta forma se conocerá el estado en que se encuentra nuestro equipo y cada uno de sus componentes, para determinar en qué momento la máquina necesitará recibir el mantenimiento respectivo.

4.2. Personal de Mantenimiento.

Para realizar la tarea de mantenimiento se debe contar con personas que se encuentren preparadas en todos los aspectos para enfrentar estos problemas, aquellas que se relacionen directamente con las máquinas y con el entorno.

El personal de mantenimiento debe estar siempre pendiente de la línea de producción y todas las máquinas, para estar listo en cualquier momento; haciendo que tengan más iniciativa y participe con mayor énfasis en su trabajo.

Existen ciertas funciones que debe cumplir el personal, entre ellas se tiene:

- Obtener la máxima disponibilidad del equipo al menor costo posible, para de esta forma alcanzar un retorno económico aceptable.
- Mejorar las técnicas usadas para el mantenimiento, para en un futuro obtener una respuesta en menor tiempo.

Para este tipo de máquinas se necesitan de Técnicos en Mecánica y en Electricidad, se podría requerir simplemente de uno de cada rama; pero para realizar el trabajo en el menor tiempo posible, es recomendable que existan dos o más técnicos dependiendo del tamaño de la máquina, en este caso la extrusora Venus requiere de dos técnicos de cada rama. Cada grupo de técnicos debe tener un Supervisor a cargo de ellos, al cual se recomienda asignar hasta ocho personas.

Generalmente en las empresas ecuatorianas, las máquinas operan todo el día, por lo que será necesario tener dos grupos de personas para trabajar en los diferentes turnos existentes.

En conjunto, los supervisores y técnicos deben gestionar los trabajos de mantenimiento, teniendo en cuenta que esta actividad está relacionada con los gastos de la empresa. Para lo cual se debe, planificar los trabajos a corto y largo plazo, dependiendo principalmente de la disponibilidad de las máquinas.

Realizar inspecciones periódicas durante el proceso, ayuda a evaluar las condiciones productivas de la planta, visualizar la existencia de alguna falla, prever futuras correcciones, etc.

La selección del personal de mantenimiento debe ser estricta, se debe tomar en cuenta que no todas las personas se han preparado en escuelas, muchos de ellos adquirieron su conocimiento en muchos años de trabajo en alguna otra empresa; dependiendo de esto, se debe seleccionar a aquellos que necesitan un adiestramiento constante y a los que necesitan cursos periódicos, en todo caso siempre es bueno mantener al personal en aprendizaje continuo.

4.3. Planificación y Programación del Mantenimiento.

Un buen plan de mantenimiento preventivo y verificaciones periódicas son imprescindibles; reducen el tiempo improductivo, el porcentaje de rechazo y los costos de operación.

El operador de la extrusora no estará capacitado para efectuar las verificaciones necesarias para el mantenimiento de la máquina; equipos como motores y partes mecánicas deben ser atendidos por electricistas y mecánicos.

Para poder llevar a cabo la planificación del mantenimiento se debe conocer principalmente sobre:

- Estado y condiciones de la maquinaria.
- Grado de utilización de la maquinaria.

El estado de la máquina se lo puede determinar mediante un inventario el cual establecerá todas las partes que comprende el equipo.

El grado de utilización, no es más que una cifra porcentual que representa las horas trabajadas del equipo, con respecto a un año calendario.

Así se tiene que:



También se deben tomar en cuenta al momento de planificar el mantenimiento, las recomendaciones hechas por el fabricante de la máquina, en total, de forma conjunta se puede organizarlo por períodos, dependiendo además de la importancia de cada elemento en la máquina.

El mantenimiento del equipo se puede dividir en varias etapas; en la tabla 4.1 se describen las operaciones a realizar divididas por equipo, elemento, además se plantea un período de revisión.

TABLA 4.1
MANTENIMIENTO GENERAL DE LA EXTRUSORA

EQUIPO	ELEMENTO	PERÍODO DE MANTENIMIENTO				OBSERVACIÓN
		DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL	
MOTOR PRINCIPAL	Motor DC				X	
	Motor Ventilador				X	
	Tacómetro		X			
	Sistema de Bandas y Poleas			X		

EQUIPO	ELEMENTO	PERÍODO DE MANTENIMIENTO				OBSERVACIÓN
		DIARIO	SEMANTAL	MENSUAL	SEMESTRAL	
PANEL DE CONTROL	Control electrónico de Velocidad		X			
	Termorreguladores		X			
	Contactores del Tablero		X			
	Amperímetros del Tablero		X			
	Ventiladores de Control		X			
	Terminales de Conexión		X			
	Limpieza General		X			
Caja de Engranajes	Bomba de Lubricación		X			
	Limpieza de caja y Cambio de Aceite			X		
	Rodamientos		X			Revisión General
	Chequeo de Piñones		X			
	Sistema de enfriamiento			X		Revisión General
	Chequeo de Retenedores		X			
Túnel y Husillo	Limpieza General		X			
	Túnel			X		Alineación y Nivelación
	Cambia Filtros	X				Verificar Fugas
	Resistencias Eléctricas		X			Comprobar
	Terminales de Conexión		X			Ajustes
	Bandas calentadoras		X			Reajuste
	Asiento de Termocuplas			X		Limpieza
	Sistema de enfriamiento		X			Revisión General
	Motores Ventiladores			X		

EQUIPO	ELEMENTO	PERÍODO DE MANTENIMIENTO				OBSERVACIÓN
		DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL	
CABEZAL	Resistencias Eléctricas		X			Comprobar
	Señal de Termocuplas		X			Comprobar
	Asiento de Termocuplas		X			Limpieza
	Cabezal			X		Alineación y Nivelación
	Pernos de Calibración			X		Estado
	Moldes		X			Estado
	Distribuidor			X		Condiciones
	Rodamientos del Giratorio		X			Revisión o Cambios
	Motor Giratorio				X	
	Caja Reductora				X	
	Tab. de Control Zonas de Calentamiento		X			Revisión
Rin de Aire	Interior del Rin de aire		X			Limpieza
	Mangueras y Abrazaderas	X				Revisión
	Alineación y Nivelación			X		
	Diafragma y filtros					Estado
	Motor del Blower			X		
	Turbina del Blower		X			Limpieza
	Blower		X			Vibración
Canasta de Sujeción del Globo	Alineación			X		
	Brazos		X			Estado
	Lubricación Partes Móviles		X			

EQUIPO	ELEMENTO	PERÍODO DE MANTENIMIENTO				OBSERVACIÓN
		DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL	
RODILLOS DE TIRO	Rodamientos		X			Estado y Lubricación
	Rodillos de Goma		X			Estado
	Rodillo Metálico		X			Estado
	Sistema Hidráulico			X		Revisión
	Alineación y Nivelación			X		Estado
	Motor				X	
	Caja Reductora			X		Condiciones
	Abanicos		X			Estado
	Fuelleros		X			Estado
TORRE Y ESTRUCTURA	Estructura de la Torre			X		Revisión
	Pisos y Pasamanos			X		Chequeo
	Pintura del Conjunto			X		Revisión
	Rodillos Guías		X			Chequeo
BOBINADOR	Rodillos Bobinadores		X			Estado y Lubricación
	Motor			X		
	Reductores		X			
	Sistema Neumático			X		
	Embrague Mecánico			X		
	Sistema de Transmisión General			X		Lubricación y Chequeo General

El gráfico de Gantt nos puede ayudar a llevar un control de cada tarea, de esta forma las operaciones a realizar se pueden

comprender fácilmente; se puede reducir los tiempos ociosos en algún futuro, comparando lo que se hizo con lo que se está haciendo.

A continuación se muestra un ejemplo de un diagrama de este tipo.

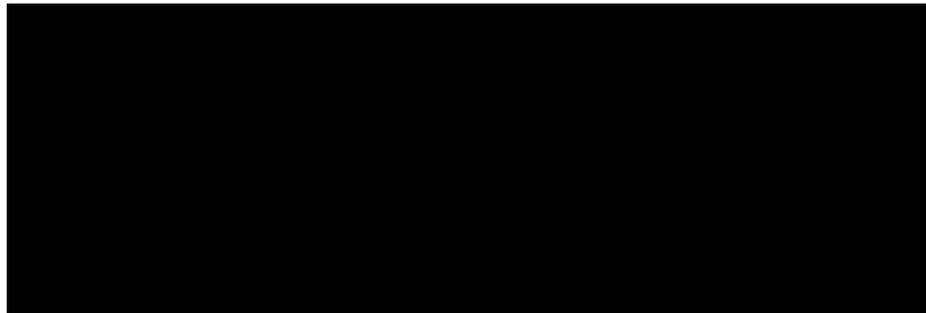


FIGURA 4.1 Diagrama de Gantt

Es importante mencionar también, que el equipo de mantenimiento es quién se encargará de realizar actividades como cambio de malla, limpieza de elementos de la extrusora, etc.

Cambio de malla

El juego de mallas o filtros debe ser cambiado periódicamente, la obstrucción aumenta en la operación continua de la extrusora y puede llegar a interrumpir el paso del material.

Normalmente las mallas o filtros se dañan al retirarlas por medio de un cuchillo o espátula; por eso no es recomendable limpiarlas.

La experiencia del operador determinará el mejor intervalo entre los cambios, dependiendo del tipo de resina usada.

Para realizar el cambio de mallas o filtros, la extrusora debe estar parada y preferentemente con la camisa o también llamado túnel vacío; se debe usar mallas con los diámetros adecuados.

Limpieza de la extrusora

Para realizar la limpieza de la extrusora se debe seguir los siguientes pasos:

- Encender la máquina con resina, evitando la alimentación hasta que quede vacío el canal helicoidal del tornillo debajo de la tolva.
- Desconectar las mangueras de aire y retirar el anillo de aire.
- Retirar el cabezal y el filtro en conjunto, aflojando los pernos que fijan la brida del cabezal al soporte del porta mallas.
- Retirar el tornillo de la camisa por medio de un extractor especial y colocarlo sobre un caballete de madera.
- Usar una lámina de cobre o latón para retirar la mayor parte de la resina adherida al tornillo.
- Completar la limpieza con una esponja de cobre o latón, pulverizar con silicona para ayudar a retirar las partes más adheridas de resina, luego se debe proteger el tornillo con una capa fina de silicona.

Limpieza de la camisa

Usar una varilla larga con un cepillo o esponja de latón atada en su extremo, para retirar la resina restante adherida a las paredes inferiores de la camisa; con una herramienta similar lubricar el interior de la camisa con grasa de silicona.

Limpieza de las cavidades del porta mallas

Retirar el juego de mallas o filtro; la resina que no está alojada en los orificios del porta malla se retira con una lámina de latón.

La resina oxidada que obstruye las cavidades del porta malla, debe ser quemada con un quemador.

Limpieza del cabezal o matriz.

La matriz y el cabezal están constituidos por piezas de alta precisión; no pueden ser golpeadas, rayadas o dañadas y se deberá tomar especial cuidado en su limpieza.

Los componentes del cabezal deben ser sometidos al siguiente proceso de limpieza:

- Retirar la resina adherida a la pieza usando guantes aislantes.
- Raspar la resina restante usando una lámina de cobre o latón con la ayuda de grasa de silicona.
- Usar esponja o cepillo de cobre o latón para terminar limpieza.
- Finalmente usar grasa de silicona para lubricar las partes.

Limpieza del anillo de aire.

El intervalo entre limpiezas del anillo de aire depende de la contaminación del ambiente donde está instalada la extrusora, porque puede existir polvo, partículas suspendidas en el aire, etc.

Una de las formas de identificar la suciedad del anillo, es cuando películas de espesores variados exceden los valores especificados.

Siempre se debe esperar a que el anillo se enfríe para poder desmontarlo; los componentes sucios deberán limpiarse con un cepillo o con aire comprimido.

4.4. Control del Mantenimiento.

El control del mantenimiento es uno de los elementos indispensables en la organización del mismo, porque nos permite conocer cuantas horas-hombre se han empleado y el gasto que se ha tenido que realizar en reparaciones y otros conceptos.

Una de las principales formas de llevar a cabo este control es realizando órdenes de trabajo, en las cuales se planifica y programa el mantenimiento.

Dependiendo del trabajo a realizarse, se puede tener OT permanentes o periódicas, la cual abarca los elementos a los cuales

se debe realizar mantenimiento periódico ya establecido, por ejemplo la lubricación de los rodamientos del eje, etc.; la OT normal, aquella que necesita requisitos para ser autorizada por un determinado grupo de mantenimiento de la empresa o ajena a ella.

En la figura 4.2 se muestra un formato para una orden de trabajo normal; generalmente las órdenes de trabajo periódicas se las realiza en programas computacionales, llevando así un control más eficiente.

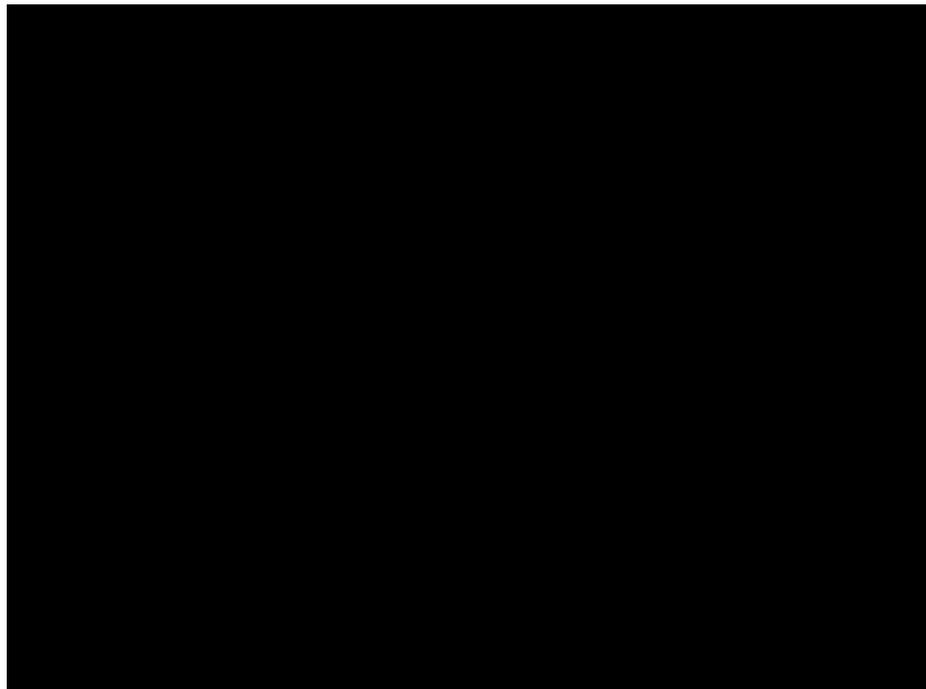


FIGURA 4.2 O.T. Normal

CAPÍTULO 5

5. REGLAS DE SEGURIDAD

En este capítulo se detallan algunas reglas de seguridad que se deben poner en práctica al momento de operar la máquina, además de ciertas precauciones que servirán para evitar futuros accidentes.

5.1. Precauciones y Accidentes

Antes de cualquier operación de mantenimiento que se realice en la máquina, se debe bloquear todas las fuentes de energía, eléctrica, hidráulica, neumática, potencial, etc.; además se debe esperar el enfriamiento de la misma, para evitar cualquier tipo de quemadura, recordando que en el procesamiento se alcanzan temperaturas altas.

No se debe usar el equipo cuando los paneles o las guardas de seguridad no se encuentran en su lugar, si existe alguna conexión

insegura, partes mecánicas desajustadas, o algún otro elemento que pueda perjudicar al operador.

Por esta razón se debe revisar la máquina en su totalidad antes de ser encendida y puesta en marcha.

Incumplir con estas advertencias, puede causar lesiones a los operarios, siendo estas las consecuencias más graves.

Además la máquina estaría expuesta a sufrir daños, que podrían provocar retrasos en la producción.

Muchos accidentes son causados por algunos individuos que de forma irresponsable no siguen las simples y fundamentales reglas de seguridad, además de las precauciones que se establecen.

Reconociendo la causa real y haciendo algo antes de que estos ocurran, se pueden prevenir los accidentes; la capacitación sobre seguridad industrial es uno de los caminos que solucionan estos problemas, más aún si día a día se recuerdan las reglas y normas a seguir.

Un operario cuidadoso y bien entrenado es el mejor seguro contra un accidente, en cualquier operación.

5.2 Reglas Generales de Seguridad.

La máquina tiene ciertas características, que la hacen segura para operar. Sin importar la experiencia del operador, las instrucciones de seguridad deben ser leídas cuidadosamente, completamente entendidas y aplicadas en los hábitos diarios de trabajo.

La configuración de la máquina, la limpieza, y las operaciones de mantenimiento, pueden variar; por lo tanto es esencial que todos los operarios practiquen los hábitos de trabajo seguro, puesto que previenen lesiones o accidentes indeseados. Cada estudiante u operario, debe estar equipado correctamente con implementos industriales tales como: cascos, mandiles, guantes, botas, gafas, etc.

Se debe asegurar siempre de apagar totalmente la máquina antes de cualquier operación de configuración, limpieza o mantenimiento del equipo.

Algunas de las reglas de seguridad que deben seguirse se propondrán a continuación.

- a. Leer y comprender el manual antes de intentar poner en servicio y operar la máquina.
- b. Familiarizarse con las reglas de seguridad y practicarlas.

- c. En caso de un accidente ocurrido mientras la máquina este funcionando, presionar el botón de parada de emergencia para detener la máquina en su totalidad.
- d. Advertir a otras personas sobre alguna acción que pueda ponerlos en peligro.
- e. Realizar la lubricación y el engrase en la máquina solamente cuando esta, este totalmente parada.
- f. Verificar que todas las protecciones han sido instaladas antes de poner en operación la extrusora.
- g. Cuando se trabaje sobre equipo eléctrico, la fuente de poder debe estar apagada para dejar a todos los circuitos sin alimentación, antes de que cualquier tipo de trabajo se realice sobre ellos. Cada interruptor debe ser probado por separado para verificar la ausencia de alimentación en ellos.
- h. Asegurarse de que todos los operarios tengan conocimiento de aquellas áreas y operaciones que requieran medidas adicionales de seguridad.
- i. Mantener limpio el piso alrededor de la máquina.
- j. Mantener los pasillos limpios.
- k. Colocar las herramientas en sus lugares respectivos luego de ser utilizadas.

Con el fin de evitar cualquier percance se detallará ciertos aspectos que no deben realizarse:

- a. No intente poner en marcha u operar la extrusora, sin antes haber leído y comprendido el manual.
- b. No retirar los dispositivos de seguridad, incluyendo los usados en la parte eléctrica.
- c. No encender la máquina a menos que esté totalmente seguro que no existe peligro para usted y sus compañeros de trabajo.
- d. No limpie o lubrique partes en movimiento de la extrusora.
- e. Personas no autorizadas no pueden operar la máquina.
- f. No usar joyas, corbatas o ropa suelta cerca del equipo en movimiento.
- g. No coloque herramientas sobre la máquina cuando esté funcionando.
- h. No introduzca las manos dentro de la máquina para realizar ajustes mientras esté operando.
- i. No coloque trapos o cualquier otro objeto sobre los rodillos cuando estén girando.
- j. No se suba a partes de la máquina que están en movimiento constante.
- k. No permitir juegos en el área de trabajo.

5.3 Descripción de Símbolos.

En esta sección se muestra los símbolos de seguridad que se encuentran en la máquina Extrusora Venus, a los cuales se debe prestarle mucha atención; a continuación se mencionará algo sobre ellos y se mostrará la forma que tienen.



FIGURA 5.1 Peligro de Descarga Eléctrica.

El símbolo de la figura 5.1 se encuentra principalmente en el Panel de Control, y en todos los circuitos eléctricos existentes en la extrusora, el cual sugiere una posibilidad de peligro si se actúa sobre ella cuando la máquina se encuentra encendida.



FIGURA 5.2 Peligro Cuidado con las poleas.

En la figura 5.2, se muestra una alerta sobre la caja que cubre las poleas para no poner las manos dentro de ella cuando la máquina está funcionando.

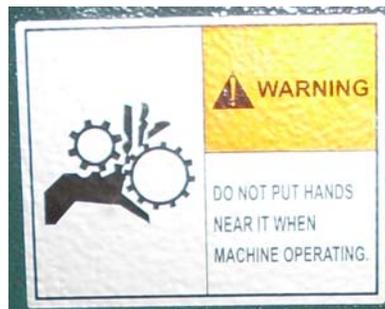


FIGURA 5.3 Peligro Cuidado con los engranes.

En este caso la figura 5.3 alerta sobre el peligro que existe cuando el reductor de velocidades está encendido.

En general estos símbolos se encuentran en todas las máquinas extrusoras de películas, en todos los casos se corre el riesgo de

perder las manos de una u otra forma; por esta razón es importante tomar en cuenta las reglas aquí establecidas.

CAPÍTULO 6

6. PROBLEMAS DURANTE EL PROCESAMIENTO.

Se plantearán algunos problemas que podrían presentarse y sus posibles soluciones.

6.1. Descripción de Problemas

Entre los problemas más comunes que se presentan se tienen los siguientes,

- ▮ Inestabilidad Vertical y Horizontal de la burbuja
- ▮ Mala resistencia al impacto al dardo
- ▮ Fractura de fundido
- ▮ Superficie rugosa
- ▮ Arrugas en los bordes de la película
- ▮ Boquilla sucia
- ▮ Excesiva variación de espesores

- ▮ Bajo rendimiento
- ▮ Excesiva presión
- ▮ Alta temperatura de fundido
- ▮ Bloqueo
- ▮ Turbidez

Se describirá algunos de ellos.

Fractura del Fundido

Arriba de una cierta velocidad de corte, o velocidad de flujo, la mayoría de los plásticos exhiben un fenómeno conocido como turbulencia elástica o fractura del fundido, término conocido en inglés como *melt fracture*. Esta es una de las manifestaciones del efecto elástico, asociado a la extrusión de polímeros.

Mientras que a bajas velocidades de corte o baja velocidad de flujo, se pueden obtener extruidos con superficie tersa; por encima de una velocidad de corte crítica, el extruido empieza a aparecer con distorsiones de forma helicoidal. La forma de la distorsión varía; sin embargo se reconoce que la causa primaria de la distorsión del extruido es la elasticidad del compuesto.

Superficie Rugosa

Este es un defecto de la superficie asociado con las condiciones a la salida del dado. Consiste en una serie de fisuras muy pequeñas o grietas, perpendicular a la dirección de extrusión. Se manifiesta inicialmente como una apariencia de acabado mate, y se agrava a medida que aumenta la velocidad de flujo, es más común encontrar este defecto en polímeros de alto peso molecular y estrecha distribución de pesos moleculares cuando se trabaja a temperaturas bajas.

Para eliminar este fenómeno se acostumbra aumentar la temperatura en el labio del dado; sin embargo, esto tiene un límite, puesto que una temperatura demasiado alta aumenta los requerimientos de enfriamiento.

Bloqueo

El bloqueo es el resultado de las altas temperaturas en la extrusión, un excesivo tratamiento electrónico en la película, condiciones desfavorables durante la extrusión o el almacenamiento; además de características finales de la película como baja densidad.

La fuerza con la que los rodillos de tiro arrastran la película y la presión con la que es embobinada también serían causas del bloqueo si fueran extremadamente altas.

Arrugas

Cuando la línea de enfriamiento es muy alta, causa un mínimo control al calibrar la circunferencia del globo, causando también una desigualdad en la película, originando arrugas en su superficie.

Si la película llega a los anillos de tiro demasiado fría, su dureza puede causar ondulaciones y por lo tanto las arrugas.

También se originan cuando la presión ejercida por los rodillos en la película no es uniforme, esto sucede cuando no están paralelos o se encuentran ligeramente excéntricos.

Cuando los rodillos auxiliares no se encuentran apropiadamente alineados con los de tiro también ocurren las arrugas.

Turbidez

Ocurre cuando:

- Se tiene baja relación de soplado
- Baja homogenización del material
- Baja línea de enfriamiento

6.2 Posibles Soluciones.

Se brindará algunos puntos para que sirvan como soluciones posibles a los problemas antes mencionados.

Inestabilidad Vertical de la burbuja

Para regresar la estabilidad a la burbuja se debe:

- Reducir la velocidad del aire de enfriamiento,
- Reducir la temperatura de fundido.
- Incrementar la relación de soplado.

Inestabilidad Horizontal de la burbuja

Para regresar la estabilidad se debe:

- Reducir la temperatura de fundido,
- Reducir la velocidad de aire de enfriamiento,
- Reducir la altura del cuello.

Mala resistencia al impacto al dardo

Para solucionar el problema, se debe:

- Aumentar la altura del cuello,
- Reducir la temperatura de fundido,

- Incrementar la relación de soplado, la velocidad de alimentación en el tornillo,
- Realizar siempre una limpieza en el cabezal.

Fractura de fundido y Superficie Rugosa

Para remediar ambos casos se necesita:

- Incrementar la temperatura del cabezal y de fundido,
- Aumentar la luz en el labio,
- Limpiarlo antes de operar la máquina.

Arrugas en los bordes de la película

Para eliminar las arrugas de la película se debe:

- Ajustar el marco de colapso,
- Buscar estabilidad en la burbuja;
- Ajustar la línea de enfriamiento, modificando la velocidad de extrusión y enviando más aire frío a la burbuja.

Excesiva variación de espesores

Para controlar esta variación se tiene que:

- Limpiar el cabezal y el anillo de enfriamiento;

- Comprobar el alineamiento del cabezal,
- Reducir la temperatura de fundido,
- Aumentar la temperatura en el cabezal.

Bajo rendimiento

La solución a este problema en algunos casos es:

- Bajar la temperatura del agua en la sección de alimentación y la temperatura de fundido.

Excesiva Presión

Se soluciona:

- Haciendo una buena limpieza al cabezal
- Ajustando los filtros
- Bajando el rendimiento en la operación si se requiere e incrementando la temperatura.

Alta temperatura de fundido

Se debe:

- Ajustar los filtros
- Bajar el rendimiento
- Aumentar la temperatura del agua en la zona de alimentación.

Bloqueo

Para terminar con este problema se necesita:

- Reducir la temperatura en el anillo de aire,
- Incrementar la distancia entre el dado y los rodillos de tiro,
- Ajustar parámetros de procesamiento para mejorar los resultados,
- Utilizar material adecuado,
- Reducir la presión ejercida por los rodillos en la película si es necesario.

Turbidez

Se puede corregirla:

- Utilizando una relación de soplado de 2 a 3,
- Levantando la línea de enfriamiento.

CAPÍTULO 7

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES.

1. Uno de los pasos más importantes en la extrusión de polímeros es la selección de la mezcla correcta; en el caso de la elaboración de películas de polietileno, se vuelve de suma importancia cuando se agregan aditivos y colorantes a la materia prima. Si no se equilibran los componentes antes de la operación, existirán problemas en la composición del producto final.
2. El estudiante u operario, debe conocer en su totalidad todos los componentes de la máquina extrusora, además del funcionamiento y la importancia que tiene cada uno en el proceso de fabricación; de no ser así, cuando alguna falla se presente, se perderá tiempo en buscar su origen.

3. Las reglas de seguridad estipuladas en este documento deben seguirse rigurosamente, de esta forma se evitará cualquier tipo de accidente por muy pequeño que parezca; la integridad de los operadores no debe ser perjudicada, así mismo se deberá prestar atención a los símbolos de seguridad marcados en la máquina. Es importante mencionar también, que no se podrá comenzar ninguna operación, mientras los operadores no usen el equipo de protección necesario.

4. La extrusora debe recibir un mantenimiento preventivo; para mantener el equipo funcionando correctamente, se debe tener en cuenta aquellas partes que necesitan limpieza; con lo cual se prolonga la vida útil del equipo.

5. Los parámetros de operación y control deben supervisarse cada cierto tiempo, principalmente si el producto presenta irregularidades, tales como bloqueo, arrugas, inestabilidad, etc.; para lo cual presentamos ciertas soluciones, que si bien no son las únicas, sirven para contrarrestar el problema.

RECOMENDACIONES.

1. Antes de comenzar la operación de la máquina y el proceso de producción, se debe revisar todo el conjunto, para verificar que no existan problemas que puedan interrumpir el procesamiento; en caso de existir alguno se debe tomar las medidas necesarias para su solución inmediata. No olvidar que el precalentamiento de la máquina debe durar como mínimo una hora y media, dependiendo de la temperatura de operación.
2. Jamás encienda el motor del tornillo extrusor cuando el cilindro o camisa este vacío, esto podría causar daños severos a la parte interna del cilindro y al mismo tornillo; sumando una para indeseada.
3. La materia prima debe estar almacenada de forma correcta, libre de impurezas y ubicada por tipos; de esta forma se mantendrá un orden al momento de seleccionar el producto.
4. La tolva se debe cargar de material cada cierto tiempo, es indispensable que el operario recuerde la composición exacta de la mezcla utilizada; para obtener una película uniforme y bien distribuida.
5. Calibrar la película es importante, por eso se debe estar pendiente del proceso de elaboración; revisando cada parte de la máquina,

verificando la estabilidad del globo, doblez de fuelle, espesor de película, entre otros parámetros que son de suma importancia en la composición del producto.

6. Se debe limpiar el dado de extrusión de películas con una malla de cobre o bronce y aplicar grasa de silicón a las superficies para evitar que el polímero se adhiera a las paredes del mismo; normalmente en las fábricas grandes, esto se hace cada dos semanas y en algunos casos depende de la calidad del producto final.
7. No se puede permitir que las temperaturas sean más altas durante la extrusión, porque dependiendo del tiempo de duración; causaría degradación en el polímero, resultando en partículas quemadas y un producto final indeseado.

APÉNDICES

APÉNDICE A

Temperatura de transición vítrea y de fusión de algunos polímeros comunes y sus principales usos

Polímero	Abreviatura	T _g (°C)	T _m (°C)	Principales Usos
Polietileno Alta Densidad	HDPE	-110	134	Extruido y moldeado
Polietileno Baja Densidad	LDPE	-110	115	Películas flexibles, artículos extruidos y moldeados
Poliestireno	PS	90 - 100	---	Artículos moldeados y extruidos transparentes; artículos de espuma
Polivinilcloruro	PVC	87	---	Artículos plastificados o de extrusión rígida, tubos, hojas, perfiles.
Polipropileno	PP	-10	165	Artículos rígidos extruidos y moldeados
Nylon 6 - 6	----	50	240	Fibras, moldeado y extrusión de artículos rígidos
Polietileno Tereftalato	PET	70	260	Fibras y películas transparentes

Polioximetileno	Acetal	-50	180	Componentes de ingeniería estructural moldeados y resistentes
Policarbonato	PC	150	---	Componentes estructurales, artículos moldeados resistentes y transparentes
Polimetilmetacrilato	PMMA	90-100	---	Hojas transparentes y artículos moldeados
Politetrafluoroetileno	PTFE	125	327	Tubos extruidos, sinterizado para el mecanizado de bloques, cintas, resistente a los solventes
Poliisobutileno	PIB	-70	---	Adhesivos, revestimientos de papel
Polibutadieno	---	-88	---	Caucho de estireno-butadieno (SBR); goma de nitrilo, resistente al aceite

APÉNDICE B

DEFINICIONES

Termoplástico: Es un plástico que a temperatura ambiente, es rígido o deformable, se derrite cuando se calienta y se endurece en estado vítreo cuando se enfría lo suficiente.

La mayor parte son polímeros de alto peso molecular, los cuales poseen cadenas asociadas por medio de débiles fuerzas Van der Waals; fuertes interacciones dipolo-dipolo y enlace de hidrógeno.

Los polímeros termoplásticos después de calentarse y moldearse, pueden recalentarse formando otros objetos; mientras que los termoestables, después de enfriarse su forma no cambia y arden.

Sus propiedades físicas cambian gradualmente si se funden y se moldean varias veces usando el llamado historial térmico, generalmente disminuyen estas propiedades.

Polimerización: Proceso químico por el que los monómeros, se agrupan químicamente entre sí, dando lugar a una molécula de gran peso, llamada polímero.

Existen ciertos tipos de polimerización, los principales son:

- Por elasticidad y condensación

- De crecimiento en cadena y en etapas

Polimerización por adición y condensación

Una polimerización es por adición si la molécula de monómero pasa a formar parte del polímero con pérdida de átomos, es decir, la composición química de la cadena resultante es igual a la resta de las composiciones químicas de los monómeros que la conforman.

La polimerización es por condensación si la macromolécula de monómero pierde átomos cuando pasa a formar parte del monómero, por lo general se pierde una molécula pequeña, como agua.

Polimerización por crecimiento en cadena y en etapas

En la polimerización por crecimiento en cadena, los monómeros pasan a formar parte de la cadena de uno en uno. Primero se forman dímeros, después trímeros, luego tetrámeros, etc.

En la polimerización por crecimiento en etapas, es posible que un oligómero reaccione con otros, por ejemplo un dímero con un trímero, un tetrámero con un dímero, etc., de forma que la cadena se incrementa en más de un monómero.

Macromoléculas: Son moléculas que tienen una masa molecular elevada, formadas por un gran número de átomos. Generalmente se pueden describir

como la repetición de un o unas pocas unidades de monómeros, formando polímeros.

Momento Dipolar: Se define como la medida de la intensidad de la fuerza de atracción entre dos átomos, es la expresión de la asimetría de la carga eléctrica. Está definido como el producto entre la distancia que separa las cargas o longitud de enlace y el valor de las cargas iguales y opuestas en un enlace químico.

Poliolefinas: Se denomina así a aquel polímero obtenido mediante la polimerización de olefinas. El término IUPAC para olefina es “alqueno”, por lo cual las poli olefinas también se les puede denominar polialquenos.

Catalizadores de Ziegler-Natta

Son complejos metálicos con propiedades catalíticas que permiten la polimerización estereoespecífica de alquenos.

Se componen de:

Cloruro de metal de transición, frecuentemente titanio pero también cobalto, níquel o neodimio.

Compuesto organometálico, habitualmente un alquil-aluminio.

La mayor parte de la producción de polietileno y de polipropileno se realiza mediante catalizadores Ziegler-Natta, además de otros polímeros de menor consumo como por ejemplo el polibutadieno.

APÉNDICE C

Especificaciones Técnicas

Motor Principal

Siemens	
P. 17.3 Kw	60 Hz
220/380 V	58.57/33.9 A
85 Kg	1760 rev/min

Blower Principal

3 PHASE	3 HP	2.2 Kw			
			RPM	MMAQ	M ³ /min
60 Hz	220 V	7.9 Amp	3500	350	40

Blower del Husillo

3 PHASE	0.2 Kw				
			RPM	MMAQ	M ³ /min
60 Hz	220 V	1.05 Amp	3300	90	6.5

Alimentador

Source	3 HP	220 V
OUTPUT	750 W	

Bandas y Poleas

Número de Bandas	Tipo	
4	V	SRB 1700 LW

Motor Rotatorio

¼ HP			
60 Hz	220 V	1 Amp	1110 RPM

Motor Bobinador

OUTPUT 30 Kg-cm			
220 V	60 Hz	3.6 Amp	800 RPM

Motor Rodillo de Tiro

0.86 Kw	
460 V	1.93 Amp
60 Hz	1695 RPM

BIBLIOGRAFÍA

1. VENUS PLASTIC MACHINERY CO., LTD., Installation and Operation Instructions for Extruded Blown Film System. Feb, 2009.
2. BAIRD DONALD, COLLIAS DIMITRIS, Polymer Processing Principles and Design. Wiley-Interscience Publication, 1998.
3. TADMOR ZEHEV, GOGOS COSTAS, Principles of Polymer Processing. Wiley-Interscience Publication.
4. RAMOS, Extrusión de Plásticos Principios Básicos, Editorial Limusa.
5. VARGAS, Organización del Mantenimiento Industrial, Editorial Series VZ.

Enlaces:

1. www.coramer.com Selector de Mezclas
2. www.a-toppolymers.com Blow Molding Polyethylene, Trouble Shooting Guide.