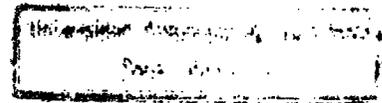


DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA LINEA DE EXTRUSION DE 60
MILIMETROS PARA LA FABRICACION DE PERFILES, TUBOS Y
MANGUERAS EN MATERIALES TERMOPLASTICOS.

JHON JAIRO GOMEZ PARDO
/)
ELSA LOPEZ SEVILLANO



13819



C.U.A.O.
BIBLIOTECA

CALI



CORPORACION UNIVERSITARIA AUTONOMA DE OCCIDENTE

DIVISION DE INGENIERIAS

PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA

1.991

Donacion - ELSA LOPEZ SEVILLANO - 16-14-91

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA LINEA DE EXTRUSION DE 60
MILIMETROS PARA LA FABRICACION DE PERFILES, TUBOS Y
MANGUERAS EN MATERIALES TERMOPLASTICOS.

JHON JAIRO GOMEZ PARDO
ELSA LOPEZ SEVILLANO

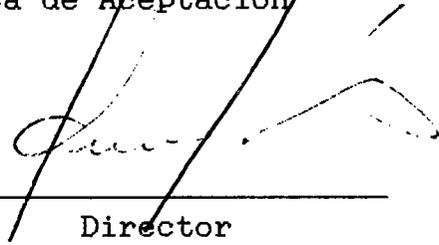
Presentado como prerrequisito
de grado para optar el título
de Ingeniero Mecánico.
Director de tesis Ingeniero
Adolfo León Gómez P.

CALI
CORPORACION UNIVERSITARIA AUTONOMA DE OCCIDENTE
DIVISION DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA

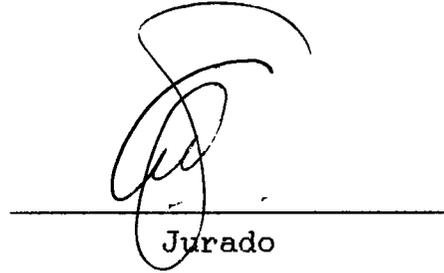
1.991

+
668.4-1
5633d

Nota de Aceptación



Director



Jurado

Santiago de Cali, Noviembre de 1.991

AGRADECIMIENTOS

Damos nuestro sincero agradecimiento a todas las personas que con sus enseñanzas, colaboración y paciencia hicieron posible la terminación de nuestro proyecto. En especial a nuestro director de tesis Ing. Adolfo León Gómez Perlaza, a los profesores Ings. Gerardo Cabrera, Waldo Duque, Jorge Caicedo, Jaime Sánchez, Héctor Sánchez, Julio Sinko, al director del programa de Ingeniería Mecánica, Ing. Alvaro Orozco.

Agradecimiento especial al Ing. Alfredo Camargo por sus sabios consejos.

DEDICATORIA

A nuestra madre y suegra Oliva Pardo

A nuestro padre y suegro Pedro Antonio López

A nuestros hijos Juan Sebastián, Juan Manuel, Luis Felipe
y John Jairo Jr.

A nuestros profesores.

A nuestra familia y amigos.

A todas las personas que colaboraron de diferente manera
para el logro de nuestra tesis.

Donado - Elos Pps Secundario - XI- 14- 91

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION.	1
1. OBJETIVOS GENERALES.	3
2. ESTRUCTURA Y PROPIEDADES DE LOS PLASTICOS PARA EXTRUSION.	4
2.1. PROPIEDADES DE LOS PLASTICOS.	4
2.2. TERMOPLASTICOS.	5
2.2.1. Dos Tipos de Termoplásticos.	5
2.3. TERMOESTABLES.	6
2.4. DIFERENCIAS ENTRE TERMOPLASTICOS Y TERMOESTABLES.	7
2.4.1. Termoplásticos.	7
2.4.2. Termoestables.	7
2.5. FORMAS COMUNES DE LOS MATERIALES PLASTICOS.	7
2.5.1. Gránulos.	7
2.5.2. Bolitas.	7
2.5.3. Polvos.	8
2.5.4. Remolino.	8
2.6. TIPOS DE POLIMEROS.	8
2.7. PROPIEDADES QUE AFECTAN LA ELABORACION DE PLASTICOS.	9

	Págs.
2.7.1. Plásticos Semicristalinos.	12
2.8. PLASTICOS AMORFOS.	13
2.9. DIFERENCIAS ENTRE PLASTICOS CRISTALINOS Y AMORFOS.	14
2.9.1. Grado de Cristalinidad.	14
2.9.2. Contracción.	15
2.10. FACTORES QUE AFECTAN LAS PROPIEDADES DE LOS PLASTICOS DURANTE EL PROCESO.	16
2.10.1. Tiempo de Inducción.	16
2.10.2. Aditivos.	17
2.10.2.1. Estabilizadores de Calor.	17
2.10.2.2. Antioxidante.	18
2.10.2.3. Estabilizadores Ultravioleta.	18
2.10.2.4. Otros Aditivos.	18
2.10.2.5. Sumario.	18
3. FUSION DE PLASTICO Y PROPIEDADES DEL FLUJO	20
3.1. FACTORES QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO DEL PLASTICO DURANTE LA EXTRUSION.	20
3.1.1. Calentamiento.	20
3.2. FLUJO.	21
3.3. VELOCIDAD DE CIZALLA ENTRE MOLECULAS.	22
3.4. ESFUERZO DE CIZALLA.	23
3.5. ORIENTACION MOLECULAR.	24
3.6. PERFIL DE VELOCIDAD PARA MOLECULAS DE POLIMEROS MAS LARGAS.	25

	Págs.
3.7. COMO AFECTA LA ORIENTACION MOLECULAR LOS PRODUCTOS EXTRUIDOS.	26
3.8. ANISOTROPIA.	26
3.9. VISCOSIDAD.	28
3.10. NUMERO DE INDICE DE LEY DE POTENCIA (POWER LAW INDEX NUMBER).	30
3.11. NUMERO QUE INDICA EL MELT INDEX FLOW.	33
3.12. OTROS FACTORES QUE AFECTAN LA VISCOSIDAD DEL PLASTICO.	35
3.12.1. Temperatura.	35
3.12.2. Reglas Generales de los Cambios de Viscosidad.	35
3.12.2.1. Plásticos Amorfos.	35
3.12.2.2. Plásticos Semicristalinos.	36
3.12.2.3. Degradación.	36
4. EL EXTRUDER PLASTIFICADOR.	38
4.1. EXTRUSION DE PLASTICOS.	38
4.1.1. Historia.	38
4.1.2. Productos Presente Hoy.	39
4.2. EXTRUSORAS.	39
4.3. EXTRUDER EN OPERACION.	40
4.4. PRINCIPALES SISTEMAS DE LA EXTRUSORA.	42
4.4.1. Sistemas de Transmisión.	42
4.5. SISTEMA DE ALIMENTACION DEL PLASTICO.	45
4.6. TORNILLO, CILINDRO Y SISTEMA DE CALEFACCION.	46
4.6.1. El Tornillo.	46

	Pág.
4.6.2. Cilindro.	50
4.6.3. Sistemas de Calefacción del Cilindro.	51
4.7. PLATO ROMPEDOR.	51
4.7.1. Tamices.	52
4.7.2. Brida para Soporte del Cabezal.	52
4.7.3. Boquillas.	52
4.8. SISTEMAS DE CONTROL PARA EXTRUSORAS.	54
4.9. VARIACION DISEÑO EN LAS EXTRUSORAS.	56
4.9.1. Extrusora de Dos Etapas.	56
4.9.2. Extrusora de Tornillos Gemelos.	57
4.9.3. Extrusora con Bomba de Engranaje.	58
4.9.4. Extrusoras de Pistón.	59
4.9.5. Extrusora de Disco.	59
5. COMPORTAMIENTO DEL PLASTICO EN LA EXTRUSORA.	61
5.1. SEIS ZONAS FUNCIONALES EN UNA EXTRUSORA.	61
5.1.1. Zona de Transporte de Sólidos.	61
5.1.2. Zona de Plastificación o Mezclado.	61
5.1.3. Zona de Transporte del Fundido.	61
5.1.4. Zona de Mezcla.	62
5.1.5. Zona de Devolatización.	62
5.1.6. Zona de Boquilla.	62
5.2. ALIMENTACION DE LA EXTRUSORA.	62
5.2.1. Densidad del Plástico.	63
5.2.2. Densidad del Plástico Virgen.	63
5.3. Proceso de Fusión del Plástico.	63

	Págs.
5.3.1. Dos Sistemas de Calefacción del Cilindro.	63
5.4. VARIABLES QUE AFECTAN EL RANGO DE LA MEZCLA.	65
5.4.1. El Ancho de la Capa Sólida.	65
5.4.2. Espesor de la Película Fundida.	66
5.4.3. Flujo de Escape.	70
5.5. DISPOSITIVO DE MEZCLA EN EL TORNILLO	70
5.5.1. Mezcladores Distributivos.	71
5.5.2. Mezclador Dispersivo.	71
5.6. CALCULOS DEL RENDIMIENTO DE LA EXTRUSORA.	73
5.6.1. Efectos del Índice de Ley de Potencia (Power Law Index).	75
6. CONTROLES DE OPERACION DE LA EXTRUSORA.	77
6.1. FACTORES QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO DEL PLASTICO Y PROPIEDADES DEL PRODUCTO.	77
6.2. CONDICIONES QUE AFECTAN LAS CONDICIONES DEL PRODUCTO EN LA POST-EXTRUSION.	78
6.3. PROPIEDADES DEL PRODUCTO EXTRUIDO.	79
6.4. EFECTOS DE LOS AJUSTES DE CONTROL EN EL PROCESO DE EXTRUSION.	80
6.4.1. Incremento de la Temperatura en la Zona de Dosificación.	80
7. PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE Y PARADA DE LA LINEA DE EXTRUSION.	82
8. DISEÑO DE LA MAQUINA EXTRUSORA.	86

	Págs.
8.1. CALCULOS DE LA FUERZA RESULTANTE (RY) SOBRE EL EJE DE ACCIONAMIENTO DEL HUSILLO DEBIDO AL REDUCTOR Y CORREAS DE TRANSMISION.	88
8.2. CALCULO DE LAS REACCIONES EN EL EJE DE ACCIONAMIENTO EN LOS EJES X, Y, Z.	90
8.3. CALCULO DE LAS REACCIONES EN EL EJE Z.	91
8.3.1. Cálculo de las Reacciones en el eje Y.	92
8.3.2. Cálculo de la Reacción en el Eje X.	92
8.4. CALCULO DEL MOMENTO FLECTOR RESULTANTE EN EL EJE DE ACCIONAMIENTO DEBIDO AL PESO DEL REDUCTOR Y A LAS CORREAS EN LA SECCION CRITICA.	93
8.5. CALCULO POR RESISTENCIA PARA EJE DE ACCIONAMIENTO EN LA SECCION CRITICA.	94
8.6. CALCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD POR RESISTENCIA EN FLEXION.	96
8.7. CALCULO POR RIGIDEZ EN FLEXION.	97
8.8. CALCULO DEL EJE DE ACCIONAMIENTO POR RIGIDEZ EN TORSION.	98
8.9. CALCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD DEL EJE DE ACCIONAMIENTO POR ESFUERZOS COMBINADOS.	100
8.10. CALCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD DEL EJE DE ACCIONAMIENTO POR MOMENTOS FLECTOR Y TORSOR.	102
8.11. CALCULO DE LA CUÑA DEL REDUCTOR DE VELOCIDAD LA CALCULAMOS POR RESISTENCIA EN ESFUERZO CORTANTE.	103

Págs.	
104	8.12. DISEÑO DEL TORNILLO PLASTIFICADOR.
108	8.13. CALCULO DEL TORNILLO POR RESISTENCIA AL PUNDO.
110	8.14. SELECCION DE LAS CORREAS DE TRANSMISION.
111	8.15. SELECCION DEL REDUCTOR.
113	8.16. SELECCION DEL MOTOR DE ACCIONAMIENTO.
114	8.17. SELECCION DEL CILINDRO PLASTIFICADOR.
	8.18. SELECCION DE LOS RODAMIENTOS RADIALES PARA EL
115	EJE DE ACCIONAMIENTO.
116	8.19. SELECCION DE RODAMIENTO AXIAL.
117	8.20. UNIDAD DE CALIBRACION Y ENFRIAMIENTO.
121	8.21. UNIDAD DE ARRASTRE.
122	CONCLUSIONES.
125	BIBLIOGRAFIA.
	ANEXOS.

RESUMEN

En los primeros capítulos se tratan los temas de la naturaleza de los plásticos, su comportamiento reológico en la extrusora, se analizan los esfuerzos a que están sometidos los plásticos dentro de la extrusora y su comportamiento. Se hace una descripción detallada de la máquina extrusora indicando tipos de máquinas y diferentes diseños de tornillos y aplicaciones. Hacemos énfasis en los controles y operación de los equipos para obtener un producto extruido de excelente calidad.

A continuación, en el capítulo 8 tratamos el tema del diseño mecánico de la máquina extrusora a saber:

- Cálculo del eje de accionamiento.
- Cálculo del tornillo.
- Selección del motor de accionamiento.
- Selección del reductor de velocidad.
- Selección de las correas y poleas.
- Selección de rodamientos radiales.
- Selección de rodamiento axial.

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. Molécula de Polímero.	4
FIGURA 2. Dos Tipos de Termoplásticos.	5
FIGURA 3. Eslabonamiento Cruzado de los Termoestables.	6
FIGURA 4. Peso Molecular Promedio.	9
FIGURA 5. Distribución de Peso Molecular.	10
FIGURA 6. Ramificación.	11
FIGURA 7. Ramificación de Polietileno.	12
FIGURA 8. Extractora Cristalina de Cadena Ondulada.	13
FIGURA 9. Energía Requerida para Calentar Plásticos Cristalinos y Amorfos.	15
FIGURA 10. Tiempo de Inducción para el Polietileno.	17
FIGURA 11. Comportamiento de las Moléculas de Plástico cuando son Calentadas.	20
FIGURA 12. Perfil de Velocidad para Moléculas de Agua Fluyendo en un Tubo.	21
FIGURA 13. Velocidad de Cizalla entre Moléculas.	23
FIGURA 14. Esfuerzo de Cizalla entre Moléculas.	24
FIGURA 15. Causas de Orientación Molecular.	25

	Pág.
FIGURA 16. Perfiles de Velocidad para Moléculas más Largas.	25
FIGURA 17. Como Afecta la Orientación Molecular a Los Productos Obstruidos.	26
FIGURA 18. Dirección de las Propiedades de Resistencia a los productos Extruidos.	27
FIGURA 19. Grado de Orientación Molecular en Piezas Terminadas en Plástico.	28
FIGURA 20. Velocidad de Cizalla Vs. Viscosidad para Fluidos Mewtonianos.	28
FIGURA 21. Descripción de la Orientación para Moléculas Largas.	29
FIGURA 22. Cambio de Viscosidad debido al Flujo.	30
FIGURA 23. Equipo para Prueba de Melt Index.	31
FIGURA 24. Prueba que Indica el Indice de Fusión en un Plástico.	33
FIGURA 25. Viscosidad del Poliestileno a varias Temperaturas.	35
FIGURA 26. Cambio en la Viscosidad contra la Velocidad de Cizalla.	36
FIGURA 27. Cambio en la Viscosidad contra la Velocidad de Cizalla causada por un Eslabonamiento Cruzado de Moléculas.	37
FIGURA 28. Descripción de la Línea de Extrusión en Operación.	40

	Pág.
FIGURA 29. Accionamiento Directo.	43
FIGURA 30. Accionamiento Indirecto.	43
FIGURA 31. Montaje del Cojinete de Empuje.	44
FIGURA 32. Tornillo.	45
FIGURA 33. Tornillo, Cilindro y Sistema de Calentamiento.	46
FIGURA 34. Especificaciones del Tornillo.	47
FIGURA 35. Secciones de un Tornillo.	48
FIGURA 36. Tornillo de Paso Cuadrado.	49
FIGURA 37. Boquilla para Fabricación de Tubería.	53
FIGURA 38. Extrusión de Dos Etapas.	56
FIGURA 39. Extrusora de Tornillos Gemelos.	57
FIGURA 40. Extrusora con Bomba de Engranaje.	58
FIGURA 41. Extrusora de Pistón.	59
FIGURA 42. Extrusora de Disco.	60
FIGURA 43. Cómo se Genera el Calor Viscoso.	64
FIGURA 44. Cómo Afecta el Ancho de la Capa Sólida el Rango de Mezclado.	65
FIGURA 45. Ancho de la Capa Sólida.	66
FIGURA 46. Zona de Transporte del Plástico Fundido.	67
FIGURA 47. Perfil de Velocidad del Flujo Plástico.	68
FIGURA 48. Perfil de Velocidad para Presión de Flujo.	69
FIGURA 49. Combinación Flujo Transportado, Flujo de Presión y Perfil de Velocidad.	69
FIGURA 50. Mezclador Distributivo.	71

	Pág.
FIGURA 51. Mezclador Dispersivo.	72
FIGURA 52. Cálculos del Flujo Plástico Transportado.	73
FIGURA 53. Cálculos de Presión del Flujo.	74
FIGURA 54. Comparación de Plásticos con Diferentes Indices de Ley de Potencia.	75
FIGURA 55. Cálculos de la Fuerza Resultante (RY) Sobre el Eje de Accionamiento del Husillo Debido al Reductor y Correas.	88
FIGURA 56. Reacciones en los ejes X, Y, Z.	90
FIGURA 57. Reacciones en el Eje Z.	91
FIGURA 58. Reacciones en el Eje Y.	92
FIGURA 59. Reacciones en el X.	93
FIGURA 60. Eje de Accionamiento Rigidez en Torsión.	98
FIGURA 61. Cuña de Reductor.	103
FIGURA 62. Dimensiones del Tornillo.	104
FIGURA 63. Esfuerzo Cortante del Tornillo.	105
FIGURA 64. Fuerzas que Actúan sobre el Tornillo.	105

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1. Controles de Temperatura Pirometros.
- Anexo 2. Tornillos, Diferentes diseños.
- Anexo 3. Máquina Extrusora.
- Anexo 4. Correas de Transmisión.
- Anexo 5. Reductor de Velocidades.
- Anexo 6. Motor de Accionamiento.
- Anexo 7. Cilindro.
- Anexo 8. Rodamientos Radiales.
- Anexo 9. Rodamiento Axial.
- Anexo 10. Unidad de Calibración y Enfriamiento.
- Anexo 11. Unidad de Arrastre.

INTRODUCCION.

La extrusora es indiscutiblemente la pieza más importante de la maquinaria para la industria del procesamiento de polímeros.

Hemos diseñado y construido una máquina capaz de procesar PVC Rígido. PVC Blando, Polipropileno y Polietileno, así mismo se han hecho pruebas exitosas para la elaboración de los siguientes productos: mangueras en pvc flexibles, mangueras en polietileno, mangueras en pvc flexible para aplicación en medicina (venoclises), pitillos para refrescos, mallas plásticas (para empaque de hortalizas y flores de exportación). En la construcción de este equipo se utilizaron piezas importadas a saber: motor de corriente continua con control de velocidad electrónico, reductor de velocidad tipo Shaft Mounted, y Cilindro bimetálico.

Para la construcción de este equipo obtuvimos recursos de la Corporación Financiera Popular, la cual financió el 40% del proyecto.

Se dió inicio a una pequeña empresa que actualmente vende sus productos al sector exportador de flores principalmente, se han generado catorce empleos directos.

1. OBJETIVOS GENERALES.

Construcción de una línea de extrusión de 60 milímetros para la fabricación de tubos, perfiles y mangueras en materiales termoplásticos.

En la construcción de la máquina se aplicará el diseño modular que permita mayor versatilidad, de tal manera que con la misma extrusora y diferentes equipos complementarios podamos producir una amplia variedad de productos extruídos.

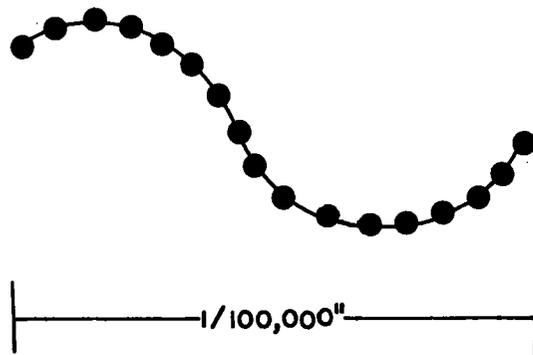
La máquina está concebida para trabajar los diferentes termoplásticos a saber: PVC rígido, PVC blando, polietileno de alta densidad, polietileno de baja densidad y polipropileno.

La parte más importante del proyecto la constituye la terminación y puesta en marcha del equipo, creando una empresa que en estos momentos está en operación fabricando artículos de empaque para los exportadores de flores (mallas plásticas y pitillos).

2. ESTRUCTURA Y PROPIEDADES DE LOS PLASTICOS PARA EXTRUSION.

2.1. PROPIEDADES DE LOS PLASTICOS.

Los plásticos son moléculas muy largas llamadas moléculas de polímero con varios aditivos puestos en ellas.



MOLECULA DE POLIMERO
Figura 1

Pensando en una molécula de polímero como un cuerda de bolitas, cada bolita en la cadena es llamada monómero. Cientos o hasta miles de unidades de monómeros son conectadas entre sí para formar una molécula de polímero. Las moléculas de polímero tiene una longitud típica de

1/100000" y son entre 500 a 1000 veces más largas que su espesor.

El proceso químico de adición para juntar unidades de monómero para hacer moléculas de polímero se denomina polimerización.

2.2. TERMOPLASTICOS.

Es uno de los dos tipos generales de polímeros. La palabra termoplásticos quiere decir maleable al calor.

Cada vez que un termoplástico es calentado, sus moléculas empiezan a fluir y luego pueden ser transformadas.

Ejemplos de termoplásticos son polietileno, polipropileno, polivinilcloruro (PVC), poliestireno, acrílico y abs.

2.2.1. Dos Tipos de Termoplásticos.

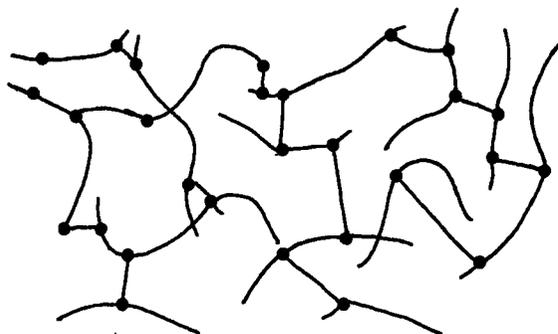


DOS TIPOS DE TERMOPLASTICOS.
Figura 2

Hay dos tipos generales de termoplásticos. Las moléculas lineales no tienen bifurcaciones a sus lados. Las moléculas ramificadas tienen una serie de bifurcaciones que se extienden por fuera de la molécula. Figura 2.

2.3. TERMOESTABLES.

Es otro tipo general de plásticos, la palabra termoestable quiere decir estable al calor.



ESLABONAMIENTO CRUZADO DE LOS TERMOESTABLES.
Figura 3

Las moléculas de los termoestables son también largas y delgadas. Ellas difieren de los termoplásticos en que ciertamente alcanzan una temperatura crítica, una reacción crítica llamada de eslabonamiento cruzado donde las moléculas se juntan cada una con las otras formando una cadena molecular tridimensional. La estructura completa pasa a ser rígida por el eslabonamiento cruzado entre las moléculas. Calentando un plástico termoestable

después de que ha ocurrido la reacción de eslabonamiento no se logra ablandarlo, ha sido estable por el calor.

2.4. DIFERENCIAS ENTRE TERMOPLASTICOS Y TERMOESTABLES.

2.4.1. Termoplásticos. Pueden ser calentados y remoldeados muchas veces.

2.4.2. Termoestables. Pueden ser calentados y moldeados solo una vez. El eslabonamiento cruzado ocurre cuando se forma una cadena rígida tridimensional.

En la extrusión convencional se usan solamente termoplásticos.

2.5 FORMAS COMUNES DE LOS MATERIALES PLASTICOS.

El aspecto del material afecta grandemente la capacidad del tornillo de la extrusora para alimentar y fundir el plástico.

2.5.1. Gránulos. Los plásticos que han sido estruídos como una varilla son cortados luego en pequeñas longitudes, forma muy común.

2.5.2. Bolitas. Pequeños esferas plásticas.

2.5.3. Polvos. Requiere especial manejo y diseño apropiado del tornillo.

2.5.4. Remolido. Aspecto irregular del plástico previamente extruido que ha sido alimentado dentro de un molino.

2.6. TIPOS DE POLIMEROS.

Hay más de 55 tipos de polimeros individuales disponibles en el mercado.

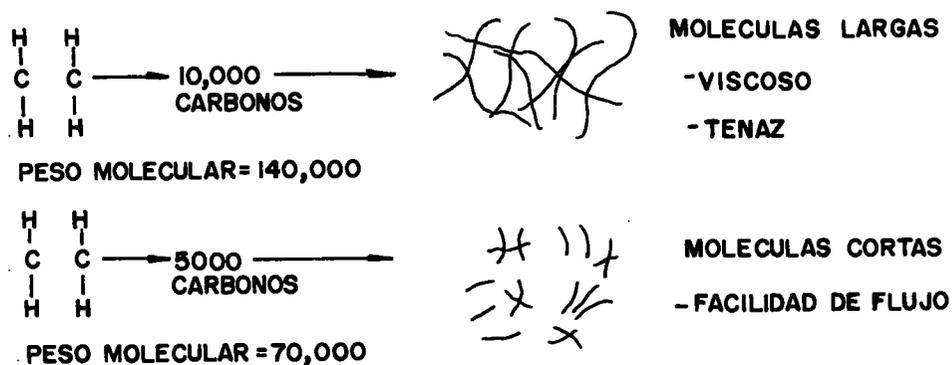
Copolimeros dos o más tipos de monómeros se colocan dentro de un reactor para hacer una combinación de plástico.

Ejemplo: ABS (Acrinolitriilo y butadieno). Es una combinación plástica compuesta de tres tipos de polimeros, acrinolitriilo, y poliestireno son plásticos. Butadieno es un tipo de caucho. Miles de diferentes formulaciones de ABS son aprovechables, en cada caso agrupando propiedades convenientes para productos específicos.

Mezclas de polimeros polimerizados previamente son mezclados juntos.

Combinando plásticos uno de los dos un copolimero o mezclas se puede dar un amplio rango de propiedades a los plásticos.

2.7. PROPIEDADES QUE AFECTAN LA ELABORACION DE PLASTICOS.



PESO MOLECULAR PROMEDIO.

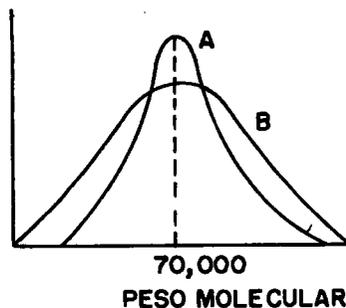
Figura 4

En algunos procesos de polimerización se pueden tener diferentes longitudes de moléculas. Las moléculas más largas pueden tener alto peso molecular.

Por ejemplo el promedio de longitud de un polietileno de un proveedor particular podrá ser de 10.000 carbonos de largo, su peso molecular es de 140.000. Puede también ser polimerizado y tener una longitud promedio de 5.000 carbonos de largo, su peso molecular será entonces 70.000. Ellos son polietileno, sin embargo las variaciones en el peso molecular serán causa de algunas

diferencias en las propiedades de los dos plásticos. Por ejemplo, toma más presión en la extrusora un polímero de peso molecular alto que un polímero con peso molecular bajo. Un polímero fundido con moléculas largas es muy viscoso y no podrá fluir tan fácilmente como un polímero que tiene las moléculas cortas. La razón es que las moléculas más largas son más enredadas que cualquier otra.

Un polímero con peso molecular alto también produce un producto extruido con mejor tenacidad y resistencia al impacto.



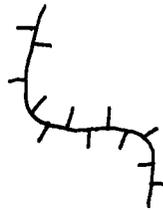
DISTRIBUCION DE PESO MOLECULAR

Figura 5

La distribución de peso molecular es otro factor que afecta las propiedades del proceso de plásticos. La figura 1-5 muestra dos plásticos del mismo tipo químico. Ambos tienen un promedio de peso molecular de 70.000. Pero hay una diferencia en la proporción de moléculas

cortas y largas en cada formulaci3n de plastico. B tiene un amplio rango de tama1o de mol3culas, m1s cortas y largas. Esto es importante porque la proporci3n de mol3culas largas y cortas afecta las condiciones del proceso y las propiedades del producto pl1stico terminado.

Estos dos pl1sticos teniendo estructuras moleculares id3nticas y promedios de peso molecular id3nticos, no tendr1n las mismas propiedades f1sicas y de proceso si su distribuci3n de peso moleculares varian.



RAMIFICACION.

Figura 6

Ramificaci3n es cuando ocurre la polimerizaci3n no solamente a lo largo de la cadena central de la mol3cula sino tambi3n fuera de ella, como las ramas de un 1rbol.



RAMIFICACION DE POLIETILENO.
Figura 7

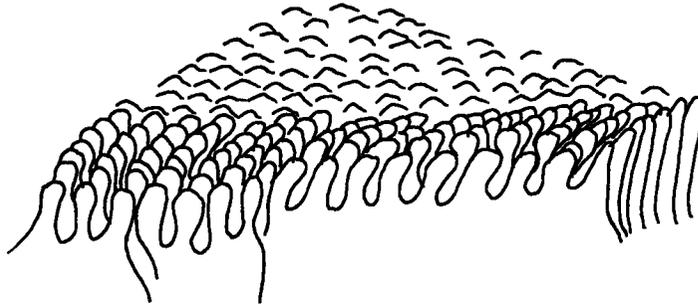
El polietileno es un ejemplo de un plástico con ramificación característica. El polietileno de baja densidad tiene de 10 a 30 ramos por 1000 átomos de carbono en la cadena. El polietileno de alta densidad típicamente tiene de una a tres ramos por 1000 átomos de carbono.

La cantidad de ramificaciones en una molécula de plástico afecta:

- La densidad
- La resistencia a la tracción
- Rigidez
- Contracción
- Comportamiento en la extrusora

2.7.1. Plásticos Semicristalinos. Las estructuras cristalinas existen solamente bajo una cierta

temperatura. Definida como la "Temperatura de Fusión". La estructura cristalina es causada por fuerzas moleculares internas, no por fuerzas externas.



ESTRUCTURA CRISTALINA DE CADENA ONDULADA.
Figura 8

Muchos plásticos cristalinos forman una estructura cristalina similar a la figura 8. Cada molécula larga se dobla cerca a su vecino como onda estacionaria.

2.8. PLASTICOS AMORFOS.

Tienen una estructura molecular no organizada. Las moléculas pueden dirigirse en cualquier dirección.

Su temperatura de fusión no es específica, cuando se calientan ellos se vuelven más y más blandos.

Ejemplos:

- Acrílicos
- Poliestireno
- Abs
- Policarbonato

2.9. DIFERENCIAS ENTRE PLÁSTICOS CRISTALINOS Y AMORFOS.

2.9.1. Grado de Cristalinidad. Plásticos conocidos como cristalinos, como acetal, polipropileno y polietileno de alta densidad son actualmente semi-cristalinos. Ellos tienen regiones de ambas estructuras cristalinas y amorfas. Los cristales están inmersos en una matriz amorfa. Las regiones cristalinas son duras, frágiles y densas.

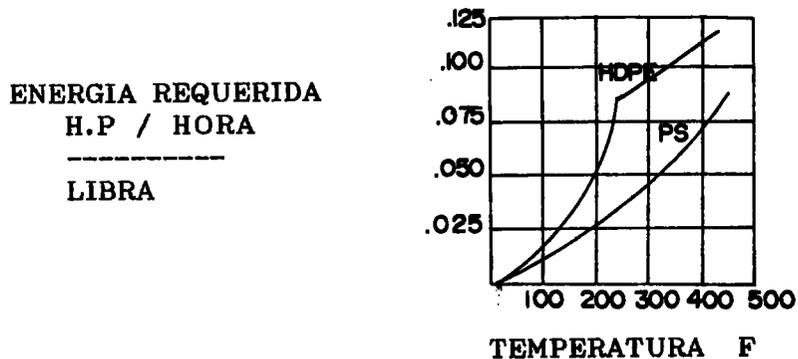
Las regiones amorfas, en el mismo tipo de plástico son más blandas, menos frágiles y tienen una más baja densidad.

Ejemplo:

El polietileno de alta densidad (HDPE) tiene un grado de cristalinidad del 80 al 90%.

El PVC tiene un grado de cristalinidad del 10 al 15%. El

grado cristalinidad afecta la cantidad de calor necesario para llevar el plástico hasta la temperatura de proceso.



ENERGIA REQUERIDA PARA CALENTAR PLASTICOS CRISTALINOS Y AMORFOS.
Figura 9

La figura 9 muestra que es requerida más energía para calentar un plástico cristalino (HDPE) para llevarlo a la temperatura de proceso, que para hacer calentar un plástico amorfo hasta la temperatura de proceso (poliestireno PS).

Si calentamos dos de estos plásticos hasta 400 grados F. para procesarlos, la energía requerida para el HDPE es 0.110 HP x HR/LB y la energía requerida por el poliestireno es 0.6 HP, HR/LB.

2.9.2. Contracción. Los plásticos cristalinos se expanden más que los plásticos amorfos cuando se calientan y se contraen más cuando se enfrían; una contracción típica de un plástico cristalino es de

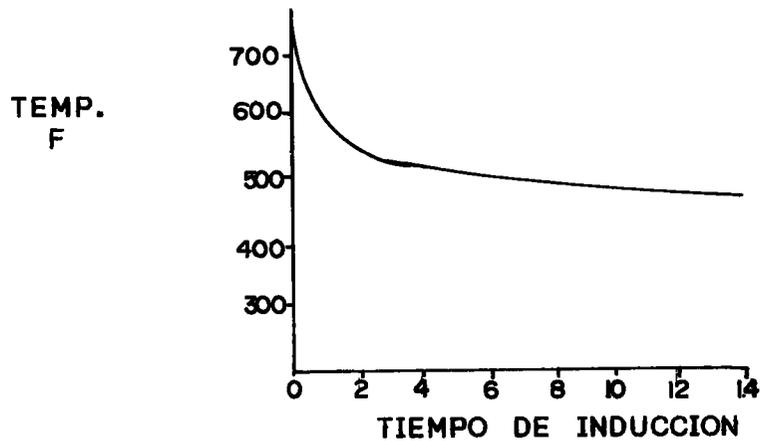
alrededor de 0.012" a 0.025" pulgadas por pulgada, luego de enfriarse desde la temperatura de proceso hasta la temperatura ambiente.

2.10. FACTORES QUE AFECTAN LAS PROPIEDADES DE LOS PLASTICOS DURANTE EL PROCESO.

La degradación es la pérdida de propiedades que ocurren durante el proceso o en su uso.

A menudo el rompimiento de las moléculas largas se debe al sobrecalentamiento del plástico. Esto es llamado degradación térmica. También puede estar ligado a algunos átomos inconvenientes o moléculas de la cadena de polímeros.

2.10.1. Tiempo de Inducción. Es una prueba que permite determinar la resistencia de un polímero a la degradación térmica, y está determinada por el tiempo que toma el plástico en alcanzar la temperatura donde se empiezan a ver los efectos de la degradación térmica.



TIEMPO DE INDUCCION PARA EL POLIETILENO.
Figura 10

La figura 10 muestra el tiempo de inducción cuando varias temperaturas y tiempos de calentamiento son usadas para un plástico particular. El tiempo de inducción se vuelve más largo cuando la temperatura de proceso es más baja y más corto cuando la temperatura es más alta. Una gráfica de este tipo es utilizada para determinar la estabilidad térmica de un plástico a temperaturas elevadas.

2.10.2. ADITIVOS.

A menudo se colocan en el plástico para proteger contra degradaciones o para alterar algunas propiedades de los plásticos.

2.10.2.1. Estabilizadores de Calor. Se colocan en el

plástico para ayudar a proteger las moléculas del plástico que están siendo alteradas ó degradadas por el calor durante el proceso.

2.10.2.2. Anti-oxidantes. Se colocan en el plástico para reducir los efectos del ataque del oxígeno en los polímeros. El oxígeno a la temperatura de proceso puede causar degradación.

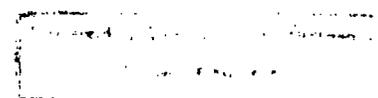
2.10.2.3. Estabilizadores Ultravioleta. Usados para ayudar a reducir los efectos nocivos de la luz del sol y otros rayos ultravioletas.

2.10.2.4. Otros Aditivos. Otros aditivos tales como colorantes, agentes espumantes, lubricantes, plastificadores, retardantes del llama y agentes anti-estáticos. Afectan las propiedades de los productos plásticos terminados.

2.10.2.5. Sumario.

- Las variaciones que afectan el proceso y las propiedades de los plásticos son:
- Las características químicas de las moléculas de los polímeros.
- El peso molecular y la distribución de peso.

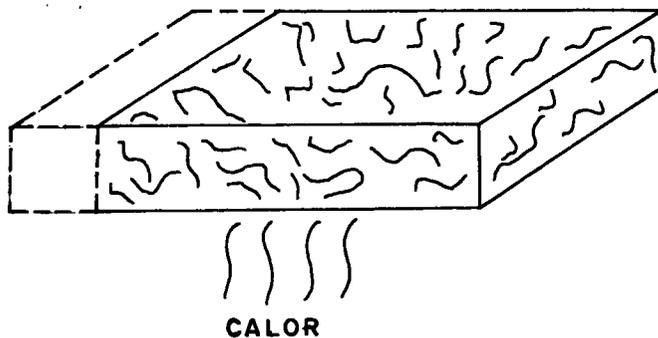
- El eslabonamiento cruzado de los plásticos en cualquier grado y que el plástico sea ramificado o lineal.
- La copolimerización mezclas o combinación que es usada para obtener propiedades específicas.
- La cantidad de estructuras cristalinas ó amorfas.
- Los aditivos que se colocan en el plástico.
- Las condiciones de proceso de ellos mismos.



3. FUSION DEL PLASTICO Y PROPIEDADES DEL FLUJO.

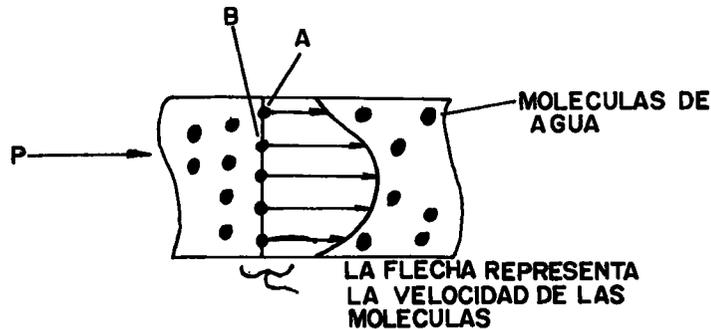
3.1. FACTORES QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO DEL PLASTICO DURANTE LA EXTRUSION.

3.1.1. Calentamiento. Las moléculas de plástico se expanden al ser calentadas incrementando el volumen o espacio ocupado por el plástico, cada molécula se mueve lo más distante de su molécula vecina hasta que eventualmente el flujo del plástico puede ocurrir.



COMPORTAMIENTO DE LAS MOLECULAS DE PLASTICO CUANDO SON CALENTADAS
Figura 11

3.2. FLUJO.



PERFIL DE VELOCIDAD PARA MOLECULAS DE AGUA FLUYENDO EN UN TUBO.
Figura 12

Cada punto en esta gráfica representa un molécula de agua. La molécula A se pega a la pared del tubo así que hay fricción entre ellas y la pared; esto hace que disminuya la velocidad del fluido en las paredes del tubo; se representa por la longitud de la flecha B (figura 12).

La molécula B se mueve un poco más rápido porque esta más distante de la pared del tubo y la fricción es menor.

La flecha más larga representa una velocidad mayor.

Continuando a través de la corriente del fluido vemos que las moléculas en el centro se mueven más rápido, luego hay un decrecimiento gradual en la velocidad molecular cuando nos aproximamos a la pared opuesta. Si

conectamos todas las flechas vemos que resulta un perfil de velocidad que muestra la velocidad de las moléculas en algunos puntos alrededor de la corriente del fluido con una curva característica.

3.2.1. Reología. La reología de un material es la manera en que éste se deforma en respuesta a un esfuerzo aplicado; en el caso de los plásticos cuando están en estado fundido el esfuerzo aplicado es la presión y la respuesta es una deformación continua y flujo. El flujo depende de las características de cizallamiento del material. Si el material tiene una viscosidad constante, por ejemplo una relación constante entre el esfuerzo de cizalla y la velocidad de cizalla es llamado un fluido newtoniano.

$$\text{Esfuerzo de Cizalla} = \frac{\text{Fuerza de Cizalla}}{\text{Area Cizallada}} = \frac{F}{A}$$

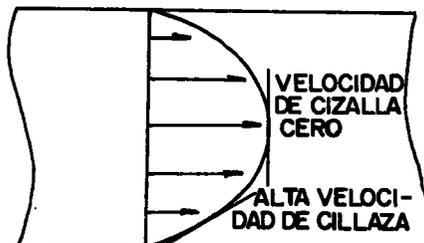
$$\text{Velocidad de Cizalla} = \frac{V}{h} \quad \text{Fluido Newtoniano}$$

$$\text{Viscosidad para Fluido Newtoniano} \quad N = \frac{\text{Esf. de Cizalla}}{\text{Vel. de Cizalla}}$$

3.3. VELOCIDAD DE CIZALLA ENTRE MOLECULAS.

La diferencia en la velocidad de dos moléculas adyacentes

divididas por sus distancias de separación es llamada velocidad de cizalla.



VELOCIDAD DE CIZALLA ENTRE MOLECULAS.
Figura 13

La velocidad de cizalla se puede representar por la línea pendiente tangente al perfil de velocidad cerca de las paredes. La velocidad de cizalla en esta zona es muy alta. La velocidad de cizalla en el centro es cero.

3.4. ESFUERZO DE CIZALLA.

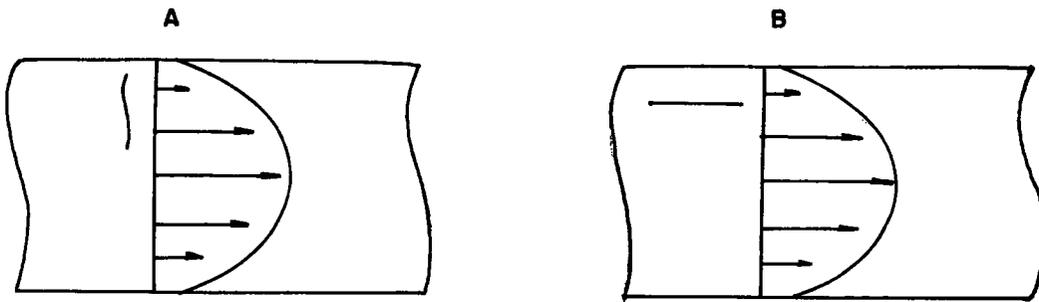
Las diferencias de velocidad causan un esfuerzo entre moléculas adyacentes. Esta es llamada fuerza de corte (Cizalla). Un efecto importante de la fuerza de cizalla es la generación de calor viscoso. La generación de calor viscoso es el calor generado por la fricción de las moléculas al deslizarse una sobre otra; la generación de mayor calor ocurre cuando la fuerza de cizalla es la más alta.



ESFUERZO DE CIZALLA ENTRE MOLECULAS.
Figura 14

3.5. ORIENTACION MOLECULAR.

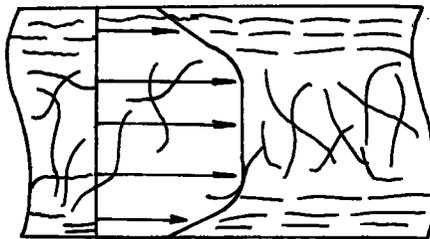
La figura 15 abajo muestra una molécula de polimero de tamaño muy exagerado tendido entre los espacios de las flechas de velocidad. Si nosotros ponemos a fluir la molécula vemos que un extremo se moverá más rápido que la otra de acuerdo a nuestro perfil de velocidad; esto no es posible. Dos finales de una molécula deben fluir a la misma velocidad o la molécula se romperá; porque toda molécula fluirá a la misma velocidad, esta se alinea o se orienta en la dirección del fluido, como se muestra en la figura 15B. Entonces algunas moléculas flexibles, cuando fluyen en una zona donde hay diferencia de velocidades significativas estarán más alineadas en la dirección del flujo.



CAUSAS DE ORIENTACION MOLECULAR
Figura 15

3.6. PERFIL DE VELOCIDAD PARA MOLECULAS DE POLIMEROS MAS LARGAS.

El perfil de velocidad de casi todos los plásticos tienen una característica de formación denominada "Manija de Fluido" (plug flow). La cara frontal del perfil es aplanada y el área de ésta depende del flujo. En el centro del área aplanada la velocidad de flujo de todas las moléculas es casi la misma, y en este lugar las moléculas no están orientadas por lo tanto no hay velocidad de cizalla entre moléculas.

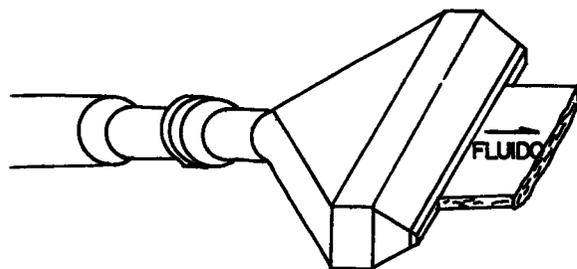


PERFILES DE VELOCIDAD PARA MOLECULAS MAS LARGAS.
Figura 16

3.7. COMO AFECTA LA ORIENTACION MOLECULAR LOS PRODUCTOS EXTRUIDOS.

Debido a que las moléculas de los polimeros tienen la tendencia a orientarse cerca de las paredes de las boquillas muchos productos extruidos tienen hilos de moléculas orientados en cada lado e hilos no orientados en el centro como muestra la figura 17.

Para extrusiones muy delgadas el área central no orientada puede ser eliminada. Toda la sección transversal estará orientada.



COMO AFECTA LA ORIENTACION MOLECULAR LOS PRODUCTOS EXTRUIDOS.

Figura 17

3.8. ANISOTROPIA.

La orientación molecular retenida en el producto extruido terminado produce propiedades físicas direccionales. Una parte orientada será más fuerte en la dirección del flujo

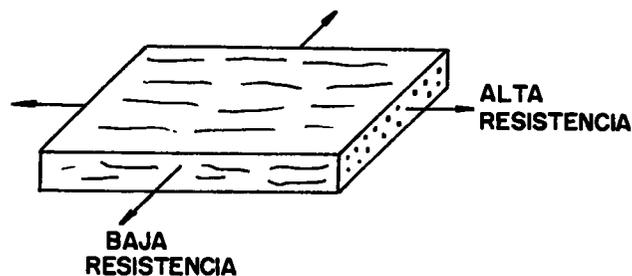
que en la otra dirección. Esto es llamado anisotropía.

La orientación molecular es la mayor causa de anisotropía.

Las moléculas largas tenderán a ser orientadas de la forma dada en que ellas son extruídas, como quiera, esta orientación decrecerá después de que el plástico salga de la boquilla a menos que el plástico extruído sea enfriado rápidamente o que el plástico sea estirado por el equipo de arrastre.

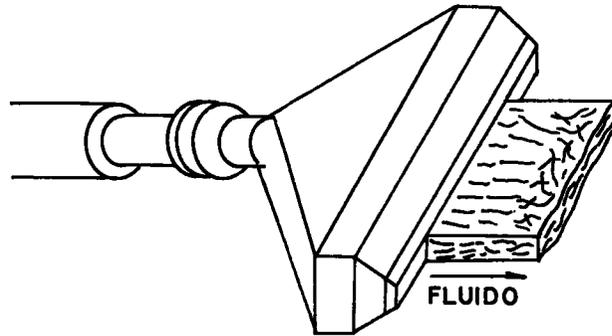
Así que el enfriamiento del producto extruído y la velocidad con que halamos afecta la cantidad de orientación molecular en el producto terminado.

En el proceso de extrusión se tiene un alto grado de control sobre la cantidad de orientación molecular en el producto terminado.



DIRECCION DE LAS PROPIEDADES DE RESISTENCIA EN LOS PRODUCTOS EXTRUIDOS.

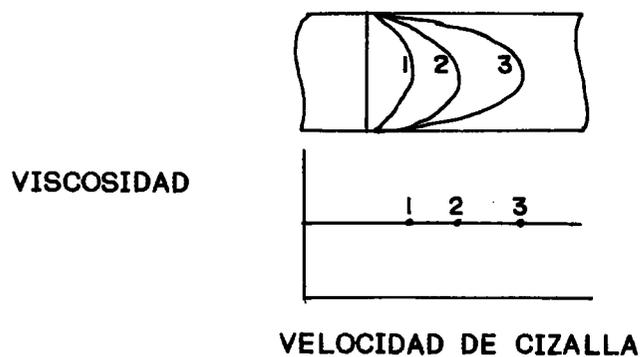
Figura 18



GRADO DE ORIENTACION MOLECULAR EN PIEZAS TERMINADAS DE PLASTICO.
Figura 19

3.9. VISCOSIDAD.

Esta definida como la resistencia al flujo. Un aceite pesado no fluye fácilmente, porque tiene una viscosidad alta.



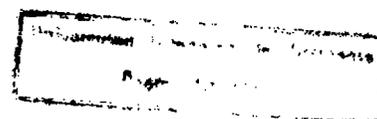
VELOCIDAD DE CIZALLA VS. VISCOSIDAD PARA FLUIDOS NEWTONIANOS.
Figura 20

La figura 20 es una gráfica de viscosidad vs velocidad de cizalla para agua. Cuando nosotros aumentamos la rata de flujo (y por ende la rata de cizalla) de 1 a 2 a 3, la viscosidad no cambia. en otras palabras, no hay cambio en la viscosidad del agua cuando se la hace fluir más rápido o más despacio. Esto es llamado comportamiento de flujo newtoniano.

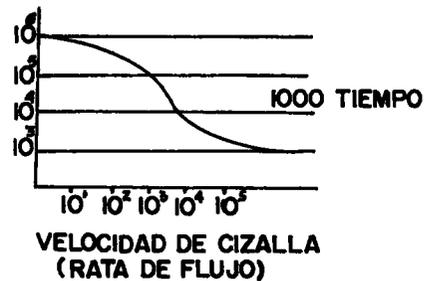


DESCRIPCION DE LA ORIENTACION PARA MOLECULAS LARGAS.
Figura 21

Las moléculas largas, como muchos plásticos se comportan diferentemente a como fluyen las moléculas cortas como agua. Cuando la rata de flujo es baja (Figura 2-11A) las moléculas empiezan a desenredarse y la orientación se vuelve aparente. Nuevamente alineadas las moléculas son menos enredadas, como aquellas que tienen menor fricción entre ellas y su flujo se hace más facilmente; porque hay



menos fricción entre ellas la viscosidad del plástico decrece. Menos fricción total entre moléculas resultará en una baja viscosidad.



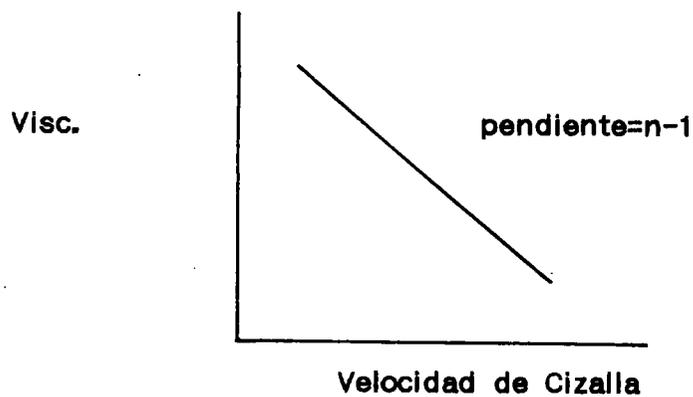
CAMBIOS DE VISCOSIDAD DEBIDO AL FLUJO.
Figura 22

Como se muestra en la figura 22 las diferencias de viscosidad debido a los cambios en la tasa de flujo de un plástico no-newtoniano puede ser muy significativo. Una reducción en la viscosidad para un factor arriba de 1000 puede ocurrir para algunos plásticos. Como quiera que sea, estos cambios grandes raramente se encontrarán en procesos de extrusión.

3.10. NUMERO DE INDICE DE LEY DE POTENCIA (POWER LAW INDEX NUMBER).

Es la medida que indica la rapidez con que la viscosidad de un plástico decrece al incrementarse la velocidad de cizalla. El número de ley de potencia de un plástico es mostrado por la pendiente de la curva de viscosidad Vs.

la velocidad de cizalla. El índice de ley de potencia para materiales plásticos está indicado para rangos entre 1 y 0. Cuando la ley de potencia indica 1 el fluido se comporta como un fluido newtoniano y su viscosidad no es afectada por los cambios en la velocidad de cizalla.



POWER LAW NUMBER
Figura 23

- Número de Ley de Potencia (Power Law Index) para varios Plásticos.

Poliestireno	0.30	.
Acrílico	0.25	
Policarbonato	0.70	
Nylón 6.6	0.75	
Poliéster	0.60	

Un plástico que muestra un comportamiento no newtoniano extremo, es el poliestireno, con un número de ley de potencia 0.30. El policarbonato con (0.70) mostrará relativamente pequeños cambios en la viscosidad con cambios en la velocidad de cizalla.

- Ventajas del Conocimiento del Número de Ley de Potencia (Power Law) para un Plástico.

- Describe correctamente el grado de comportamiento no newtoniano que tiene el plástico.

- Las características de extrusión pueden ser predeterminadas y usadas para el diseño óptimo del tornillo y la boquilla para un plástico en particular.

- Ventajas y Desventajas en la Extrusión de un Plástico No Newtoniano.

- VENTAJAS.

- Presión más baja en el cabezal.

- Temperatura del plástico más baja

- Menos torque en el tornillo durante el tiempo que se mantiene alta la velocidad de extrusión.

- DESVENTAJAS.

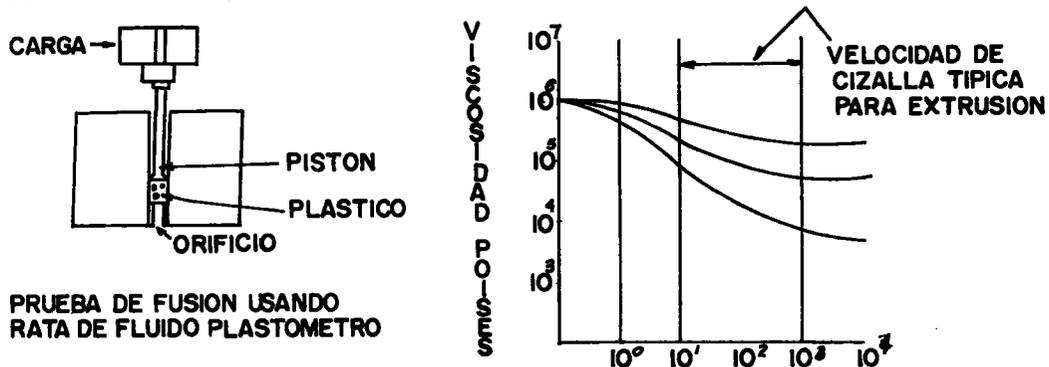
- El cambio del rendimiento de la extrusora es intensamente afectado por la presión.

- Es difícil mantener constante el rendimiento de la máquina.

- Las dimensiones del producto terminado son más difíciles de controlar.

Nota: Las gráficas de viscosidad contra la velocidad de cizalla son generadas por un instrumento llamado REOMETRO. Datos de viscosidad para un amplio rango de velocidades de de cizalla son muy utilizados en la determinación de las características de extrusión de un plástico bajo condiciones variables.

3.11. NUMERO QUE INDICA EL MELT INDEX FLOW.



PRUEBA QUE INDICA EL INDICE DE FUSION DE UN PLASTICO.

Figura 24

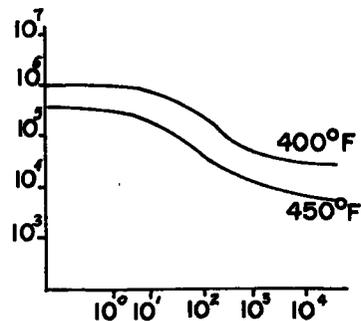
La prueba de índice de fusión de un plástico es usada para tener una idea aproximada de la "capacidad de flujo" de un plástico en particular.

En esta prueba, una varilla con un peso estandar sobre ella, lentamente hace que el plástico sea extruido a través de un orificio que hay en el fondo del cilindro que contiene la varilla. El número que indica el índice de fusión es la cantidad de plástico en gramos que son extruidos a través del orificio en diez minutos. La prueba se hace con una velocidad de cizalla muy baja comparada con la velocidad de cizalla encontrada en la extrusora y boquillas.

Esta prueba es solamente una medida de las diferencias entre plásticos. Es posible que encontremos tres plásticos diferentes que tengan el mismo índice de fluidez pero diferente grado de comportamiento no newtoniano, así que su comportamiento durante la extrusión es completamente diferente. Sin embargo, esta prueba es una aproximación que nos indica la capacidad de fluidez de los diferentes tipos de plásticos. Un índice de fusión elevado(esto es peso molecular bajo) significa que el material tiene una viscosidad baja; y un índice de fluidez bajo equivale también a menor flujo y mayor viscosidad.

3.12. OTROS FACTORES QUE AFECTAN LA VISCOSIDAD DEL PLASTICO

3.12.1. Temperatura. Según el incremento en la temperatura de un plástico, las moléculas se mueven más lejos. Esto reduce la fricción entre ellas y disminuye la viscosidad.



VISCOSIDAD DEL POLIESTIRENO A VARIAS TEMPERATURAS.
Figura 25

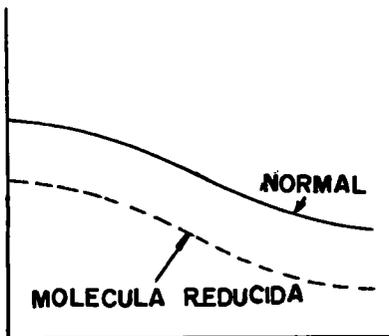
Las curvas de la viscosidad del poliestireno vs. la velocidad de cizalla a 400 grados F y 450 grados F son muy diferentes. La viscosidad se reduce significativamente cuando la temperatura del plástico es incrementada a 450 grados F.

3.12.2. Reglas Generales de los Cambios de Viscosidad.

3.12.2.1. Plásticos Amorfos. Cada cambio de grado (F) en la temperatura de un plástico producirá de un 5-10% de cambio en la viscosidad. El control de la temperatura exacta es muy importante cuando se extruye plásticos amorfos.

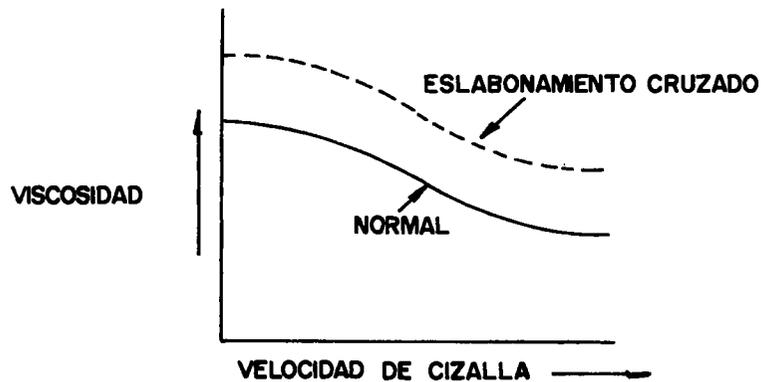
3.12.2.2. Plásticos Semi-Cristalinos. Cada cambio de grado en la temperatura de un plástico producirá de 1-2% de cambio en la viscosidad.

3.12.2.3. Degradación. Esta definido como cualquier cambio en la estructura química de las moléculas del polímero.



CAMBIO EN LA VISCOSIDAD CONTRA LA VELOCIDAD DE CIZALLA
Figura 26

La degradación que resulta por un rompimiento de las moléculas bajaría el peso molecular del plástico bajando a su vez la viscosidad; el flujo se haría más fácil pero las propiedades físicas del producto extruido se verían reducidas.



CAMBIO EN LA VISCOSIDAD CONTRA VELOCIDAD DE CIZALLA CAUSADA POR UN ESLABONAMIENTO CRUZADO DE MOLECULAS.

Figura 27

La degradación de eslabonamiento cruzado de moléculas con otras dará como resultado un flujo de viscosidad muy alto. El plástico no fluirá con facilidad.

D. ADITIVOS.

1- Los aditivos como colorantes, estabilizadores, rellenos, reforzadores pueden cada una incrementar o decrecer la viscosidad dependiendo del tipo usado.

4. EL EXTRUDER PLASTIFICADOR.

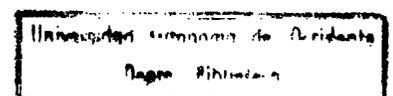
4.1. EXTRUSION DE PLASTICOS.

4.1.1. Historia. Originada aproximadamente en 1880 fué usado para aislar y revestir alambres con gutapercha.

La primera máquina de extrusión para materiales termoplásticos fué construída alrededor de 1.935 por Paul Troester en Alemania.

Después de 1.935 las extrusoras evolucionaron al ser calentadas por resistencias eléctricas e incrementando la longitud del cilindro. Alrededor de éste tiempo el principio básico de la extrusora de tornillos gemelos fué concebida en Italia por Roberto Colombo de LMP, él estaba trabajando con Carlo Pasquetti en el mezclado de acetato de celulosa, Colombo desarrollo una extrusora de tornillos gemelos; obtuvo patentes en diferentes países y algunas compañías adquirieron los derechos para usarlas.

Los primeros análisis detallados del proceso de extrusión



concernientes al transporte del plástico fundido o proceso de bombeo fué elaborado por una persona anónima que erróneamente acreditaron a Rowel y Finlayson, quienes escribieron un artículo con el mismo título y en la misma editorial seis años después en 1928.

Alrededor de 1950 científicos estudiaron el proceso de extrusión, este artículo fué publicado por Darnell & Mol una importante conferencia acerca de las teorías del desarrollo de la extrusión fue la 122ava ACS meeting en 1953. En este simposio miembros de la Cia. DU-PONT presentaron los últimos desarrollos en la teoría de extrusión.

4.1.2. Productos Presentes Hoy.

Perfiles, láminas, película, alambres aislados, muchos otros.

4.2. EXTRUSORAS.

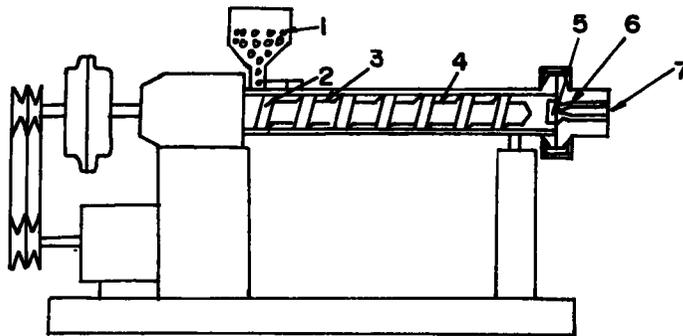
Se construyen máquinas con capacidad de procesamiento de algunas libras por hora, hasta miles de libras por hora con diámetros del tornillo en un rango de 3/4" a 24"

- Los tipos de Plásticos Usados en Extrusión son:

Casi todos los termoplásticos.

Los más comunes son polietileno, polipropileno, poliestireno y pvc.

4.3. EXTRUDER EN OPERACION.



DESCRIPCION DE LA LINEA DE EXTRUSION EN OPERACION.
Figura 28

CORRESPONDENCIA DE LOS NUMEROS DE LA FIGURA 28.

1- Materia prima plástica en la tolva, cada uno en bolitas, gránulos, algunas veces en polvo viajan a través de la tolva que alimenta la extrusora.

2- La zona de alimentación del tornillo tiene una camisa refrigerada que no permite que el plástico se funda en esta parte, alcanzando la alimentación uniforme del tornillo.

3- A medida que el plástico es bombeado hacia adelante la altura del filete del tornillo decrece aumentando la

fricción, que genera calor en el plástico.

4- Un óptimo diseño del tornillo producirá la correcta cantidad de calor y presión en el plástico, de manera que este alcanza una buena homogenización y cantidad de flujo uniforme de la masa fundida.

5- A continuación el plástico pasa por el plato rompedor donde se encuentran los tamices, esta sección se encuentra localizada al final del cilindro, allí esta acoplado el cabezal.

6- Ahora el plástico pasa al cabezal que está acoplado a la extrusora mediante una brida. En el cabezal esta instalada la boquilla que tiene la forma y las dimensiones requeridas para el producto que se va a extruir.

7- Finalmente, el plástico pasa por la boquilla donde adquiere la forma del producto que se va a elaborar, saliendo de la boquilla el material en estado fundido entra en la unidad de calibración y enfriamiento donde adquiere las medidas finales; la tira de material es halada por la unidad de arrastre. El producto extruido es cortado en tramos o embobinado.

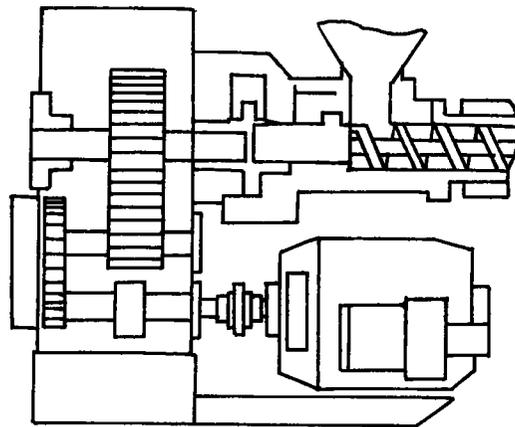
4.4. PRINCIPALES SISTEMAS DE LA EXTRUSORA.

- Sistema de Transmisión.
- Sistema de Alimentación del Plástico
- Tornillo, cilindro y Sistema de Calentamiento
- Cabezal del extrusor y boquilla.
- Sistema de Control.

4.4.1. Sistema de Transmisión. Controla la velocidad del tornillo.

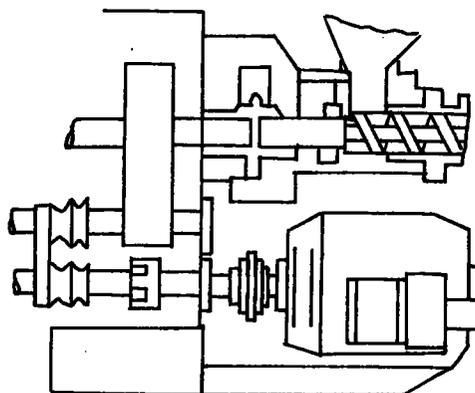
El motor de accionamiento produce la fuerza necesaria para mover el tornillo entrega su movimiento a un reductor de velocidad que esta acoplado al eje de accionamiento del tornillo.

- El reductor de velocidad convierte la velocidad de accionamiento del motor a los rpm requeridos por el tornillo.
- Rodamiento de Empuje axial amortigua el empuje o fuerza de retroceso que genera el tornillo cuando esta bombeando el plástico.



ACCIONAMIENTO DIRECTO.
Figura 29

En el motor de accionamiento directo la caja reductora contiene el rodamiento axial y el cilindro esta acoplado directamente a la ésta; asi como tambien el motor se acopla directamente a este reductor. no hay transmision por correas.

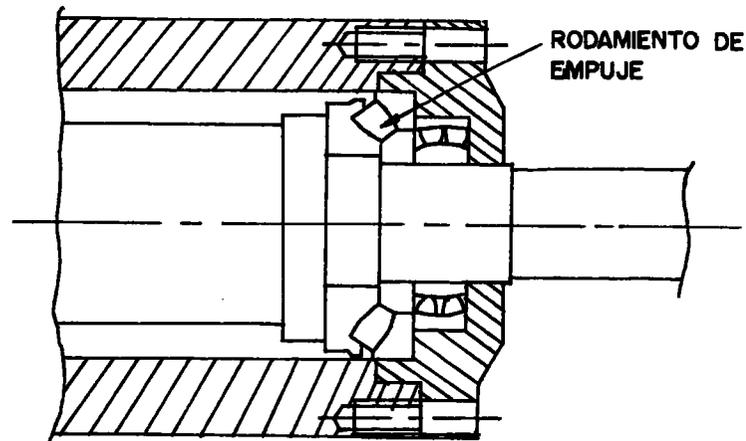


ACCIONAMIENTO INDIRECTO.
Figura 30

El accionamiento indirecto acopla el motor al eje del tornillo mediante correas en V .

Un cambio en la relación de velocidad se puede hacer

unidades con correas de velocidad variable pueden ser usadas tambien.



MONTAJE DEL COJINETE DE EMPUJE.
Figura 31

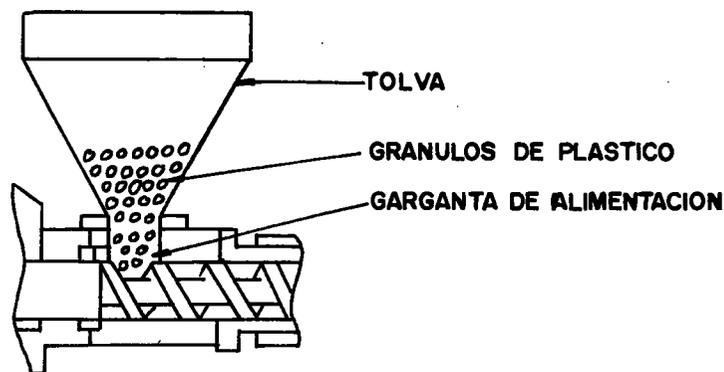
- Localizado entre el reductor de velocidad y el vástago del tornillo.
- Absorbe la fuerza de retroceso a lo largo del eje del tornillo, generado por la presión del plástico.
- La cantidad de fuerza en el cojinete de empuje es calculado por la presión del plástico en el final del tornillo multiplicado por el área de la sección transversal del tornillo.

Ejemplo: Un tornillo de 2 1/2" de diámetro tiene una sección transversal de 4.90" cuadradas operando con un presión en el cabezal de 5000 PSI genera una fuerza de

presión en el cabezal de 5000 PSI genera una fuerza de retroceso sobre el rodamiento axial de 24.500 Lbs.

La vida útil del rodamiento de empuje un término usado para describir el número de horas que puede trabajar el rodamiento con el tornillo a velocidad constante. El número de horas, es de 90.000 aproximadamente, 10 años con un 25% de sobrecarga; el rodamiento tiene una duración de aproximadamente la mitad.

4.5. SISTEMA DE ALIMENTACION DEL PLASTICO.



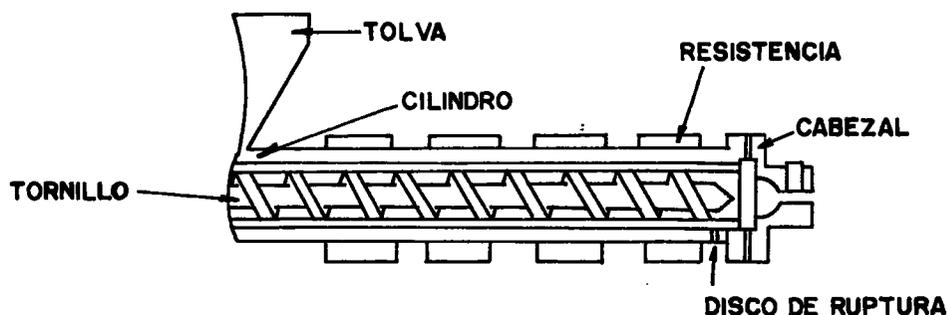
TORNILLO.
Figura 32

La tolva esta acoplada directamente encima de la garganta de alimentación y esta diseñada para permitir un flujo estable de plástico a la extrusora.

La garganta de alimentación es enfriada generalmente con agua para prevenir la fusión del plástico que bloquea el

flujo uniforme de plástico a los filetes del tornillo. Algunos extrusoras tienen un área acanalada en el cilindro diseñado para mejorar la alimentación del plástico a la estrusora, con este dispositivo se logra aumentar el rendimiento a la máquina.

4.6. TORNILLO, CILINDRO Y SISTEMA DE CALEFACCION.



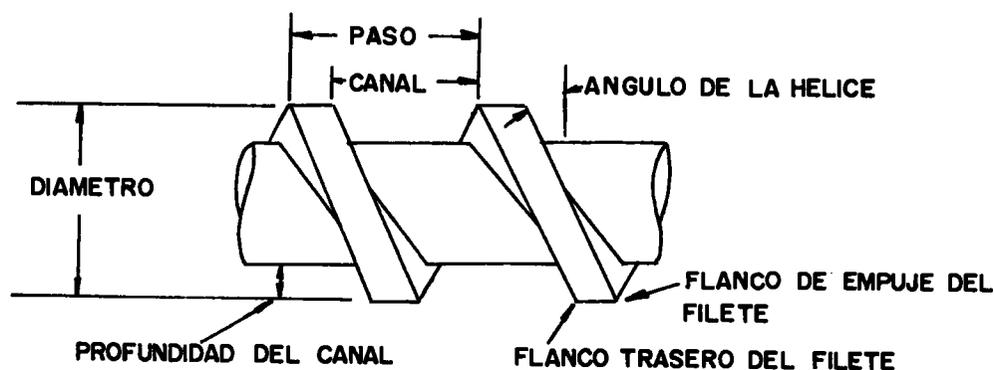
TORNILLO, CILINDRO Y SISTEMA DE CALENTAMIENTO.
Figura 33

4.6.1. El Tornillo. El tornillo es la pieza mas importante de la extrusora, del diseño apropiado de este depende el rendimiento de la máquina y la calidad del producto final, los tornillos se construyen actualmente con aceros de alta resistencia a la torsión; se consiguen triturados y con recubrimientos de aleaciones muy duras, los tornillos para el procesamiento de plásticos químicamente agresivos como el p.v.c llevan además un baño de cromo duro. La superficie del tornillo debe estar pulida a espejo, para evitar que el plástico se adhiera a la superficie y se degrade causando mala calidad en las

artículos extruidos.

a) Tolerancias de diseño entre el diámetro interno del cilindro y el diámetro externo del tornillo son típicamente de 0.003" a 0.005" por lado.

b) En general el diseño estándar es 0.001 por lado por cada pulgada de diámetro del tornillo.



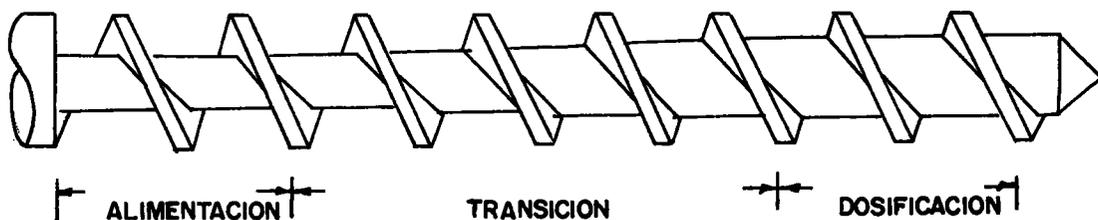
ESPECIFICACIONES DEL TORNILLO.

Figura 34

Profundidad del canal, distancia entre el extremo de un filete y el núcleo del tornillo.

- Canal : espacio entre cada filete.
- Flanco trasero del filete es el borde de la parte de atrás de cada filete.
- Flanco de empuje del filete es el flanco que está en la parte delantera y que empuja el material.
- Paso: distancia entre filetes consecutivos

- Angulo de la hélice, ángulo con que cada una de las filetes se inclina sobre el núcleo.
- Diámetro: distancia entre los bordes más lejanos de los filetes.
- Longitud: Longitud efectiva del tornillo desde la zona de alimentación hasta la punta.
- Rango L/D: Longitud de un tornillo dividido por su diámetro
- Relación de compresión: diferencia entre la profundidad del canal en la zona de alimentación comparado con la profundidad del canal en la zona de dosificación.



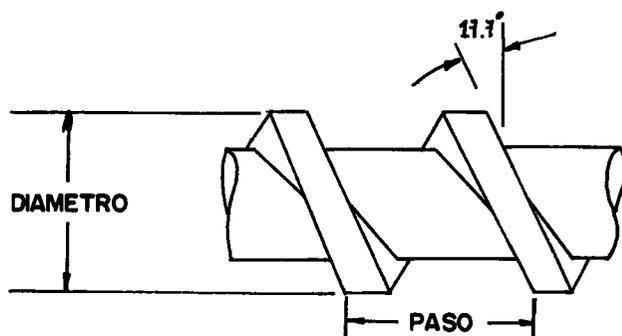
SECCIONES DE UN TORNILLO.
Figura 35

La sección de alimentación tiene la misma profundidad del canal y en los primeros filetes contiene plástico

granulado que no se ha fundido.

La sección de transición tiene una profundidad de canal que va disminuyendo hasta encontrarse con la sección de dosificación; en esta sección el material se encuentra fundido y granulado. Ver anexo 2

En la sección de dosificación el filete tiene menor profundidad y el plástico se funde completamente, allí ocurre la homogenización de la masa.



TORNILLO DE PASO CUADRADO.
Figura 36

El tornillo del extrusor convencional tiene un filete espiral alrededor del núcleo. El diámetro y ángulo de la hélice son constantes. Si el paso es igual al diámetro del tornillo, es llamado paso cuadrado y el ángulo del paso es 17.7 grados.

- Las resistencias de cartucho pueden ser colocados

dentro del tornillo. Estos permiten que el plástico sea calentados por dos lados. La circulación de un fluido dentro de un tornillo es también usado para calentar o enfriar. Una unidad de enfriamiento o calentamiento controla la temperatura. Si solamente se requiere enfriamiento;este es el caso de las extrusoras para procesar caucho.

NOTA: Como una regla general el enfriamiento de ambos el tornillo y el cilindro será minimizados y preferiblemente eliminados. El enfriamiento remueve el calor que fue generado por el extrusor. Esto es por lo tanto, energía ineficiente. Si un cambio significativo de enfriamiento ha sido dado esto indica un manejo impropio del sistema de operación de extrusión.

4.6.2. Cilindro.

a) Las paredes del cilindro son usualmente diseñadas para operar a presiones hasta 10.000 PSI, algunas son diseñadas para 20.000 PSI.

b) Muchos cilindros son adaptados con un disco de rotura localizado al final del cilindro. Si la presión del plástico excede la presión máxima que soporta el disco se presenta la rotura de este y la presión del plástico es liberada.

c) Los cilindros fabricados en Estados Unidos generalmente tienen un recubrimiento bimetálico que tiene 1/10 de espesor sobre la superficie que está en contacto con el plástico. El resto del cilindro es de acero de alta resistencia.

4.6.3. Sistemas de Calefacción del cilindro. El cilindro tiene fijadas a su superficie exterior unas resistencias eléctricas que generalmente son 4, con cada resistencia va acoplado un ventilador que remueve el exceso de calor del cilindro; estas resistencias están controladas por pirómetros que mantienen la temperatura dentro de los rangos de operación. Los controles de temperatura más utilizados son proporcionales derivativos. Anexo catálogo.

El Plato rompedor es un disco grueso con muchas perforaciones estrechamente espaciadas que sirve para:

- a) Parar el movimiento de rotación del material extruado que es transportado del tornillo a la boquilla.
- b) Soporta las tamices de malla metálica para filtrar el plástico y controlar la presión de operación.
- c) Reduce las variaciones de temperatura en el plástico

fundido.

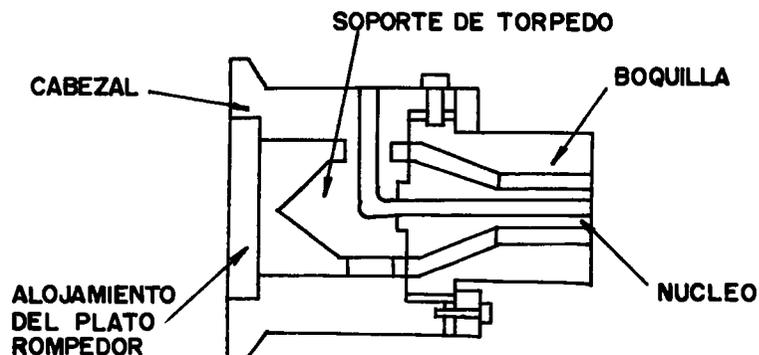
4.7.1. Tamices.

- a) Filtra los contaminantes del polímero fundido.
- b) Algunas veces es usado para incrementar intencionalmente la presión del cabezal y obtener una mejor mezcla.
- c) Eventualmente se obstruirá, reduciendo la capacidad de producción e incrementando la presión de operación.
- d) Son cambiados por una u otra ventana debajo de la máquina o por uso de un cambiador automático de tamices.

4.7.2. Brida para Soporte del Cabezal.

- Localizado entre el final del cilindro del extrusor y el cabezal.

4.7.3. Boquillas. Las boquillas son clasificadas por el tipo de producto que van a fabricar, hay boquillas para la producción de láminas planas, tubos, perfiles, filamentos, etc.



BOQUILLA PARA FABRICACION DE TUBERIA.
Figura 37

Esto es una boquilla típica para fabricación de tubos. En este diseño se requiere de un dispositivo que se denomina torpedo, esta es una pieza especialmente diseñada para la fabricación de tubos que permite introducir aire en la parte interior del tubo que se está fabricando. Tiene una rosca donde se acoplan los diferentes núcleos de las boquillas para fabricar un rango determinado de diámetros de tubería. El plástico fluye a través de una ranura anular de sección circular, el cabezal tiene unos tornillos en la periferia alrededor de la boquilla que permiten hacer ajustes en estas para que el centrado sea perfecto, en el diseño del cabezal está previsto el montaje de diferentes tipos de boquillas para producir otros artículos tales como: perfiles, filamentos, etc.

4.8. SISTEMA DE CONTROL PARA EXTRUSORAS.

El control de proceso requiere mantener constantes o dentro de un rango muy pequeño las siguientes variables

- Temperaturas en el cilindro y cabezal: Las temperaturas en el cilindro y cabezal, son vigiladas mediante un controlador de temperatura, actualmente existen en el mercado varios tipos de controladores, el más económico es el control on-off, este control de temperatura es ampliamente usado en la industria del plástico no es muy preciso para plásticos sensibles al calor como el pvc. Otros tipos de controladores son: el control proporcional, el proporcional integral y el proporcional integral derivativo, ver anexo 1.

Este control es el más preciso pero también el más costoso.

- RPM de la extrusora: Las rpm de la extrusora las controlamos mediante un ajuste en el potenciómetro, del regulador de velocidad electrónico que gobierna el motor de accionamiento del tornillo de la extrusora. En el tablero de mandos vemos el instrumento que nos registra la velocidad que tenemos en el husillo, por lo

tanto podemos hacer los ajustes requeridos.

- Velocidad de la Unidad de Halado (arrastre): En esta unidad tenemos un instrumento que nos registra la velocidad con que estamos halando el material extruido. Verificamos que la velocidad esté en el punto de operación y procederemos a hacer los ajustes en caso de ser necesarios. Al igual que con la extrusora, esta unidad va equipada con motor de velocidad variable gobernada por un controlador de velocidad electrónico. Los ajustes se hacen con el potenciómetro.

- Presión de vacío en la cámara de calibración: En el caso de extrusión de tubos la máquina está equipada con una bomba centrífuga que genera vacío en un venturi, este está conectado a la cámara de calibración mediante una manguera, el vacío lo regulamos abriendo o cerrando la válvula que descarga agua a través del venturi; en la cámara va incorporado un manómetro de vacío que nos indica la presión de vacío.

- Temperatura del agua de refrigeración: Algunas plantas de extrusión disponen de un equipo para refrigeración de agua, se deben mantener las temperaturas dentro de los rangos establecidos para cada producto.

Estas unidades de refrigeración son denominadas

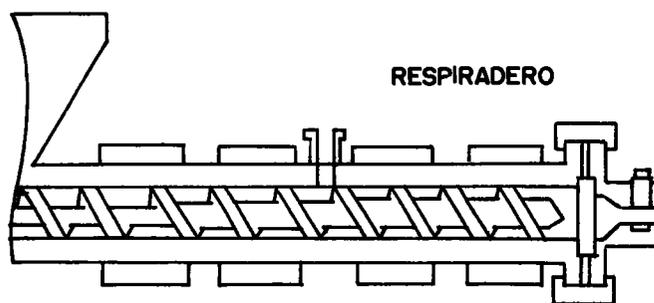
comercialmente "chillers" y son muy utilizadas en la industria del plástico.

4.9. VARIACION DE DISEÑO EN LAS EXTRUSORAS.

Existen muchos tipos de máquina extrusoras que son utilizados para diferentes procesos y que a continuación enumeramos:

- Extrusoras de dos etapas.
- Extrusora de tornillos gemelos.
- Extrusora con bomba de engranajes.
- Extrusora de Pistón.
- Extrusora de disco.

4.9.1. Extrusora de Dos Etapas.

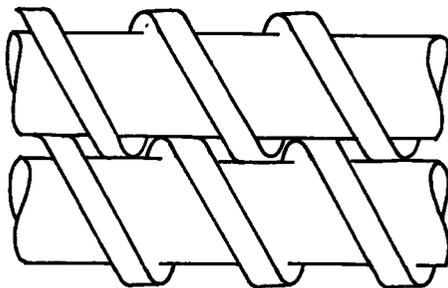


EXTRUSORA DE DOS ETAPAS.
Figura 38

Una extrusora de dos etapas se denomina también de desgasificación, extrusor de extracción o extrusor de

evacuación. El cilindro de ésta máquina está diseñado para remover el aire que está atrapado en el plástico antes de que este pueda llegar hasta la boquilla. El tornillo tiene dos etapas, en la primera etapa el material es bombeado y antes de llegar al final de ésta el plástico se descompresiona; es en esta parte de la máquina donde hay un agujero en el cilindro por el cual se evacúan los gases de la masa fundida de plástico, mediante una bomba de vacío. A continuación el plástico entra en la segunda etapa donde sigue su proceso normal de plástificación, este tipo de extrusoras es muy utilizado para el procesamiento de cauchos.

4.9.2. Extrusora de Tornillos Gemelos.



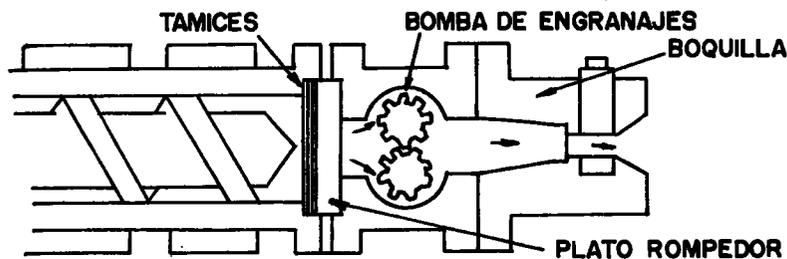
ESTRUSORA DE TORNILLOS GEMELOS.
Figura 39

Una extrusora con tornillos gemelos, tiene un cilindro donde están alojados dos tornillos que se intercalan

entre sí. Esta máquina es muy utilizada para procesar PVC en polvo, para fabricación de tuberías, perfiladas, etc. El diseño del cilindro y de los tornillos es más complejo que el de una extrusora de un solo tornillo.

Existen extrusoras con más de dos tornillos, y son usadas para operaciones especializadas como reacciones químicas continuas, compuestos y extrusión de perfiles con materiales difíciles de extruir.

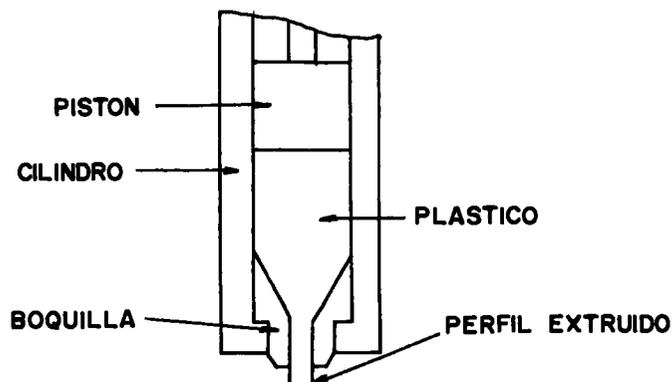
4.9.3. Extrusoras con Bomba de Engranajes.



EXTRUSORA CON BOMBA DE ENGRANAJE.
Figura 40

En algunas aplicaciones, una bomba rotativa de engranajes es usada para producir la presión que se requiere para vigorizar la fusión del plástico en la boquilla. La bomba rotativa de engranajes puede generar presión más eficientemente, y mantener más uniformidad en la salida del material. Estas máquinas son utilizadas para la elaboración de monofilamentos de poliéster que tienen aplicación en la industria textil.

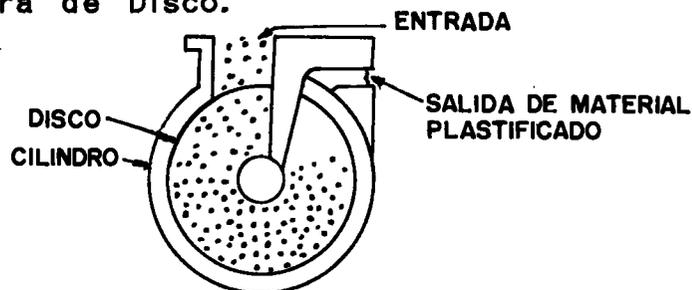
4.9.4. Extrusoras de Pistón.



EXTRUSORAS DE PISTON.
Figura 41

Las extrusoras de pistón son simplemente una bomba de pistón, alternativo. Un molde o boquilla es colocado en el extremo de la máquina. El plástico es fundido en el cilindro y presionado por el pistón para efectuar la extrusión. Este tipo de máquinas se utiliza con materiales que no se pueden extruir en una extrusora de tornillo tales como el teflón y el polietileno de ultra-alto peso molecular. El extrusor de pistón es usado donde las presiones son extremadamente altas.

4.9.5. Extrusora de Disco.



EXTRUSORA DE DISCO.
Figura 42

La extrusora de disco tiene un disco rotatorio o tambor en el alojamiento interior. El plástico entra continuamente, entonces es cizallado entre un disco rotatorio y un disco estacionario. El plástico fundido alrededor de la salida es empujado continuamente a la boquilla. Este tipo de máquina no es muy común. No obstante la variedad de extrusores disponibles hoy, la extrusora de un sólo tornillo es ampliamente utilizada. Tiene la ventaja de un diseño simple, construcción robusta, además de costo favorable vs desempeño la hacen la más popular.

5. COMPORTAMIENTO DEL PLASTICO EN LA EXTRUSORA.

Esta sección discute el mezclado y el flujo en el interior de la extrusora de tornillo. Como la mezcla del plástico y el flujo afectan directamente el rendimiento en la producción y la calidad del producto. Cambios en el diseño y condiciones de operación afectaran también la mezcla y el flujo.

5.1. SEIS ZONAS FUNCIONALES EN UNA EXTRUSORA.

5.1.1. Zona de Transporte de Sólidos. (zona de alimentación) donde el plástico sin fundir en polvo, o en forma granulada es conducido hacia adelante.

5.1.2. Zona de Plastificación o Mezclado. Donde la fusión del plástico tiene lugar.

5.1.3. Zona de Transporte del Fundido. (zona de bombes) donde el plástico como fluido es enviado hacia adelante y en muchos casos su presión se incrementa.

5.1.4. Zona de Mezcla. Donde los elementos de diseño de mezclado dentro del tornillo causan una mezcla adicional al plástico.

5.1.5. Zona de Devolatización. Donde los gases son removidos del plástico fundido. (No siempre incluido en todas las extrusoras).

5.1.6. Zona de Boquilla. Donde el plástico fundido es conformado con su forma final.

5.2. ALIMENTACION DE LA EXTRUSORA.

Si el coeficiente de fricción en el barril es bajo, el rango de conducción sólida será también bajo. En efecto pequeñas fluctuaciones en el coeficiente de fricción en el cilindro pueden causar grandes cambios en el rango de transporte de sólidos. Esto es una situación indeseable porque las variaciones de flujo pueden causar fluctuaciones de presión las cuales se pueden propagar hasta la salida de la boquilla causando ondulaciones el producto extruído.

La sección acanalada del cilindro se expuso en la sección número tres, está diseñada para realizar una fricción alta en el cilindro, con lo cual minimizamos problemas de esta naturaleza.

5.2.1. Densidad del Plástico. Densidad es el peso de una unidad de volumen de plástico expresada en libras por pie cúbico o gramos por centímetro cúbico.

Generalmente cerca de 60 libras por pie cúbico o 1 gramo por centímetro cúbico.

5.2.2. Densidad del Plástico Virgen. Densidad de volumen del plástico comprende el aire desocupado entre las partículas.

Típicamente ; 20 a 40 ¿ libra/pie cúbico o ; 0.3 a 0.7¿ gramos/ centímetro cúbico.

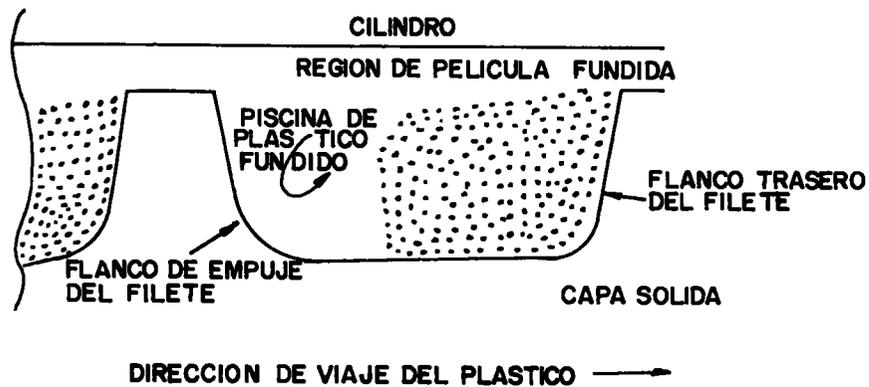
Cuando la densidad de volumen es un valor cercano al crítico (aproximadamente 10 libras sobre pie cúbico o 0.2 gramos) por centímetro cúbico la extrusión no es posible.

5.3. PROCESO DE FUSION DEL PLASTICO.

La fusión empieza en la zona de plastificación de la zona de alimentación del tornillo a una distancia de 5 diámetros de la garganta de alimentación de la extrusora.

5.3.1. Dos Sistemas de Calefacción del Cilindro.

- Resistencias del cilindro.
- Generación del calor viscoso por la acción de rotación del tornillo.

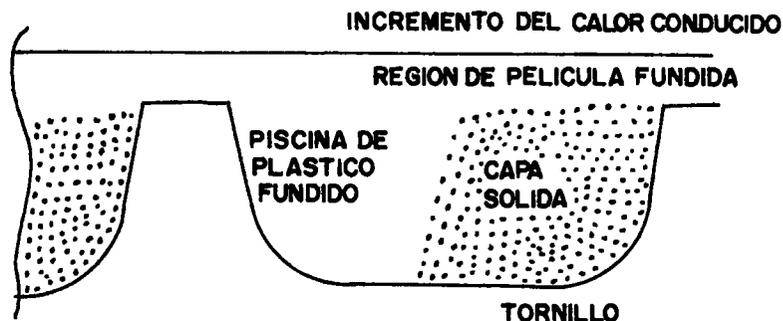


COMO SE GENERA EL CALOR VISCOSO.
Figura 43

Inicialmente, cuando las partículas de plástico sólido empiezan su viaje a lo largo de la longitud del tornillo, ellas son empujadas contra los flancos traseros del filete del tornillo, formando una capa sólida. Entre las partículas de plástico y el cilindro hay una delgada región de plástico fundido llamada región de película fundida. La mayor generación de calor viscoso ocurre en esta área. En resumen, en el interior de esta área la generación de calor viscoso ocurre cerca del límite entre la película de plástico fundido y la capa sólida.

Entonces, a medida que el tornillo va rotando se va formando una piscina de plástico fundido que va aumentando de sección cuando la capa sólida disminuye.

5.4. VARIABLES QUE AFECTAN EL RANGO DE LA MEZCLA.



COMO AFECTA EL ANCHO DE LA CAPA SOLIDA EL RANGO DE MEZCLADO.

Figura 44

5.4.1. El Ancho de la Capa Sólida. El ancho de la capa sólida determina el rango de fusión del plástico por consiguiente es mejor usar un diseño de tornillo en donde la capa sólida permanezca ancha para obtener una mayor cantidad de plastificación del material. El espesor de la película del plástico fundido determina la velocidad de cizalla en esta región, una película más delgada aumenta la velocidad del cizalla y por consiguiente hay más generación de calor viscoso.

Un incremento en la temperatura del cilindro suministrado por las resistencias no siempre causa un incremento en la fusión del plástico. Cuando la temperatura del cilindro es incrementada, la temperatura del plástico cerca a la pared del cilindro en la región de la película fundida también se incrementa, esto puede resultar en la generación de menos calor viscoso en esta área porque el

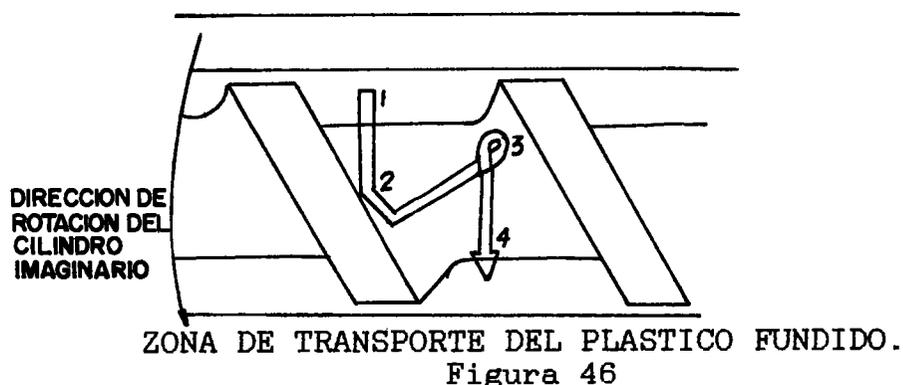
aumento de temperatura hace bajar la viscosidad del plástico. Un plástico con una viscosidad baja tiene menos fricción entre sus moléculas y como sabemos la fricción entre moléculas es la causa de generación de calor viscoso.



Figura 45

5.4.2. Espesor de la Película Fundida.

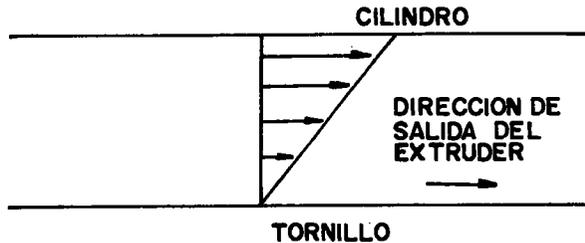
- Determina el rango de velocidad de cizalla en la región de la película fundida.
- Si la película fundida es más delgada, la velocidad de cizalla es más alta y hay mayor generación de calor viscoso.
- Si se presenta desgaste en los filetes del tornillo o en el cilindro, causando un incremento en la holgura entre el cilindro y el tornillo la velocidad de fusión se ve reducida considerablemente a causa del contraflujo que se presenta por el desgaste.



Descripción del flujo del plástico en el canal del tornillo en este ejemplo es fácil comprender el flujo del plástico si imaginamos que el cilindro está rotando y el tornillo está quieto. El plástico viajaría de la misma manera que el tornillo o el barril rotaran.

- El plástico fundido pegado a la superficie del cilindro (1), se mueve en la dirección de rotación del cilindro hasta que entra en contacto con el flanco delantero del filete del tornillo (2).
- En el siguiente paso el plástico retorna al otro lado del canal del tornillo hasta entrar en contacto con la superficie de filete del tornillo (3).
- El plástico es empujado hacia adelante en la dirección del canal del tornillo y se vuelven a repetir estos pasos sucesivamente, tal como se indica en la figura 46.

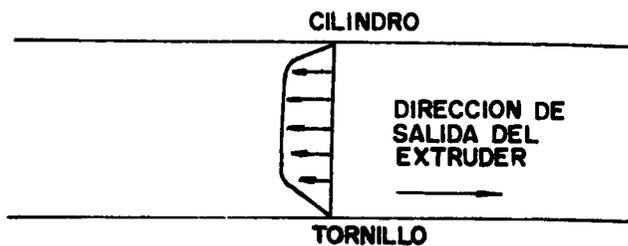
- El flujo transportado es la cantidad de plástico que la zona de dosificación del tornillo bombeará o transportará hacia adelante debido a la rotación de éste.



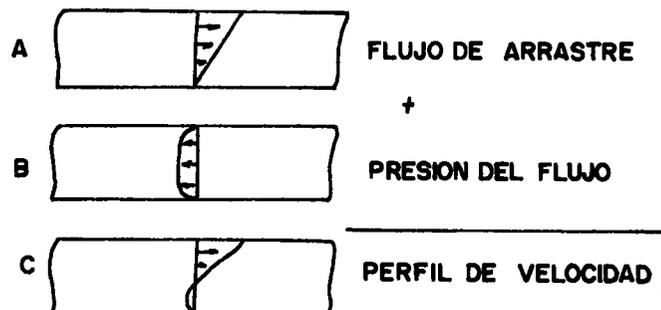
PERFIL DE VELOCIDAD DEL FLUJO PLASTICO.
Figura 47

Si nosotros miráramos el interior del cilindro en el canal del tornillo el perfil de velocidad del plástico sería como lo vemos en la figura 47. El plástico fluye con una velocidad alta cerca a la pared del cilindro y está va decreciendo linealmente a medida que nos movemos hacia el tornillo y eventualmente se vuelve cero en la superficie del tornillo.

Si de nuevo miráramos el interior del cilindro en el canal del tornillo vemos que el perfil de velocidad debido a la presión que se genera en el interior del cilindro tiene una forma típica llamada Plug Flow tal como se muestra en la figura 48.



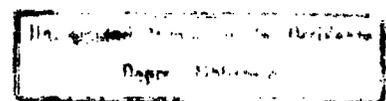
PERFIL DE VELOCIDAD PARA PRESION DE FLUJO
Figura 49



COMBINACION FLUJO TRANSPORTADO, FLUJO DE PRESION Y PERFIL DE VELOCIDAD.
Figura 5-7

La combinación de velocidad de flujo transportado y velocidad de flujo de presión en un perfil de velocidad se vería como lo ilustra la figura 5-7C. Incrementando el flujo de presión podemos reducir la salida total del plástico pero incrementamos la circulación del plástico dentro del canal del tornillo. Este incremento en la circulación del plástico causa incremento en la mezcla, aumento en la generación de calor viscoso y reduce la salida total del plástico.

Un ejemplo extremo de los efectos contrarios del flujo



transportado y la presión de flujo, tienen lugar en la salida total del material, donde tendríamos una situación en la que el flujo de presión igualaría el flujo transportado ocasionando que la salidad de la extrusora sería cero.

5.4.3. Flujo de Escape. Es la cantidad de plástico que fluye por encima del filete del tornillo; en sentido contrario a la dirección del flujo del plástico. Esto no es significativo si la tolerancia entre el filete del tornillo y el cilindro no sobrepasan las tres milésimas de pulgada. Si los filetes del tornillo o el cilindro presentan desgaste excesivo el flujo de escape puede reducir considerablemente el rendimiento de la máquina. El plástico incrementa la circulación en el canal del tornillo por lo siguiente:

5.5. DISPOSITIVOS DE MEZCLA EN EL TORNILLO.

Existen diferentes tipos de dispositivos que se instalan en el extremo del tornillo para mezclar la masa fundida de plástico. Los más comunes son:

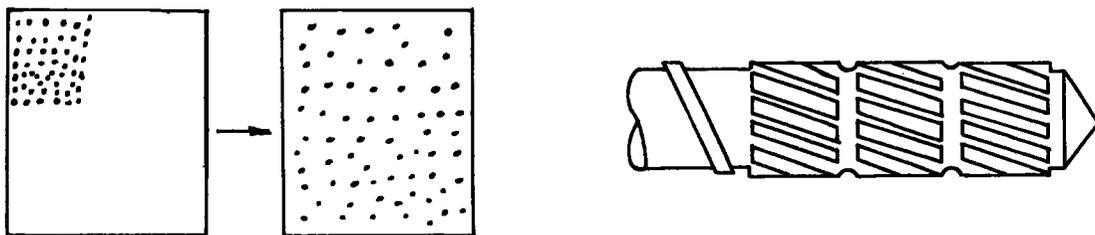
- Mezcladores distributivos.

- Mezcladores dispersivos.

5.5.1. Mezcladores Distributivos. En la mezcla distributiva, la cantidad de mezcla es determinada por el número de cambios en la dirección de flujo y la cantidad total de cortes o cizallamiento hechos al plástico.

Esto es usualmente realizado forzando el material a pasar a través de un gran número de pequeños canales que cambian la dirección de flujo tantas veces como se encuentre con los canales. Este dispositivo se muestra en la figura 49.

La mezcla distributiva no requiere rangos de cizallamiento o rangos de esfuerzo de cizalla. Por consiguiente no es necesario un aumento en el consumo de energía.

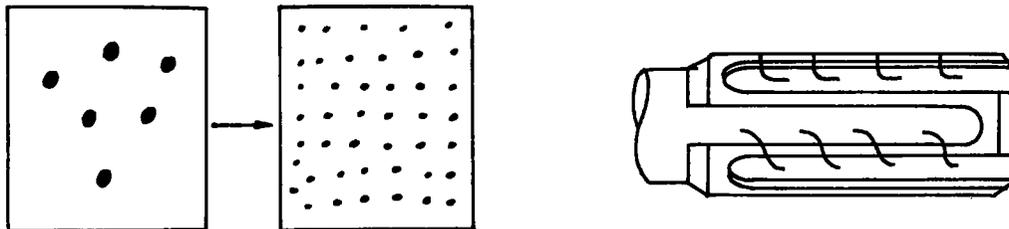


MEZCLADOR DISTRIBUTIVO.
Figura 50

5.5.2. Mezclador Dispersivo. Este tipo de mezclador corta los aglomerados tales como: terrones de pigmentos o pigmentos gelatinosos convirtiéndolos en pequeñas partículas dispersas de manera homogénea en el plástico.

La mezcla dispersa requiere rangos altos de cizallamientos y esfuerzos de cizalla altos. La mezcla es forzada hacia barreras restrictivas donde está sujeta a cizallamiento y esfuerzos de cizalla relativamente altos. En estas áreas el plástico en partículas grandes es cizallado en pequeñas partículas para obtener la dispersión de pigmentos en polvo.

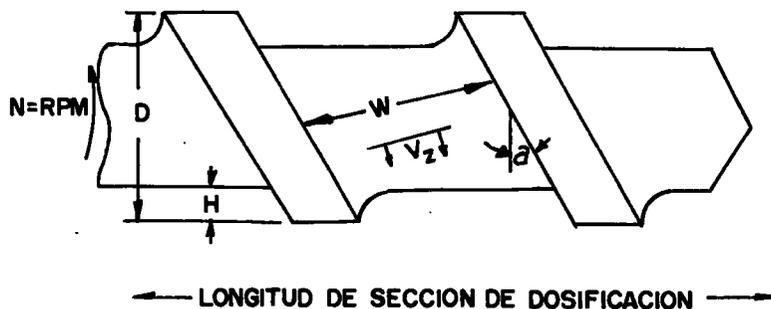
Generalmente una sección de mezcla dispersa requiere de mucha energía. Esto causará un aumento de temperatura en el plástico lo cual puede causar la degradación del plástico. Este tipo de mezcladores se utilizan con plásticos que no son muy sensibles al calor ejemplo, polietileno de alta densidad, polietileno de baja densidad, polipropileno.



MEZCLADOR DISPERSIVO.
Figura 51

5.6. CALCULO DEL RENDIMIENTO DE LA EXTRUSORA.

La salida total de plástica de una extrusora es la diferencia entre el flujo transportado y el rango de la presión de flujo, en la sección de dosificación, asumiendo que el escape de flujo es depreciable. Los cálculos que haremos a continuación son para plásticos newtonianos los modificaciones a la ecuación necesaria para plásticos no-newtonianos siguen inmediatamente: recordemos que la viscosidad es una constante para plásticos newtonianos. Para plásticos no-newtonianos, la viscosidad puede cambiar sustancialmente cuando el rango de flujo cambia.



$$Q = 1/2 W H V_z$$

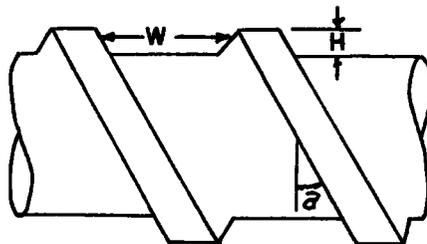
D = Diámetro del tornillo
W = Ancho del canal del tornillo

H = Profundidad del filete del tornillo

$$V_z = \pi D N \cos a$$

N = Velocidad del tornillo en RPM.
(Rev. por segundo)
a = Ángulo de la hélice del filete del tornillo

CALCULOS DEL FLUJO DE PLASTICO TRANSPORTADO
Figura 52



$$Q_p = \frac{WH \text{ sen } a}{12\mu} \frac{\Delta P}{L}$$

W = Ancho del canal

H = Profundidad del canal

a = ángulo de hélice del filete del tornillo

μ = viscosidad del plástico

ΔP

----= cambio de presión en la zona de dosificación para
L

una longitud L.

CALCULOS DE PRESION DEL FLUJO. Figura 53

Modificaciones a las ecuaciones para plásticos no newtoniano.

- Para el valor del flujo transportado es multiplicado por un valor de :

$\frac{4 + n}{5}$ donde n = índice de ley de potencia del plástico (Power Law).

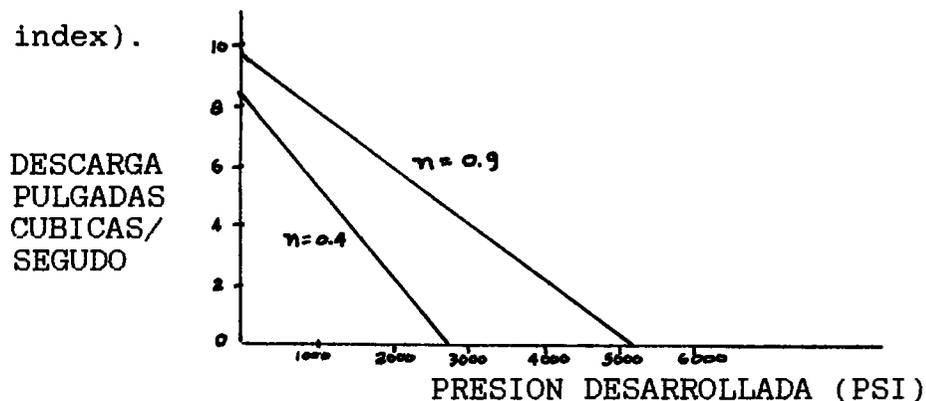
- Presión del Flujo

El valor para presión de flujo es multiplicado por un factor de corrección de :

$$\frac{3}{1 + 2n}$$

Nota : La "n" en dichas ecuaciones es el índice de ley de potencia power law, usted recordará que este valor expresa el comportamiento no newtoniano inherente a cualquier plástico un índice de ley de potencia (power law) de 1 indica que el plástico es newtoniano un índice de 0.5 indica que es característico de un plástico no newtoniano.

5.6.1. Efectos del Índice de Ley de Potencia. (Power law index).



COMPARACION DE PLASTICOS CON DIFERENTES INDICES DE LEY DE POTENCIA
Figura 54

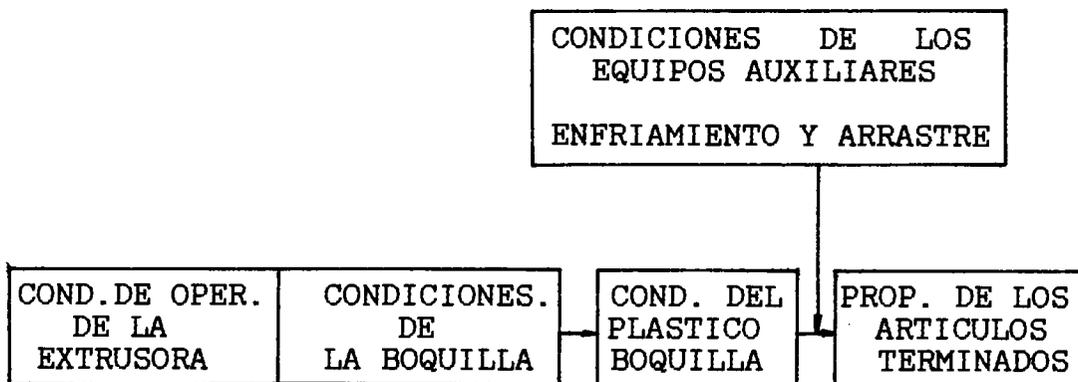
La figura 54 muestra el rendimiento para dos plásticos diferentes, un polipropileno con un índice de Power Law de 0.4 y un policarbonato con un índice de 0.9.

Para una presión de 1000 psi la salida para el policarbonado ($n=0.9$) es aproximadamente 6 pulgadas cúbicas/segundo. Pero la salida para un polipropileno ($n=0.4$) será solamente alrededor de 2 pulgadas cúbicas/segundo. Este bajo índice de ley de fuerza causará un gran presión de flujo.

Este ejemplo ilustra cómo realmente la salida del extruder es afectado por el índice de ley de fuerza del plástico.

6. CONTROLES DE OPERACION DE LA EXTRUSORA.

Esta sección comprende los controles de operación del extruder y cómo estos controles afectan la conducta del plástico y propiedades del producto.



6.1. FACTORES QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO DEL PLASTICO Y PROPIEDADES DEL PRODUCTO.

Los factores que pueden afectar las condiciones de operación de la extrusora y la boquilla son : el ajuste del control de la máquina y la abertura de la boquilla. Pero hay otros factores que son también importantes y deberán ser tomados en consideración. Como pequeñas

variaciones en el suministro de energía, temperatura ambiente, desgaste del cilindro y tornillo, la humedad y variaciones del plástico todas juegan un papel importante en el proceso.

Las condiciones del plástico en la boquilla son determinadas por:

- La energía absorbida por el plástico en el extruder y boquilla. Estas condiciones del plástico son: la presión del plástico, temperatura y rata de flujo.

6.2. CONDICIONES QUE AFECTAN LAS PROPIEDADES DEL PRODUCTO EN LA POST-EXTRUSION.

Después que el plástico sale de la boquilla otra serie de factores influyen en las características de los productos extruídos. Ellas son conocidas como las condiciones de post-extrusión causadas por; el enfriamiento, la calibración y algunos estiramientos del plástico que ocurren.

Las condiciones de post-extrusión son también afectadas por los controles de mando, variaciones en el suministro de energía eléctrica, temperatura ambiente y otros factores.

6.3. PROPIEDADES DE PRODUCTO EXTRUIDO.

- Dimensiones
- Orientación molecular
- Estructura cristalina

Las propiedades del producto terminado como dimensiones, orientación y estructura cristalina son el resultado de todos los procesos involucrados en la extrusión. 5-5.

Para obtener un producto de excelente calidad nosotros debemos tener en cuenta los siguientes controles y ajustes.

- Velocidad del tornillo
- Temperatura del cilindro
- Temperatura del tornillo
- Restricciones de tamices de la rejilla
- Temperatura de la boquilla
- Orificio de la boquilla
- Temperatura de la zona de alimentación
- Temperatura de precalentamiento del plástico
- Grado de llenado en la tolva
- Velocidad de arrastre o tiro.
- Temperatura de enfriamiento.

6.4. EFECTOS DE LOS AJUSTES DE CONTROL EN EL PROCESO DE EXTRUSION.

6.4.1. Incremento de Temperatura en la Zona de Medición. Con un incremento en la temperatura en la zona de dosificación, la temperatura del plástico se incrementará y la viscosidad del plástico decrecerá. La eficiencia de la mezcla transportada también decrecerá, porque la fricción entre el plástico y el cilindro será menor, por consiguiente la salida de material será baja. Se requiere que la máquina tenga un pirómetro por cada resistencia en el cilindro y en el cabezal, de esta manera podemos controlar la temperatura del proceso. También es importante que las resistencias del cilindro están cada una refrigeradas por un ventilador que elimina el exceso de calor generado por la extrusora.

Debemos tener en cuenta que la máquina extrusora y los equipos auxiliares se deben mantener en óptimas condiciones para poder lograr una excelente calidad en los productos fabricados, esto se alcanza si hacemos un buen mantenimiento a los equipos que están involucrados en la extrusión.

Con alguna periodicidad debemos hacer chequeos a los instrumentos de control del proceso, tales como: controles de velocidad, pirómetros, traductores de

presión, etc.

También es importante recordar que se requiere de un diseño apropiado de la boquilla y de los dispositivos de calibración para obtener un producto con características de excelente calidad.

7. PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE Y PARADA DE LA LINEA DE EXTRUSION.

Inicialmente energizamos la máquina y conectamos las resistencias, hay que esperar un tiempo prudencial, alrededor de 45 minutos, hasta que estemos seguros de que el plástico está fundido en el cilindro y en el cabezal.

A continuación haremos las siguientes verificaciones antes de arrancar:

- Chequear que se tiene el plástico correcto y que no está contaminado.
- Si se usan aditivos chequear que estos sean los adecuados.
- Si usamos pigmentos, debemos mezclarlos en un equipo auxiliar.
- Debemos abrir la válvula que suministra agua de refrigeración a la zona de alimentación de la tolva.
- Llenar los tanques de agua de refrigeración y calibración.
- Chequear que la bomba de la unidad de calibración este

funcionando correctamente.

- Chequear que la unidad de arrastre funcione correctamente.
- Debemos planear el orden para la producción de los diferentes artículos plásticos así:
 - a) Primero debemos procesar los plásticos de baja viscosidad y luego los de alta de viscosidad.
 - b) Si vamos a cambiar de colores, primero trabajamos con colores claros y luego con colores oscuros.
- Cargar la tolva con material plástico.
- Ajustar las temperaturas en el cilindro y cabezal.

Cada planta en particular debe desarrollar sus propias reglas y procedimientos de arranque de operación de las líneas de extrusión.

Se recomienda llevar una estadística en una hoja de protocolo que incluya:

- a) Nombre del producto a fabricar.
- b) Tipo de plástico utilizado y referencia del pigmento.
- c) Peso en gramos por metro lineal del artículo.
- d) Dibujo con sus medidas para controlar calibración
- e) Temperaturas en las diferente zonas de cilindro y cabezal.
- f) RPM del tornillo.

- g) Amperaje del motor de la extrusora.
- h) Temperatura del agua de la unidad de enfriamiento.
- i) Presión de vacío en la unidad de calibración.
- j) Velocidad de halado.

Describiremos ahora el proceso de arranque de una línea de extrusión para la fabricación de pitillos.

- a) Verificamos que las temperaturas de cilindro y cabezal hayan alcanzado el punto de operación.
- b) Arrancamos el motor de la extrusora a baja velocidad y chequeamos que el amperaje esté dentro de los rangos de operación.
- c) Esperamos alrededor de 2 ó 3 minutos hasta que el plástico salga por la boquilla en forma uniforme.
- d) Enhebramos la tira de plástico que sale de la boquilla de la extrusora pasándola por la unidad de calibración y enfriamiento, hasta llevarla a la unidad de arrastre, en esta unidad ajustamos las correas y ponemos en funcionamiento el motor para que empiece a halar en forma automática; prendemos la bomba de vacío.
- e) A continuación vamos aumentando lenta y cuidadosamente la velocidad del extruder y la velocidad de la unidad de arrastre hasta alcanzar la velocidad de operación, luego aproximamos la unidad de calibración hacia la boquilla hasta aproximadamente 25 milímetros de

la boquilla; cuidadosamente abrimos la válvula que conecta el vacío con la cámara de calibración y ajustamos el vacío necesario para obtener el tubo en óptimas condiciones.

f) Se conecta el sistema de corte automático en la unidad de arrastre. Se verifica la longitud del pitillo y se hacen ajustes si es necesario. Así mismo verificamos el diámetro y hacemos ajustes en la unidad de calibración si son requeridos.

En este punto la máquina se encuentra operando en forma industrial, los pitillos caen a un recipiente donde son recogidos para su empaque; antes de proceder al empaque hacemos una verificación de calidad y tomamos datos estadísticos, como peso del pitillo, verificamos si el color está correcto, que el pitillo tenga una buena apariencia, que no presente irregularidades en su superficie, etc.

8. DISEÑO DE LA MAQUINA EXTRUSORA.

Se diseñó la máquina en sistema modular con unidades independientes que nos permitan tener una mayor flexibilidad para la fabricación de los diferentes productos.

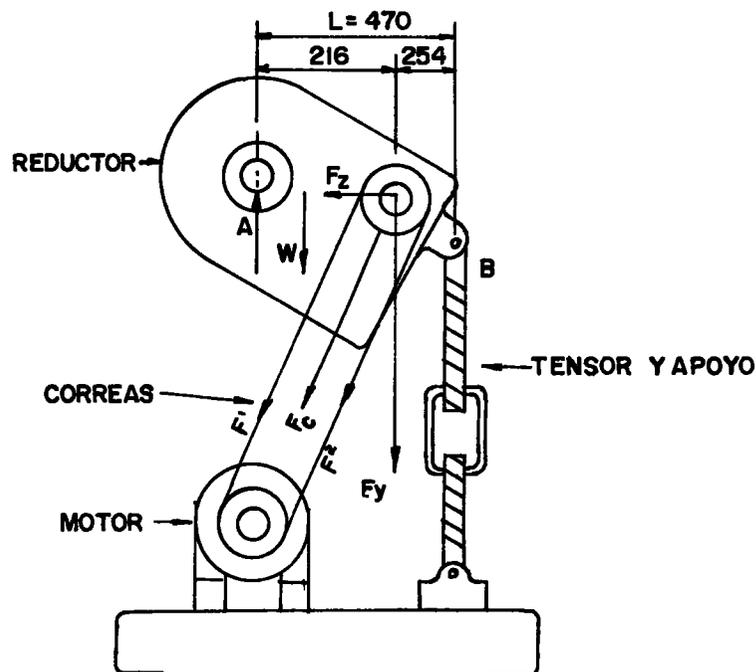
La máquina está diseñada en una forma sencilla pero de construcción robusta, en ella podemos fabricar tubos en pvc rígido, mangueras en polietileno, pvc flexible, pitillos en polipropileno, perfilera en pvc flexible y caucho termoplástico, mallas para empaque de frutas y hortalizas. Ver anexo 3.

La extrusora que vamos a construir tiene las siguientes características técnicas:

- Reductor de velocidad de dos etapas, tipo shaftmounted, es decir para montar directamente al eje mediante un manguito cónico para 30 hp clase 3, reducción 15:1

- Motor de corriente continua de 30 HP 1750 RPM.
- Anillo plastificador con diámetro de 60 mm. L/D 26:1.
- Cilindro Bimetálico XALOY.
- Caja de rodamientos fundida en acero sae 1035.
- Transmisión por 4 correas en v entre el motor y el reductor tipo B 96
- Estructura construída en lámina acero A-36 de 5/16" y 1/4".
- Rodamiento axial de rodillos a rótula capaz de soportar una carga de 46.000 kgr.
- Rodamientos del eje de accionameinto de rodillos a rótula.
- Tolva de alimentación con capacidad de 25 kg.
- Zona de alimentación de la extrusora refrigerada por agua.
- Eje de accionameinto.
- Armario de controles eléctricos.
- Unidad de calibración y enfriamiento.
- Unidad de arrastre.

8.1. CALCULOS DE LA FUERZA RESULTANTE (R_Y) SOBRE EL EJE DE ACCIONAMIENTO DEL HUSILLO DEBIDO AL REDUCTOR Y CORREAS DE TRANSMISION.



CALCULOS DE LA FUERZA RESULTANTE (R_Y) SOBRE EL EJE DE ACCIONAMIENTO DEL HUSILLO DEBIDO AL REDUCTOR Y CORREAS DE TRANSMISION.

Figura 55

Datos	$W = 385 \text{ lbf} \approx 175 \text{ Kgf}$	= Peso del reductor
n motor	= 1750 rpm	= Velocidad del motor
D polea	= 203.2 mm	= Diámetro de la polea
Rp	= 10.16 cms	= radio de la polea
JHP	= 1.01 cv	

$$A = \frac{(aW + Fyb)}{L} \implies$$

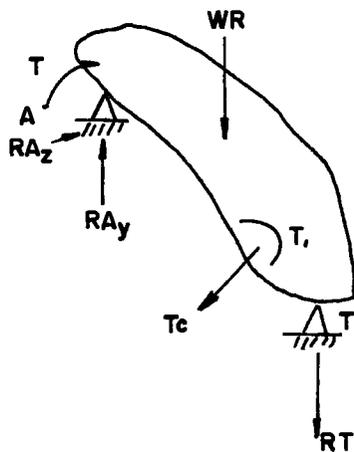


DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE
Figura 55-1

A= Reacción en el eje de accionamiento debido al peso del reductor que al torque del motor, y al apoyo del rector.

a= Distancia desde el apoyo del reductor al centro de gravedad del mismo.

W= Peso del reductor.

Fy= Resultante vertical de las fuerzas ejercidas.

b= Distancia de la resultante vertical al apoyo del reductor.

L= Distancia del eje al apoyo en el plano.

La polea del reductor recibe 30.0 HP

entonces :

$$Tc = \frac{71620 \times CV}{n} = \frac{71620 \times 30.3 \text{ cv}}{1750 \text{ rpm}}$$

$$Tc = 1240 \text{ kg X cm}$$

Tc = Momento de torsión transmitido por la polea del reductor.

$$F_c = F_1 + F_2 \implies F_c = \text{Fuerza de flexión producida por la correa}$$

$$F_c = 2 (F_1 - F_2) = 2Tc/Rp$$

$$F_c = 2 (1240 \text{ kg.cm}/10.16 \text{ cm} = 244 \text{ kg}$$

$$F_{cx} = F \cos 76^\circ = 59.02 \text{ kg}$$

$R_{Ay} = (a_w = f_{yb}) / b \implies R_{Ay} = \text{Reacción de A en el eje Y.}$

$$R_{Ay} = \frac{(41.95 \text{ cm} \times 175 \text{ kgf} + 236.75 \text{ kgf} \times 25.4 \text{ cm})}{47 \text{ cms}}$$

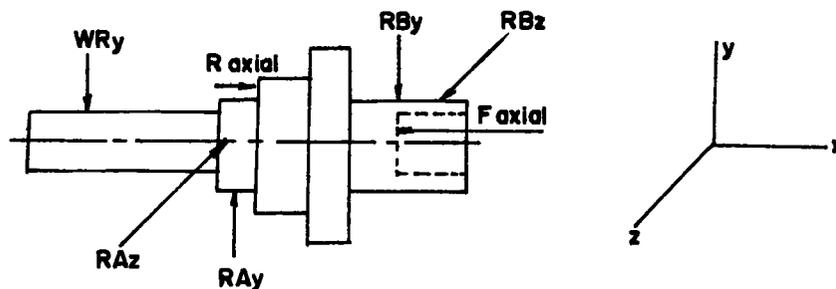
$$R_{Ay} = 284.1425 \text{ Kgf} \quad 284.14 \text{ kgf} \quad R_{Ay} = 284.14 \text{ kgf} = W_{Ry}$$

$$R_{Az} = F_{cz} = 59.02 \text{ kgf} \quad R_{Az} = 59.02 \text{ kgr} = W_{Rz}$$

Con estos valores de las reacciones en el eje de accionamiento debidas al reductor, a las correas y al apoyo del reductor, podemos empezar a verificar el diseño del eje. Estas cargas nos generan flexión por lo tanto es necesario verificar el eje en fatiga.

Procederemos a calcular las reacciones en el eje de accionamiento.

8.2. CALCULO DE LAS REACCIONES EN EL EJE DE ACCIONAMIENTO EN LOS EJES X, Y, Z.



REACCIONES EN LOS EJES X, Y, Z.
Figura 56

8.3.1. Cálculo de las Reacciones en el Eje Y.

$$\Sigma M_{Ay} = -w_r \times 23.95 + R_B \times 27.85 = 0$$

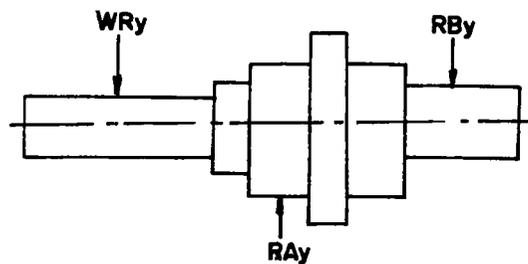
$$\Sigma M_{Ay} = -284/14 \text{ Kf} \times 23.95 \text{ CM} + r_b \times 27.85 \text{ CM} = 0$$

$$R_{By} = \frac{284.14 \text{ Kgf} \times 23.95 \text{ cm}}{27.85 \text{ cm}} = \frac{6805}{27.85} = 247.45 \text{ kgf}$$

$$\Sigma F_{\text{verticales}} = -284.14 - 247.45 + R_A = 0$$

$$R_{Ay} = 284.14 \text{ kgf} + 247.45 \text{ kgf} = 531.6 \text{ kgf}$$

$$R_{Ay} = 531/6 \text{ kgf} \quad R_{By} = 247.45 \text{ kgf.}$$



REACCIONES EN EL EJE Y.
Figura 58

Donde : R_{Ay} = Reacción en el apoyo A
 R_{By} = Reacción en el apoyo B

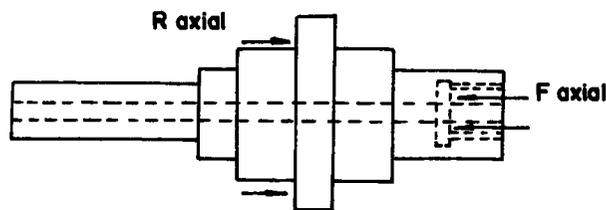
8.3.2. Cálculo de la Reacción en el Eje X. Calculamos ahora la reacción en el rodamiento axial en el eje X debido a la presión que se genera en el cabezal y que es transmitida al eje por el husillo, en el cabezal se genera una presión máxima de 5000 psi.

La fuerza de empuje F axial es igual a la presión que se genera en el cabezal y que la recibe el tornillo multiplicada por el área de la sección transversal de éste (tornillo).

Diámetro del tornillo = 60 mm = 6 cms

$$F_{axial} = \frac{5000 \text{ psi} \cdot \pi(6\text{cm})^2}{4} = 352.3 \text{ Kg/cm}^2 \times 28.27 \text{ cm}^2$$

$$F_{axial} = 9.959.5 \text{ kgf}$$



REACCIONES EN EL EJE X.
Figura 59

8.4. CALCULO DEL MOMENTO FLECTOR RESULTANTE EN EL EJE DE ACCIONAMIENTO DEBIDO AL PESO DEL REDUCTOR Y A LAS CORREAS EN LA SECCION CRITICA.

$$MFR = \sqrt{MAZ^2 + MAY^2}$$

Momento flector en el eje Z MAZ debido a la carga R_z en el apoyo A.

$$MAZ = RZ \times 23.95 \text{ cm}$$

$$MAZ = 59.02 \text{ kgf} \times 23.95 \text{ cm} = MAZ = 1413 \text{ kgr cm}$$

$$\text{Momento flector en el eje y } MAY = R_y \times 23.95 \text{ cm}$$

$$MAY = 284.14 \text{ kgf} \times 23.95 \text{ cm} \quad MAY = 6805.15 \text{ kfg cm}$$

$$MFR = \sqrt{(1413)^2 + (6805.15)^2} = \sqrt{1996569 + 46310067}$$

$$MFR = \sqrt{48306636} \quad MFR = 6950.29$$

8.5. CALCULO POR RESISTENCIA PARA EJE DE ACCIONAMIENTO
EN LA SECCION CRITICA.

$$M = 0 \quad \sigma_A = \pm \sigma = \frac{32 f_1 mFc}{\pi (d - d_o)}$$

$$\sigma_a = \frac{32 \times 1.25 \times 6950.29 \times C}{\pi [(7.62 \text{ cm})^4 - (1.27 \text{ cm})^4]} \quad \frac{D}{2} = C = 3.81$$

$$\sigma_a = \frac{278011.6 \times c}{10583.61} = 26.26 \text{ kgr/cm}^2 \times 3.81 \text{ cm}$$

$$\sigma_a = 100.05 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_m = \tau = \frac{16 \text{ FA MTC}}{\pi (D^4 - D_o^4)} \quad \tau_a = 0$$

$$\tau_m = \frac{16 \times 1.25 \times M_{\text{torsor}} \times C}{\pi (D^4 - D_o^4)}$$

Momento Torsor Efectivo = MTE

$$MTE = \frac{71620 \times CV_{\text{efectivos}}}{RPM}$$

Caballos efectivos en el eje = potencia motor x n_{motor} x n_{correas} x n_{reductor} = CV_{efectivos}.

Eficiencia del motor n_M = 0.97%

Eficiencia de la transmisión por correas n_{correas} = 0.85%

Eficiencia del Reductor n_{red.} = 0.95%

Potencia en el motor = 30.3 CV

Potencia en el eje = 30.3 x 0.97 x 0.85 x 0.95

Potencia en el eje = 24CV

Momento torsor efectivo en el eje MTE

$$MTE = \frac{71620 \times 24}{RPM \text{ eje}} = 17188 \text{ kgr cm}$$

MTE = 17188 kgr cm = 14888 lbs pulg.

$$\tau_m = \frac{16 \times 1.25 \times M_{\text{torsor}} C}{\pi [(7.62 \text{ cm})^4 - (1.27 \text{ cm})^4]} \quad C = D/2 = 3.81 \text{ cm}$$

$$\tau_m = \frac{343760}{10583.62} = \frac{32.48 \text{ kgr}}{\text{cm}^3} \quad 3.81 \text{ cm} =$$

$S_y =$ para acero 4340 con diámetro de 6" $\approx 4000 \text{ kgr/cm}^2$

$$\tau_m = 97.44 \text{ kgr/cm}^2 \leq 0.5 s_y$$

$$\tau_m 97.44 \text{ kgr/cm} \leq 2000 \text{ kgr/cm}^2$$

no falla por resistencia en torsión.

8.6. CALCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD PRO RESISTENCIA EN FLEXION.

$$1/FS = \sigma_m/s_y + k_f \sigma_ae/s_n$$

$$S_n = 0.5 \times 8577 \times 0.9 \times 0.8 \times 0.65 = 1605 \text{ kgr/cm}^2$$

$$K_f = 1 + q (k_t - 1) \quad \begin{array}{l} k_t \text{ de tablas para } D = 80 \text{ mm} \\ d = 76.2 \text{ mm} \quad r = 5 \text{ mm} \\ D/d = 1.04 \\ k_t = 1.8 \end{array}$$

$$K_F = 1 + q (K_t - 1) \quad q = 0.9$$

$$K_F = 1 + 0.9 (1.8 - 1)$$

$$K_F = 1.52$$

$$K_C = 1/K_F = 1/1.52 = 0.65$$

$$S_n = 1605 \text{ kgr/cm}^2$$

$$1/FS = \sigma_m/S_y + K_F \times \sigma_a/S_n$$

$$\sigma_m = \sqrt{4\tau^2} = 2 \tau = 2 \times 97.44 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_m = 194.88 \text{ kgr/cm}^2$$

$$\sigma_{ae} = \sqrt{\sigma_a^2} = 100.05 \text{ kgr/cm}^2$$

Sy para acero 4340 de 6" de diámetro lo podemos tomar como 4000 kgr/cm²

$$1/FS = 194.88/4000 + 1.52 \cdot 100.05/1605 = 0.143$$

FS = 6.99 No falla por resistencia en flexión.

8.7. CALCULO POR RIGIDEZ EN FLEXION.

$$\delta_{\max} = \frac{FL^3}{3EI}$$

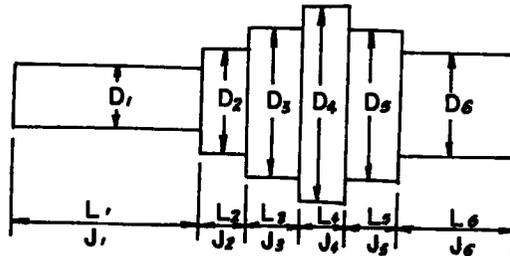
$F = 284.14 \text{ kgr} = 624.8 \text{ lbf}$
 $E = 3 \times 10^7 \text{ Lbs/pulg}^2$
 $I = \pi D^4 / 64 = 3.97 \text{ pul}^4$
 $L = 7.99 \text{ pulg}$

$$\delta_{\max} = \frac{624.8 \text{ Lbf} \times (7.99 \text{ pulg})^3}{3 \times 3 \times 10^7 \text{ psi} \times 3.97 \text{ pul}^4}$$

$$\delta_{\max} = 0.000891" \leq \delta_{\text{adm}}$$

τ admisible $\leq 0.001"$ No falla por rigidez en flexión.

8.8. CALCULO DEL EJE DE ACCIONAMIENTO POR RIGIDEZ EN TORSION.



EJE DE ACCIONAMIENTO (RIGIDEZ EN TORSION).
Figura 60

$$LT = 2.92 \text{ pies}$$

$$G = 11.5 \times 10 \text{ Psi}$$

K = módulo de elasticidad en torsión

$$J = \frac{\pi (D^4 - d^4)}{32}$$

J = Momento polar de inercia

k = cte elástica en torsión

$$\theta^\circ \leq \theta \text{ ad}$$

$$\theta^\circ = \frac{180 T}{\pi} \times \frac{1}{KT}$$

$$Ki = \frac{GJi}{Li}$$

$$D1 = 3''$$

$$L1 = 18.110''$$

$$D2 = 3.150''$$

$$L2 = 3.346''$$

$$\begin{aligned}
 D3 &= 3.346'' & L3 &= 1.456'' \\
 D4 &= 5.905'' & L4 &= 1.181'' \\
 D5 &= 5.315'' & L5 &= 5.512'' \\
 D6 &= 4.724'' & L6 &= 5.433'' \\
 d_o &= 0.5''
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 J1 &= 7.95 \text{ pulg}^4 \\
 J2 &= 9.66 \text{ pulg}^4 \\
 J3 &= 12.30 \text{ pulg}^4 \\
 J4 &= 119.36 \text{ pulg}^4 \\
 J5 &= 78.34 \text{ pulg}^4 \\
 J6 &= 48.89 \text{ pulg}^4 \\
 1/KT &= 2.55 \times 10^{-7}
 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{KT} = \frac{1}{K1} + \frac{1}{K2} + \frac{1}{K3} + \frac{1}{K4} + \frac{1}{K5} + \frac{1}{K6}$$

$$\begin{aligned}
 K1 &= 5048316 \text{ lb x pulg} \\
 K2 &= 33200837 \text{ lb x pulg} \\
 K3 &= 97149725 \text{ lb x pulg} \\
 K4 &= 1162269263 \text{ lib x pulg} \\
 K6 &= 103485183 \text{ lb x pulg}
 \end{aligned}$$

$$\theta^\circ = \frac{180 T}{\pi} \times \frac{1}{KT}$$

$$\theta = \frac{180 \times 18.795 \times 2.55 \times 10^{-7}}{\pi} = 0.28^\circ$$

$\theta = 0.28^\circ$ con el momento torsor nominal ahora calculamos θ con el torsor efectivo en el eje = MTE = 17188 kgrcm = 14888lb pulg.

$$\theta = \frac{180 \times 14888 \times 2.55 \times 10^{-7}}{\pi}$$

θ efectivo = $0.22^\circ \leq \theta$ admisible

θ admisible = $0.22^\circ \leq \theta$ admisible

θ admisible = 0.08° por pie

Longitud del eje 2.92 pies

θ admisible = $0.08^\circ \times 2.92 = 0.23^\circ$

θ efectivo $0.22^\circ \leq 0.23^\circ$ θ admisible

El eje está bien diseñado por rigidez en torsión

8.9. CALCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD DEL EJE DE ACCIONAMIENTO POR ESFUERZOS COMBINADOS.

$$\frac{S_y}{2FS} = \sqrt{\frac{\sigma_{eq}^2}{2} + \tau_{eq}^2}$$

S_y para acero 4340 con diámetro de 6" es 4000 kgr/cm²

Su para acero 4340 es 7000 kgr/cm² para ejes con diámetro

de 6" tomamos un valor equivalente al 75% de su valor equivalente al 75% de S_u .

$$S_u = 5250 \text{ kgr/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{equiv}} = \sigma_m + KF \frac{S_y}{S_n} \sigma_a$$

$$\sigma_a = \sigma = 100.05 \text{ kgr/cm}^2$$

$$\sigma_m = 2\tau = 2 \times 97.44 \text{ kgr/cm}^2 = 194.88 \text{ kgr/cm}^2$$

$$\sigma_m = 194.88 \text{ kgr/cm}^2$$

$$KF = 1.52$$

$$S_y = 4000 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_n = 1605 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{equiv}} = 194.88 \text{ Kgr/cm}^2 + 1.52 \times 4000 \text{ kgr/cm}^2 / 1605 \text{cm}^2 \times 100.05 \text{ kgr/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{equiv}} = 573.88 \text{ kgr/cm}^2$$

$$\tau_{\text{eq}} = \tau_m + KF S_{\text{sy}} / S_{\text{sn}} \tau_a$$

$$\tau_a = 0$$

$$\tau_{\text{eq}} = \tau_m = \frac{16 F_s T}{\pi (D^4 - d_o^4)} = 97.44 \text{ Kgr/cm}^2$$

$$\frac{S_y}{2FS} = \sqrt{\frac{\sigma_{\text{equ}}^2}{2} + \sigma_{\text{eq}}^2}$$

$$S_y = 4000 \text{ Kgr/cm}^2 ; \sigma_{\text{equiv}} = 573.88 \text{ kgr/cm}^2$$

$$\frac{S_y}{2FS} = \sqrt{573.88 \text{ kgr/cm}^2 + 94.44 \text{ kgr/cm}^2}$$

$$\frac{S_y}{2FS} = 581.59 \text{ kgr/cm}^2$$

$$\frac{4.000}{2 \times 581.59} = FS = 3.43$$

8.10. CALCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD DEL EJE DE ACCIONAMIENTO POR MOMENTOS FLECTOR Y TORSOR.

$$\frac{S_y}{2FS} = \frac{16}{\pi d} \sqrt{M \frac{S_y}{S_e} + T^2}$$

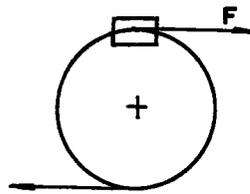
$$\frac{S_y}{2FS} = \frac{16}{\pi \times 7.62} \times \sqrt{69.50 \text{ kgrcm} \frac{4.000}{1605 \text{ kgr/cm}^2} + (17188 \text{ lgr cm}^2)}$$

$$\frac{S_y}{2FS} = 279.7 \quad FS = \frac{4.000}{2 \times 279.7} = 7.14$$

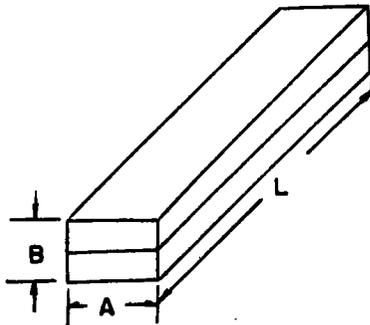
$$FS = 7.14$$

8.11. CALCULO DE LA CUNA DEL REDUCTOR DE VELOCIDAD LA
CALCULAMOS POR RESISTENCIA EN ESFUERZO CORTANTE.

$MT_{max} = 14888 \text{ lbs pulg.}$ $MT_{max} = \text{Momento torsor máximo}$
 aplicado al eje.



$$r = 1.5''$$



$$A = 1''$$

$$B = 1''$$

$$L = 9''$$

CUNA DE REDUCTOR.
Figura 61

Vamos a calcular la fuerza F que produce los esfuerzos
cortantes en la cuña.

$$F = \frac{MT}{K} = \frac{14888 \text{ lbs pulg}}{1.5 \text{ pulg.}}$$

$$F = 9925 \text{ lbsf.}$$

La cuña tiene las siguientes dimensiones:

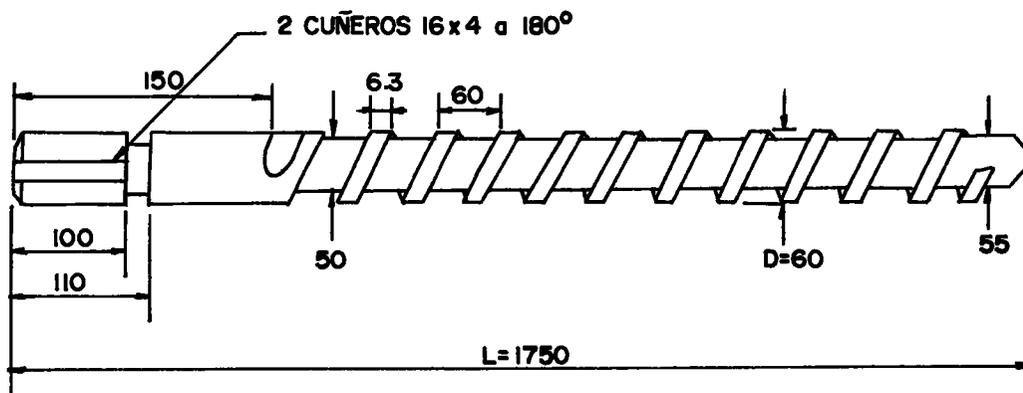
$$1" \times 1" \times 9"$$

El área de la sección resistente de la cuña es:

$$A \times L = 1" \times 9" = 9 \text{ Pulg}^2$$

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{9925 \text{ lbf}}{9 \text{ pulg}^2} = 1.103 \frac{\text{lbs}}{\text{pulg}^2}$$

8.12. DISEÑO DEL TORNILLO PLASTIFICADOR.



DIMENSIONES DEL TORNILLO.
Figura 62

CALCULO DEL DISEÑO POR RESISTENCIA.

$$\tau = \frac{16 F_s T_c}{\pi (D^4 - d_o^4)}$$

$$D = 5 \text{ cm}$$

$$d_o = 1.11 \text{ cm}$$

$$c = D/2 = 2.5 \text{ cm}$$

$$F_s = 1.25$$

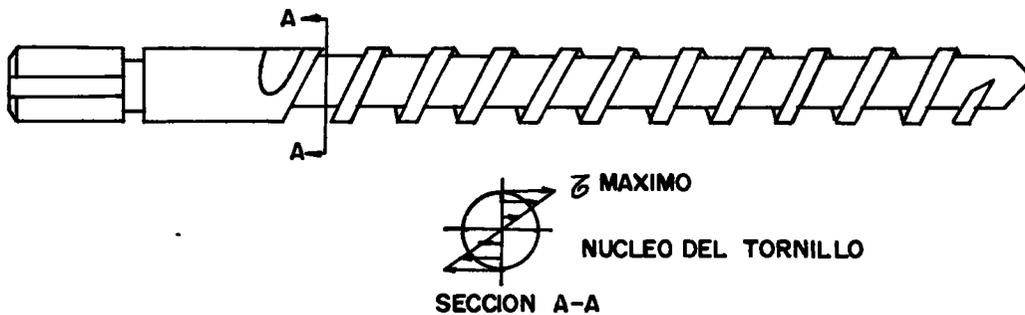
$$\tau = \frac{16 \times 1.25 \times 17188 \text{ kg cm} \times 2.5 \text{ cm}}{\pi (5 \text{ cm})^4 - (1.11 \text{ cm})^4} T = 17188 \text{ kgr cm}$$

$$\tau = \frac{859400 \text{ kgrxcm}}{623.48 \text{ cm}^2} = 1378 \text{ kgr/cm}^2$$

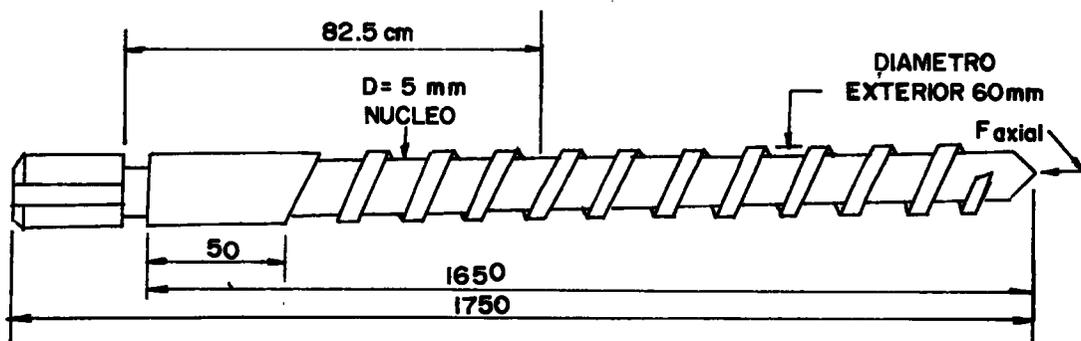
Formula de comprobación rápida.

$$\tau = \frac{16 T}{\pi D^3} = \frac{16 \times 17188}{\pi \times 5 \text{ cm}^3} = 700.3 \text{ kgr/cm}^2$$

El esfuerzo cortante en el tornillo es el resultado del torque sobre ésta.



ESFUERZO CORTANTE DEL TORNILLO.
Figura 63



FUERZAS QUE ACTUAN SOBRE EL TORNILLO.
Figura 64

$$\pm \sigma = \frac{32 \text{ FA MFC}}{\pi (D^4 - d_o^4)}$$

$$\sigma = \frac{32 \times 1.25 \times 2325 \text{ kgrcm} \times 2.5 \text{ cm}}{\pi ((5 \text{ cm})^4 - (1.11 \text{ cm})^4)}$$

$$\sigma = \frac{232500 \text{ kgrcm}^2}{1958.9 \text{ cm}^2} = 118.68 \text{ kgr/cm}^2$$

$$\sigma = 118.68 \text{ kgr/cm}^2$$

W = peso del tornillo

$$W = 30 \text{ kgr}$$

MF = Momento flector debido al peso en la sección crítica

$$MF = W \times 77.5 \text{ cm} = 2325 \text{ kgrcm}$$

$$C = D/2 = 2.5 \text{ cm}$$

Fa = Fuerza Axial

$$F \text{ axial} = \frac{\pi D \text{ext}^2}{4} \times \text{Presión}$$

$$\sigma = 118.68 \text{ kgr/cm}^2$$

Fa = Fuerza axial que actúa sobre el área de la sección transversal del tornillo debido a la presión del plástico en el extremo del cilindro.

La presión Máxima del plástico en el extremo del cilindro es aproximadamente de 5000 psi \approx 340 kgr/cm²

La fuerza axial = presión del plástico x área de la sección transversal del tornillo.

$$\text{Area} = \frac{\pi D^2}{4} = 28.27 \text{ cm}^2 \quad \text{Area de la sección } 28.27 \text{ cm}^2$$

$$F_{\text{axial}} = 9613 \text{ kgf.}$$

$$\sigma_{\text{fa}} = \frac{4 F_s F_a}{\pi (D^2 - d_o^2)} = \frac{4 \times 1.25 \times 9613 \text{ kgr}}{\pi (34.79) \text{ cm}^2}$$

$$\sigma_{\text{fa}} = 426.04 \text{ kgr/cm}^2 \text{ compresión} \quad \tau = 700.3 \text{ kgr/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{am}} = 0$$

$$\sigma_{\text{me}} = \sqrt{\sigma_{\text{fa}} + 4\tau^2}$$

$$\tau_{\text{me}} = \sqrt{(426)^2 + (700)^2} \times \text{kgr/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{me}} = 819 \text{ kgr/cm}^2$$

$$1/F5 = \sigma_{\text{me}}/s_y + k_f \frac{\sigma_{\text{al}}}{s_n}$$

$$\sigma_{\text{me}} = 819 \text{ kgr/cm}^2 \quad s_y = 4000 \text{ kgr/cm}^2$$

$$k_f = 1.61 \text{ de tablas para } D = 60 \text{ mm}$$

$$d = 50 \text{ mm} \quad r = 6 \text{ mm} \quad D/d = 1.2$$

$$r/d = 0.12$$

$$\sigma_n = 1605 \text{ Kgr/cm}^2 \quad \sigma_{al} = \sigma_a = \sigma$$

$$\sigma_{al} = 118.68 \text{ kgr/cm}^2$$

$$\frac{1}{F_s} = \frac{819}{4.000} + 1.61 \frac{118.68}{1.605}$$

$$\frac{1}{F_s} = 0.3237 \quad F_s = 3.08$$

8.13. CALCULO DEL TORNILLO POR RESISTENCIA AL PANDEO.

Fuerza crítica de pandeo = $F_s F =$

$$AT \cdot S_y \left(\frac{1 - S_y e^2}{4 \pi^2 E} \right)$$

$$AT = \frac{\pi (6)^4}{4} = 28.27 \text{ cm}^4 \quad D = 6 \text{ cm}$$

$$AT = 28.27 \text{ cm}^4 \quad L = 175 \text{ cms}$$

- El momento de inercia

$$I = \frac{\pi (6)^4}{64} = 63.61 \text{ cm}^4$$

- El radio de giro es $r = \sqrt{\frac{I}{AT}} = 1.5 \text{ cm}$

8.14. SELECCION DE LAS CORREAS DE TRANSMISION.

- Calculamos el flector de servicio, para máquinas que trabajan continuamente de 16 a 24 horas por día , el factor de servicio de tabla D21 es 1.8 anexo , del catálogo Eaton Power Transsmision.

- Calculamos la potencia de diseño para las correas así: multiplicamos el factor de servicio hallado en la tabla D21 por la potencia nominal del motor que va mover la máquina.

Potencia de diseño = potencia motor x factor de servicio

$$PD \text{ en Hp} = 30\text{Hp} \times 1.8 = 54 \text{ Hp}$$

- En la tabla D22 anexo , en la parte inferior localizamos la potencia de diseño luego leemos la velocidad del eje en el lado izquierdo, que en nuestro caso es 1750 RPM, intersectamos las líneas de potencia y RPM y encontramos el tipo de correa que debemos usar con 54 Hp y 1750 RPM nos recomiendan usar correas tipo b.

- Como la transmisión es manejada por un motor eléctrico buscamos en la tabla D23 el diámetro mínimo de las poleas recomendadas para la transmisión que se halla

siguientes características. Ver anexo 5.

- Carcaza de hierro fundido gris con resistencia a la tensión de 30.000 psi.
- Engranajes helicoidales fabricadas en un aleado templados y rectificadas según tolerancias de clase 10 de la A.G.M.A.
- Ejes de los engranajes montados sobre rodamientos de rodillos cónicos.
- Sellos de aceite de doble labio.
- Todos los piñones son de una sola pieza integrada a su respectivo eje.
- Eje de salida de la transmisión con manguito cónico, lo que permite un fácil montaje y desmontaje al eje que recibe la transmisión.
- Equipado con brazo tensor de correas que al mismo tiempo sirve de soporte al reductor.
- Selección del reductor.

- Seleccionamos el reductor con la siguiente información:

- Máquina que va a operar = extrusora
- Hora de operación por día = 24 horas
- Motor Hp y RPM = 30 Hp 1750 RPM

Con estos datos determinamos la clase de servicio que para este tipo es de clase III según recomendación directa de los ingenieros de la MORSE. Ver anexo 6.

El reductor recomendado es el 315 XM 15 ver anexo .

8.16. SELECCION DEL MOTOR DE ACCIONAMIENTO.

Seleccionamos un motor de corriente continua Morse que presenta las siguientes ventajas.

Son específicamente diseñados para trabajar con corriente rectificadora, excelente conmutación, capacidad Térmica incrementada, rápida respuesta a los cambios de velocidad cuando ajustamos el control electrónico.

Este motor está gobernado por un control electrónico de velocidad que permite arrancar la máquina acelerando poco a poco desde cero de tal manera que la transmisión y el

tornillo no sufran choques.

Tiene incorporado un ventilador que proporciona ventilación forzada este le permite en caso de ser necesario trabajar con sobre carga.

8.17. SELECCION DEL CILINDRO PLASTIFICADOR.

El cilindro plastificador lo seleccionamos con los siguientes datos:

Diámetro del tornillo 60 mm.

L/D del cilindro 24:1 o sea $24 \times 60 = 1440$ mm de longitud.

Se adquirió un cilindro marca XALOY 101 especialmente diseñado para trabajar en extrusoras con un revestimiento interno de una aleación dura. Está diseñado para soportar presiones a altas temperaturas, con un factor de seguridad de 4. Ver anexo 7.

La vida útil del cilindro está estimada en 6 años según el fabricante, trabajando con polietileno de alta densidad y PVC.

8.18. SELECCION DE LOS RODAMIENTOS RADIALES PARA EL EJE DE ACCIONAMIENTO.

Como se produce un momento flector seleccionamos rodamientos de rodillos a rótua así:

- Para el apoyo A que tienen una carga P de 531.6 kgf un rodamiento Ref. 22216 que tiene las siguientes características:

Diámetro interior 80 mm.

Diámetro exterior 140 mm.

Espesor 33 mm.

Carga dinámica 15600 kg.

Carga estática 12900 kg.

Seleccionamos una duración nominal Lh de 50000 horas de la tabla 3 del catálogo SKF hallamos un factor C/P = 5.54 $p^{+ 10/3}$ para rodamientos de rodillos. Ver anexo 8.

$$L_h = \frac{1000000}{60 n} \left(\frac{C}{P} \right)^3 = \frac{1000000}{60 \times 100} (5.54)^3 =$$

Lh = 49856 horas de funcionamiento.

CA Es P = 5.54 (531.6 kg) = 2941.74 kgr.

Diámetro interior 85 mm.

Diámetro exterior 180 mm.

Espesor 58 mm.

Carga dinámica 47500 kg.

Carga estática 86500 kg.

De la tabla 3 de SKF para $L_h=50000$ horas y $n=100$ RPM el factor $C/P = 5.54$.

$$L_h = \frac{1000000}{60 \times 100} (5.54)$$

$$L_h = 299.14$$

$$L_h = 49856.66 \text{ horas}$$

El rodamiento cumple con las exigencias de la máquina.

8.20. UNIDAD DE CALIBRACION Y ENFRIAMIENTO.

Esta unidad está equipada con 2 tanques contruidos en lamina de acero inoxidable calibre 18. En el tanque inferior está la bomba centrífuga de 3.6 HP y 3600 RPM que bombea agua a través de un venturí para general vacio; este vacio es conectado al tanque de calibración por medio de una manguera. Ver anexo 10.

La calibración tiene lugar cuando el plástico fundido entra en la boquilla de calibración, el cabezal de extrusión tiene un torpedo con un agujero que se comunica con el exterior, de tal manera que al interior del tubo que se está extruyendo está a la presión atmosférica al entrar en el tanque de calibración que está con vacío el tubo de plástico se expande hasta tocar las paredes de la boquilla de calibración; el plástico adquiere las medidas finales en esta sección.

- Enfriamiento. Los tubos deben ser enfriados suficientemente en el tanque de calibración y en el baño de enfriamiento, para que mantengan estabilidad dimensional y no se deformen por acción de la unidad de arrastre.

El siguiente método es usado para ayudar a calcular la longitud requerida para el baño de enfriamiento.

Cálculo de la longitud del baño de enfriamiento.

Utilizamos el número de fourier Fo .

$$Fo = \frac{a \times t}{X^2} \quad \text{donde } a = \text{conductividad de temperatura } \text{mm}^2/\text{seg.}$$

t = tiempo de enfriamiento seg.

X = espesor de pared del tubo mm.

Teniendo los datos iniciales podemos calcular la longitud del tanque de enfriamiento así:

- Si cambiamos la conductividad de temperatura (debido al cambio de material) y a el espesor de pared del tubo (cambio de dimensión) uno obtiene el nuevo tiempo de enfriamiento t y de la velocidad de arrastre v_a la nueva longitud del tanque.

V_a = Velocidad de halado o arrastre.

L = longitud del tanque = $V_a \times t$

y F_o = constante , obtenemos :

$$\frac{a_1 L_1}{V_{a1} X_1^2} = \frac{a_2 L_2}{V_{a2} X_2^2}$$

Ecuación 1

Ecuación 2

La ecuación 1 es conocida y podemos despejar L_2

Todas las condiciones limite como la temperatura del agua, el coeficiente de transferencia de calor 224α la temperatura del plástico fundido a la salida de la boquilla, y la temperatura final del tubo pueden permanecer constantes.

Este es un procedimiento que es permitido únicamente con coeficientes de fourier muy grandes. Cuando la relación de resistencia térmica $X/$ a la resistencia de transferencia de calor externa $1/2$ no es muy influyente, esta relación es llamada número de biot y es válida para $Bi > 100$.

$$Bi = \frac{\alpha \cdot X}{\dots}$$

α = Coeficiente de transmisión térmica $X/m^2 K$.
 \dots = Conductividad térmica W/mK .
 X = Espesor de pared del tubo m .

Un ejemplo clarifica estas ecuaciones.

El enfriamiento de un tubo de polietileno de alta densidad con un diámetro de 110 mm. espesor de pared de 10 mm. velocidad de arrastre de 2.2. metros/min y una longitud de enfriamiento de 22 mts es conocido, la pregunta es que longitud para el tanque es requerida para un tubo que tiene la mitad del espesor de pared y la velocidad de arrastre es el doble.

$$L2 = L1 \cdot \frac{a1}{a2} \cdot \frac{Va2}{Va1} \cdot \frac{X2^2}{X1^2}$$

$$\text{con } \frac{a1}{a2} = 1 \quad \frac{Va2}{Va1} = 2$$

$$\frac{X2}{X1} = 1/2$$

Obtenemos $L2 = 22 \text{ m} \times 1 \times 2 \times 1/4 = 11 \text{ mts.}$

8.21. UNIDAD DE ARRASTRE.

Esta unidad está al final de la línea de extrusión y tiene la función de halar el material extruido a través de la unidad de calibración y enfriamiento. Básicamente consiste en un transportador de correas dentadas que se pueden ajustar desde cero hasta una abertura de 75 mm; estas correas producen la tracción del material extruido, en forma uniforme y a velocidad constante. Ver anexo 11.

Está equipada con un motor de corriente continua de 2HP, 1750 RPM; un reductor de velocidad tipo corona y sin fin con relación de reducción de velocidad de 30:1, una caja de engranajes cónicos helicoidales con relación 1:1 para sacar el movimiento por los dos ejes de salida a 90 grados, un variador de velocidad con relación de 2:1, 2 trenes de piñones de cadena que mueven respectivamente.

CONCLUSIONES.

- En los primeros 7 capítulos del proyecto se trató el tema de los plásticos y su comportamiento en la extrusora, este material puede servir como ayuda didáctica para los cursos de tecnología de plásticos.
- En relación con la construcción del equipo de extrusión concluimos que podemos ensamblar estos equipos con las mismas características de uno importado a un costo que oscila entre un 25 a 30% del importado.
- Es muy importante que la Universidad siga incensivando a los futuros profesionales para crear iniciativas empresariales que contribuyan al desarrollo del país, esto se logra a través del trabajo arduo y constante, investigación y desarrollo auspiciada por la universidad, por ejemplo implementando programas de intercambio estudiantil con universidades o fábricas de países desarrollados; esto permite tener acceso a la tecnología que posteriormente se puede implementar en nuestro país.

El costo de construcción de la máquina lo podemos desglosar así:

Motor de Corriente continua de 30HP Importado.	\$ 2.800.000
Control electrónico de velocidad de 30HP Importado.	1.500.000
Reductor de Velocidad de 30 HP 15:1 Importado.	1.600.000
Cilindro Xaloy importado.	1.750.000
Tornillo fabricación nacional.	650.000
Cajas de Rodamientos con eje de accionamiento	850.000
Estructura en platino de acero A36.	650.000
Poleas y correas.	185.000
Resistencias.	200.000
Cabezal de Extrusión con boquillas.	750.000
Tornillería.	150.000
Unidad de Calibración y enfriamiento.	100.000
Unidad de Arrastre.	2.350.000
Pintura general.	100.000
Controles eléctricos.	1.500.000

Valor Total del Equipo al Costo	16.035.000
Valor de un equipo similar importado de Estados Unidos o Alemania	\$68.000.000.00

Como podemos observar el costo de fabricación nacional para una máquina extrusora completa con sus cuatro

unidades (controles, extrusora, unidad de enfriamiento, unidad de arrastre), es alrededor del 23.5% del costo de un equipo importado.

Sus componentes más importantes son importados.

La diferencia de precio se debe a que los países industrializados cobran la tecnología muy cara.

Los tornillos para máquinas extrusoras se pueden manufacturar localmente con excelente calidad y usando máquinas convencionales (torno, rectificadora cilíndrica y rectificadora de torno). No así los cilindros que requieren un rectificado interno con acabado a espejo y con un recubrimiento interno de una aleación que alcanza una dureza de 58 a 60 RC. Esta tecnología no la tenemos actualmente en Colombia.

Ya se están fabricando en el país controles electrónicos para variar la velocidad en motores de corriente alterna, esto hace posible que no se requiera importar motores y controles de corriente continua. De esta manera los costos de construcción del equipo se bajan sustancialmente.

BIBLIOGRAFIA.

- CAICEDO. Jorge, Diseño de Elementos de Máquinas, Tomo II, Teoría y Práctica, Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería, Departamento de Mecánica de Sólidos y Materiales, 1.986, Cali, Págs. 951 - 1029.
- EATON. Power Transmisión Products, Catalogue 9921, Clinton Road Cleveland, Ohio 1984, Secuon D3.
- EXTRUSION OF PLASTICS, Plastics, Plastik Maschinembau, D-5489 Kelberg, República Federal de Alemania, Pág. 1 - 112.
- FAIRES. Virgil, Moring, Diseño de Elementos de Máquinas, Montaner y Simón S.A., Editores, Primera Edición, 1.970, Barcelona, Págs. 337 a 365, 129 - 201.
- HENSEN, Friedhelm, Plastic Extrusion Technology, Primera Edición, 1.988, Hanser Publishers, Munich, Pág. 57-123.

LEVY, SIDNEY, P. E., Plastic Extrusion Technology Handbook, Industrial Press Inc, Primera Edición, 1981, new York, Págs. 1-122, 250-274.

MICHAELI. Walter, Extrusion Dies, Design and Enigineering Computations, Priemra Edición, 1.984, Hanser Publisher, Munich, Págs. 9-25 y 342-360.

MORSE, Power Transmission, Products Catalogue, No. PT-88, Morse Industrial, Emerson Power Transmission Corp., Itahaca, New York 14850, Págs. 1C-49C y 1d-17d.

PLASTICS Engineering Handbook, Of the Society of the plastics, Industry, Inc, New York, Págs. 156-203.

RAUNENDAAL, Chris, Polymer Extrusion, Hanser Publishers, Segunda Edición, 1.990, Munich, Págs. 21-23, 23-46, 222-342, 442-453.

SKF, Catálogo General, Editado por SKF, Suecia, 1973, Págs. 14-53, 350, 274-276.

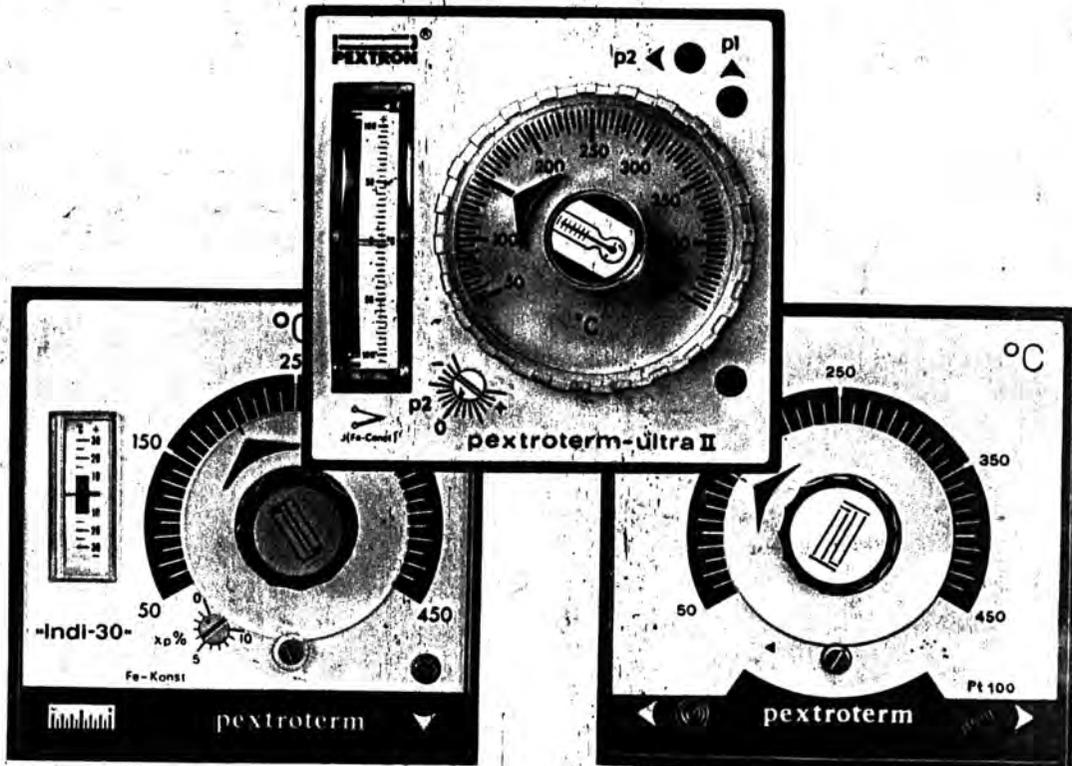
LINHA P
96 x 96 mm

PEXTROTERM PEXTROTERM INDI 30 PEXTROTERM ULTRA

controladores de temperatura



- Ação PD (proporcional diferencial) • Ação LD (liga desliga)
- Ação XP (proporcional diferencial ajustável) • 3 zonas (2 pontos de controle)



**PEXTRON** INDÚSTRIA ELETRÔNICA LTDA.

Ação PD (proporcional diferencial, 1 ponto de controle)

O sinal de entrada, fornecido pelo sensor é comparado com um sinal estabilizado de referência que equivale à temperatura ajustada. A diferença de sinais resultante é aplicada a um amplificador operacional e deste a um multivibrador que comanda um relé de saída.

O circuito de realimentação RC fornece uma resposta proporcional-diferencial PD (vide gráfico). A banda proporcional é fixa em $\pm 2,5\%$ (do fim da escala) simétrica em torno do ponto ajustado.

Durante o aquecimento, quando a temperatura entra na banda proporcional ($-2,5\%$), ocorrem desligamentos proporcionais à posição da temperatura na banda. Assim no início da banda ($-2,5\%$) o tempo ligado é 100% e o tempo desligado é 0%, no centro (ponto ajustado) é 50% ligado e 50% desligado, e no final ($+2,5\%$) inverte-se a situação: 100% do tempo desligado e 0% do tempo ligado.

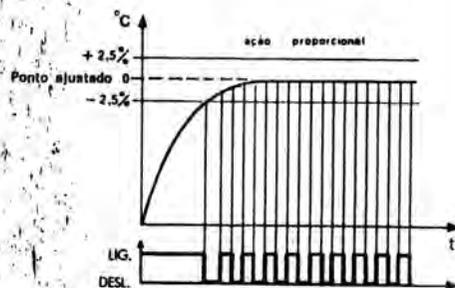


Gráfico 1

Ação XP-Ajustável (proporcional diferencial ajustável, 1 ponto de controle)

Os controladores eletrônicos de temperatura com Xp-Ajustável possuem um potenciômetro na parte frontal do aparelho, que varia o funcionamento da banda proporcional.

Quando o potenciômetro de ajuste Xp está no mínimo a ação de controle se torna LD (vide gráfico 3), girando o potenciômetro ao máximo teremos uma banda proporcional correspondente a $\pm 10\%$ do valor de fim de escala do aparelho, simétrica em torno do ponto ajustado (vide gráfico 2). Demais características, conforme ação PD.

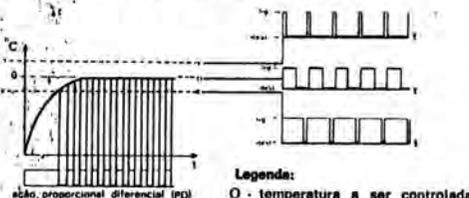


Gráfico 2

Legenda:
O - temperatura a ser controlada
X - início da banda proporcional
Y - fim da banda proporcional

Ação LD (liga-desliga, 1 ponto de controle)

O controlador tipo LD, desliga o sistema de aquecimento na temperatura pré-ajustada na escala, e voltará a ligar num ponto abaixo do ponto de desligamento (vide gráfico 3), sendo esta histerese chamada de diferencial nos controles do tipo liga-desliga.

O diferencial para este tipo de controle é igual a uma divisão menor de escala do aparelho, portanto varia em função da escala utilizada (ex.: no PTI-LD 300°C o diferencial é de cerca de 5°C). O sinal de entrada fornecido pelo sensor é comparado com um sinal estabilizado de referência que equivale a temperatura ajustada. A diferença de sinais resultante é aplicado a um amplificador operacional e deste a um relé de saída.

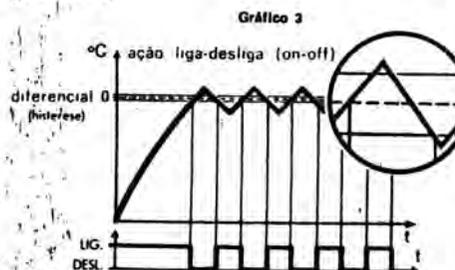


Gráfico 3

3 zonas (2 pontos de controle)

Os controladores de 2 pontos são constituídos por dois circuitos de controle interdependentes, ligados a um sensor comum, com 2 saídas (relés) independentes.

No primeiro ponto ele tem o mesmo funcionamento do controlador simples, com 1 ponto de controle. (PTI/PTU RD ou PTI/PTU LD). O ajuste deste ponto é feito pelo potenciômetro principal (centro da escala). Durante o aquecimento o piloto P₁ (superior) permanece ligado; ao desligar o aquecimento o piloto P₁ é desligado, e o piloto laranja (inferior) é ligado.

O ajuste do segundo ponto de controle (vide gráfico 4a) é feito por um potenciômetro frontal, e a variação é de $-40/0/+40^\circ\text{C}$, em torno do primeiro ponto (vide gráfico 4b e 4c). Atendida a temperatura pré-ajustada no segundo ponto o relé de saída retorna à posição de repouso (acendendo o piloto P₂); este relé pode comandar um sistema de pré-aquecimento, resfriamento, alarme, etc.

No caso do PEXOTERM ULTRA e INDI 30 o indicador mede o desvio da temperatura existente no termopar, em relação à ajustada na escala principal (1.º ponto). Os dois circuitos de controle podem apresentar características PD ou LD em todas as combinações possíveis, todavia os tipos preferenciais são os da tabela 2.

Tipo	Temperatura °C (vide tabela 1)	1.º ponto	2.º ponto
PTI/PTU 3PD/LD	Até 450	PD (Xp fixo = $\pm 2,5\%$)	LD
PTI/PTU 3LD/LD	acima de 450	LD	LD

Tabela 2

Gráfico 4a
O ponto 2 (alarme) tem um ajuste contínuo de $+40^\circ\text{C}$ a -40°C em torno do ponto 1.

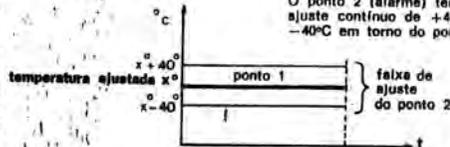


Gráfico 4b
O ponto 2 funcionando abaixo do ponto 1.

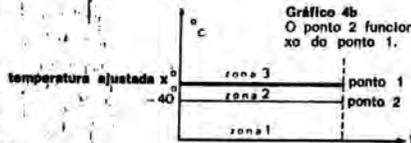
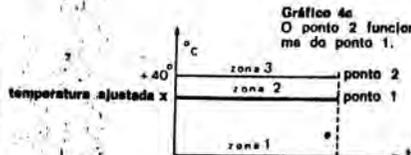


Gráfico 4c
O ponto 2 funcionando acima do ponto 1.



controladores eletrônicos de temperatura

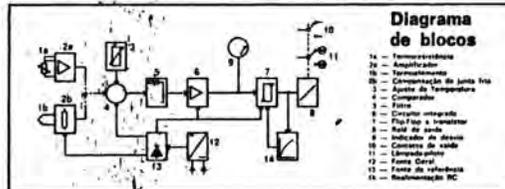
CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os controladores eletrônicos de temperatura são aparelhos em estado sólido, insensíveis a vibrações e choques, podendo funcionar em qualquer posição. Montados em caixa de plástico ABS com as conexões na parte traseira do aparelho, são fornecidos em dois tipos de conexão: a) PII-T: Terminais M4 e arruelas bicromatizadas tipo unha. b) PII-F: Lingüetas "FASTON" para acoplagem de tomada múltipla B-7 ou receptáculos "FASTON" (série 6,3 AMP ou similar).

A diferença entre as séries PTI e PTU é somente no indicador de desvio, ou seja, o PTI possui indicador de desvio (zero central) de $-30/0/+30$, com comprimento de escala de 23 mm e o PTU possui indicador de desvio (zero central) de $-100/0/+100$, com comprimento de escala de 64 mm. A função do indicador é mostrar o desvio da temperatura ajustada em relação à temperatura medida pelo sensor.

O sensor pode ser um termopar ou termoresistência de platina 100 Ohms a 0°C (Pt 100 Ω); para cada faixa de

temperatura de trabalho, existe um sensor adequado (vide tabela 1). A resistência dos condutores de entrada não é crítica; no caso de termopar, pode ser prolongado com fio de compensação (resistência máxima = 50 Ohms), no caso de termoresistência (Pt 100 Ω) pode-se prolongar com fio cobre sem alterar a leitura uma vez que possui um terceiro fio que permite a compensação da resistência do fio.



Símbolo (ANSI)		RTD *				J			K			R			S			
Sensor		Pt 100 Ω				Fe-Const			Ni-Cr-Alum			Pt Rh-Pt 13%			Pt Rh-Pt 10%			
Escalas °C	Início	-10	-50	0	0	25	50	50	0	0	600	50	800	800	50	800	800	
	Fim	-50	+150	50	100	200	300	450	600	1200	1200	1400	1400	1600	1400	1400	1600	
TIPOS	PT	LD																
		PD																
		XP																
	PTI	LD																
		PD																
		XP																
PTU	3LD/LD																	
	3PD/LD																	
	LD																	
	PD																	
	XP																	

* Símbolo não padronizado pela ANSI

Tabela 1



Tomada de ligação "B-7"

Projetadas especialmente para conexão rápida, nos aparelhos com conexão "PII-F", as tomadas B-7 são fabricadas em nylon com 30% de fibra de vidro e dotadas de terminais M 3,5 com arruelas bicromatizadas tipo unha. Seguem norma de padronização DIN e VDE.

especificações

Alimentação	Vca $\pm 20\%$	110	220
Frequência	Hz	48...62	
Resistência de entrada (no caso de termopar)	Ω	50 máx. (não é crítica)	
Sensor	—	vide tab. 1 e folheto de acessórios (sensores)	
Varição de temperatura (em função da temperatura ajustada)	%	< 0,5	
Consumo (todas as séries)	W	≤ 5	
Temperatura de trabalho (ambiente)	$^{\circ}\text{C}$	- 25 ... + 60	
Número de contatos:	— séries PTI/PTU 3 zonas	Inversor	2 independentes
	— demais séries	Inversor	1
	Tensão máxima de comutação	Vca	220
	Tensão de comutação (nominal)	Vca	220
	Intensidade máxima de ligação	A	5
Potência máxima de comutação (resistiva)	VA	500	
Dimensões	—	vide abaixo	
Peso	Kg	$\leq 1,10$	

Sensor		RTD*	J	K	R	S
Polaridade	+	Vide esquema de ligação KL 04003 na página 4	Fe	NI Cr (Cr)	Pt Rh	Pt Rh
	-		Const	NI (Alum)	Pt (13%)	Pt (10%)

Tabela 3

Conexão		PII-T		PII-F
Sensor		J, K, ou S	RTD	J, K, R ou S
TIPOS	PT	LD, PD ou XP	KL 04001	KL 04004
	PTI ou PTU	LD, PD ou XP	KL 04001	KL 04003
		3LD/LD ou 3PD/LD	KL 04008	—

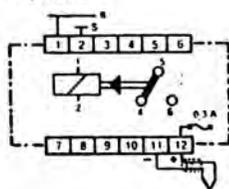
Tabela 4

código de encomenda (exemplos)

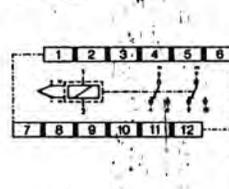
PTU	PD	50/450	(J)	220 CA	(PII-F)	B 7
Tipo	Modo de operação	Escala (vide tabela 1)	Símbolo do sensor (vide tabela 1)	Tensão de alimentação (vide especificações)	Conexão (vide tabela 4)	Tomada de ligação (somente para conexão PII-F vide tabela 4)

esquemas de ligação

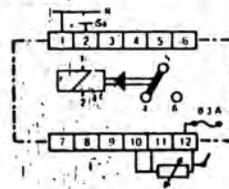
KL 04001



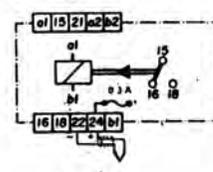
KL 04008



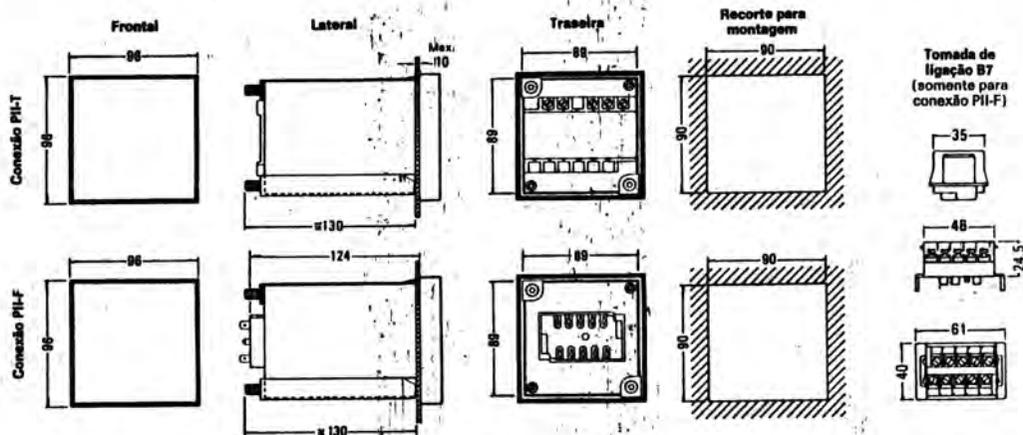
KL 04003



KL 04004



dimensões (mm)



IMPORTANTE: Aparelhos especiais, (com características diversas de escala, alimentação, saída, etc...) poderão ser fornecidos após consulta prévia.

PEXTRON INDÚSTRIA ELETRÔNICA LTDA.

CEP 04084 - Av. Miruna, 513 - São Paulo - S.P. - BRASIL
 Telex: (011) 32259 PEXT BR - C.P. 18-701 - End. Teleg. Pextronix
 TELEFONES: 240-0396 • 240-3811 • 241-6926 • 241-8674
 Rede de representantes em todo Brasil e América Latina

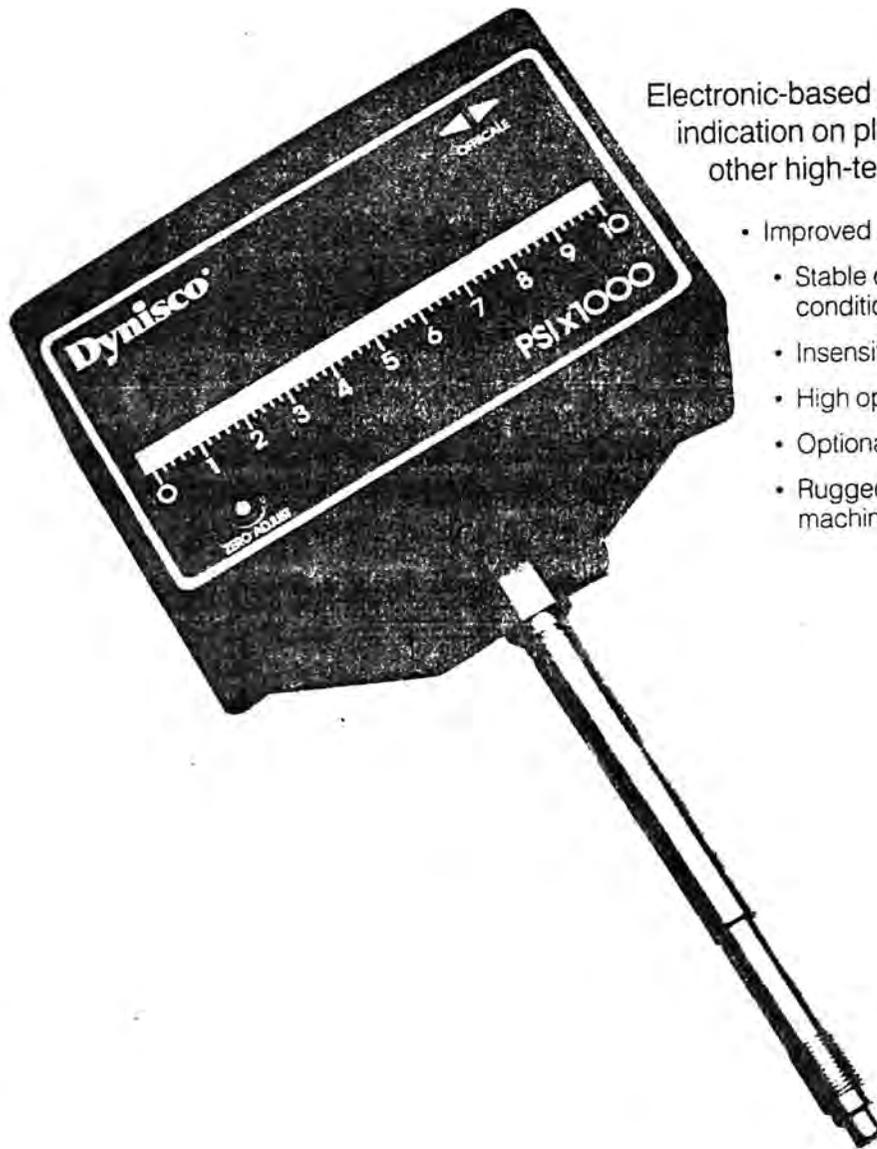
PEXTRON EXPORT

Cx. Postal 18701 - 01000 São Paulo - S.P.
 Telex: (011) 32259 PEXT BR - Brasil
 Fone: 543-2199

Reservamo-nos o direito de alteração sem prévio aviso.

Dynisco®

PLASTIC MELT
PRESSURE GAUGES
MODELS PG541, PG542,
PG551, PG552

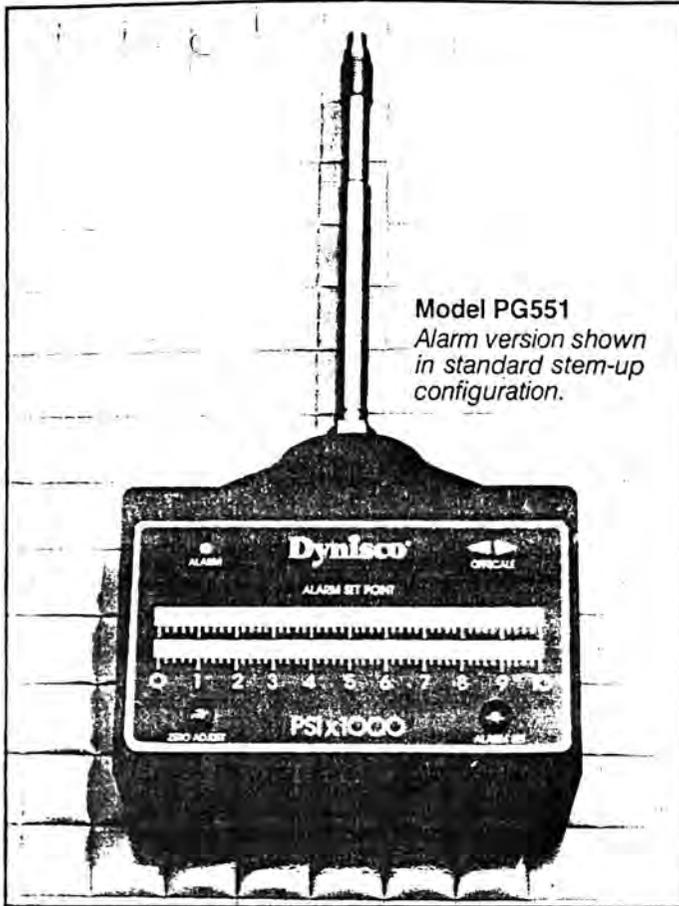


Electronic-based pressure gauges for local indication on plastics/rubber extruders or other high-temperature applications.

- Improved accuracy, stability and reliability
- Stable display during critical start-up conditions
- Insensitive to mounting torque or vibration
- High operating temperature
- Optional, high-pressure alarm model
- Rugged, armoloy-coated, one-piece machined diaphragm

Universitat Autònoma de Barcelona
Departament de Biblioteconomia

Copyright (C) 1986, Dynisco



SPECIFICATIONS

DISPLAY

Pressure ranges.	Range	Maximum Pressure
	0-5,000 PSI	10,000 PSI
	0-10,000 PSI	20,000 PSI
	0-500 BAR or kg/cm ²	1000 BAR or kg/cm ²
	0-1000 BAR or kg/cm ²	1750 BAR or kg/cm ²

Type: 51 Segment Red LED – Single segment bar graph with over- and under-range indication.

Accuracy: ± 2% Full scale

Resolution: 2% Full scale

Zero balance: ± 10% Full scale via front panel potentiometer with offscale indication

MOUNTING

Maximum ambient temperature: 185°F (85°C)

Ambient temperature effect: ZERO: Less than 0.075% full scale/°F
SPAN: Less than 0.025% full scale/°F

Maximum diaphragm temperature: 750°F (400°C)

Zero shift due to temperature change: 15 PSI/100°F typical

Material in contact with pressure media: 15-5 PH stainless steel (armoloy-coated)

Maximum mounting torque: 500 inch-pounds maximum

ALARM VERSIONS – PG551, PG552

Setpoint display: 51 segment yellow LED – single segment bar graph

Setpoint resolution: 2% full scale, 0-100% full scale

Indication: Front panel LED illuminates to indicate alarm condition

Alarm hysteresis: 1% full scale

Alarm relay contact rating: 5 amperes at 115 VAC, 230 VAC (1/10 HP)
5 amperes at 30 VDC, 0.6 amperes at 110 VDC

ELECTRICAL REQUIREMENTS

Power input:

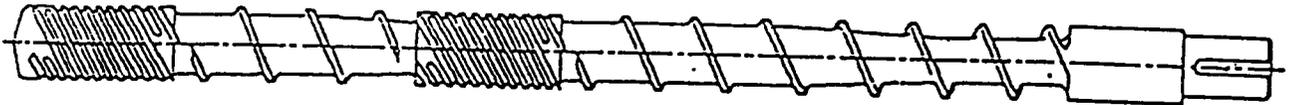
Non-alarm versions: 12 VDC ± 5% at 25 mA typical (50 mA maximum)

Alarm versions: 12 VDC ± 5% at 60 mA typical (100 mA maximum)

Note: Required 12 VDC supplied by user or by using separately specified power supply

WIRE & CABLE SCREW (L/D \geq 24:1)

- * (2) X201 DESIGN
- * INITIATES EARLY MELTING
- * EXCELLENT MELT TEMPERATURE CONTROL
- * LOW MELT TEMPERATURES
- * HIGH OUTPUT
- * RESIN FLEXIBILITY



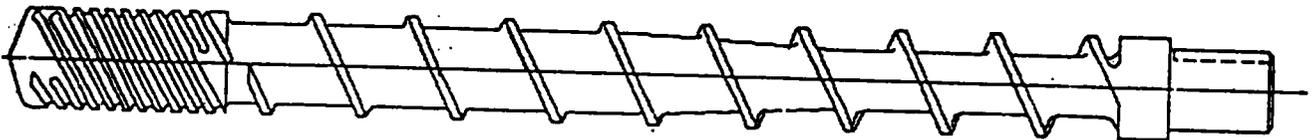
TYPICAL APPLICATION: COMMODITY RESIN CABLE COATING

TYPICAL DESIGN: 4140 BASE MATERIAL
COLMONOY 56/XB30 HARDFACING
(2) X201 MIXERS
CORED FOR COOLING

ALL DESIGN PROPOSALS ARE SUBJECT TO REVIEW OF
A SCREW DESIGN QUESTIONNAIRE

WIRE & CABLE SCREW (L/D < 24:1)

- * (1) X201 DESIGN
- * INITIATES EARLY MELTING
- * EXCELLENT MELT TEMPERATURE CONTROL
- * LOW MELT TEMPERATURES
- * HIGH OUTPUT
- * RESIN FLEXIBILITY



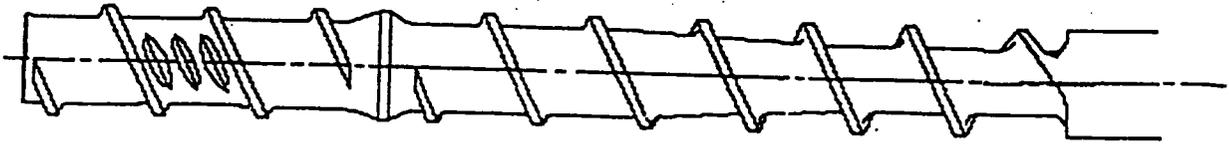
TYPICAL APPLICATION: COMMODITY RESIN CABLE COATING

TYPICAL DESIGN: 4140 BASE MATERIAL
COLMONOY 56/X830 HARDFACING
(1) X201 MIXER
CORED FOR COOLING

ALL DESIGN PROPOSALS ARE SUBJECT TO REVIEW OF
A SCREW DESIGN QUESTIONNAIRE

INJECTION MOLDING MIXING SCREW

- * (1) X202 DESIGN
- * INITIATES EARLY MELTING
- * EXCELLENT MELT TEMPERATURE HOMOGENEITY WITHOUT DEGRADATION
- * LOW MELT TEMPERATURES
- * HIGH OUTPUT



TYPICAL APPLICATION: INJECTION MOLDING OF RIGID PVC

TYPICAL DESIGN: 4140 BASE MATERIAL
COLMONOY 56/X830 HARDFACING
(1) BLISTER
(1) X202 MIXER
CHROME PLATING

ALL DESIGN PROPOSALS ARE SUBJECT TO REVIEW OF
A SCREW DESIGN QUESTIONNAIRE





KILLION EXTRUDERS

50 years of leadership in the design and manufacture of extrusion equipment.

All production rated, but widely utilized in laboratory environments too.

All comprised of a unique *modular* design to permit customization at more economical cost.

Often utilizing the latest microprocessor based computer control.

All supported through extensive technical services, including a fully equipped process laboratory and educational training programs.

KILLION PRODUCTION RATED EXTRUDERS COMMONLY EXTRUDE:

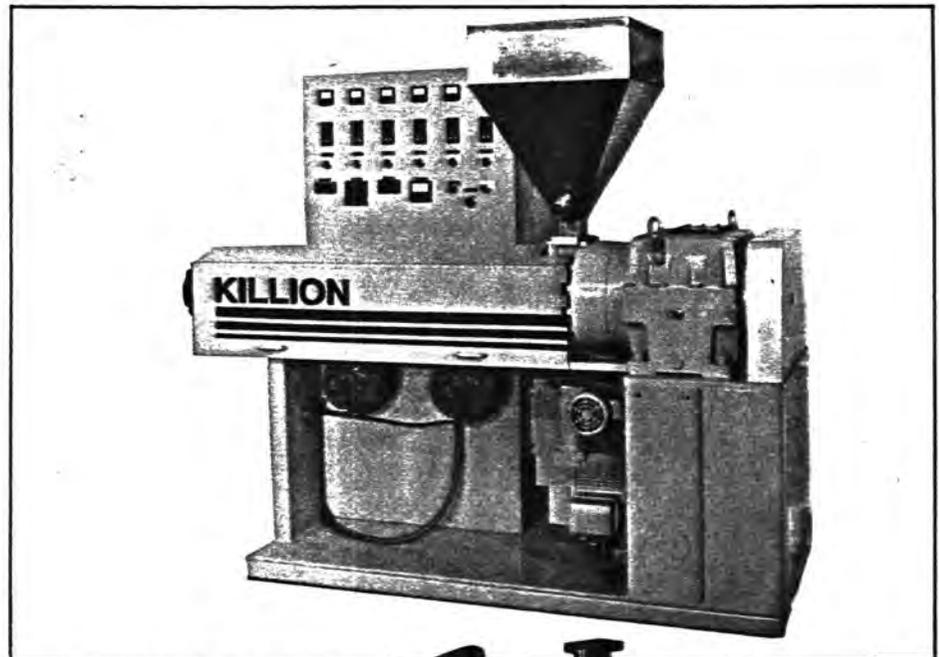
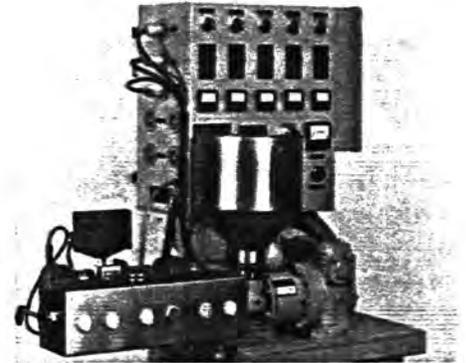
Tubing	Filaments and fibers
Profiles	Coated wire
Cast film	Compounds
Sheet	Blown film

Killion Extruders manufactures the dies and the downstream equipment for each of the above applications, and can technically support virtually any type of extrusion operation.

Extruders may be specified to accommodate corrosive polymers, high temperature materials, and non-thermoplastics. And units can be supplied with grooved feed sections to increase output capacities that are equivalent to those of larger machines. When matched with the proper screw, grooved feed sections can also improve feeding and processing capabilities.

A unique modular design approach allows each Killion extruder to be "built-to-order" to meet the specific requirements of its application. This Killion modular design also makes it easy to retrofit into existing machines such additional components as grooved feed sections and various L/D barrels.

Bench model extruder (1" screw dia.) for lab or production



Heavy duty extruder (2-1/2" screw dia.) with DC brushless drive system



Vertical extruder (1-1/4" screw dia.) for coextrusion applications

KILLION COMPLETE TURNKEY EXTRUSION LINES

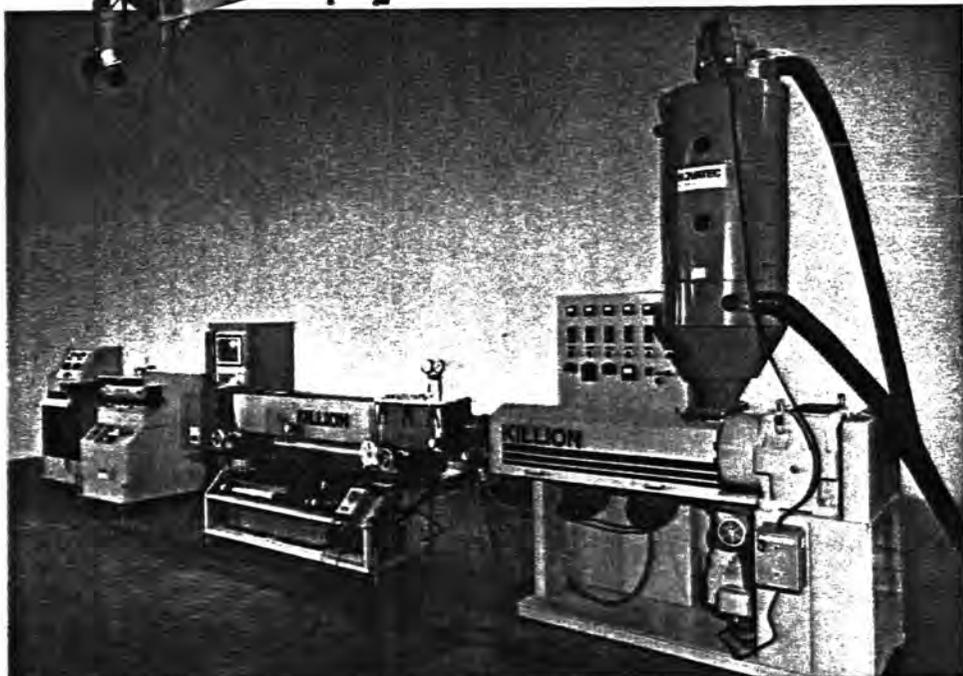
Tubing and profile systems

Manufacturing complete turnkey extrusion systems that produce precision tubing and profiles is a Killion Extruders forte. After developing a thorough understanding of the particular application, Killion personnel will recommend the type of equipment or system that will best meet the requirements of that application based on the material to be extruded, outputs, product size and tolerances.

Whether a complete new system is required or a component to be retrofitted into an existing line, Killion Extruders will meet your needs. Killion Extruders builds the extruder as well as the entire downstream package, which includes various dies, water troughs and vacuum sizing tanks, belt pullers, on-demand cutters and winders.



Medical tubing line with 1-1/2" extruder, and microprocessor computer control



Profile extrusion line utilizing 2-1/2" extruder and vacuum sizing



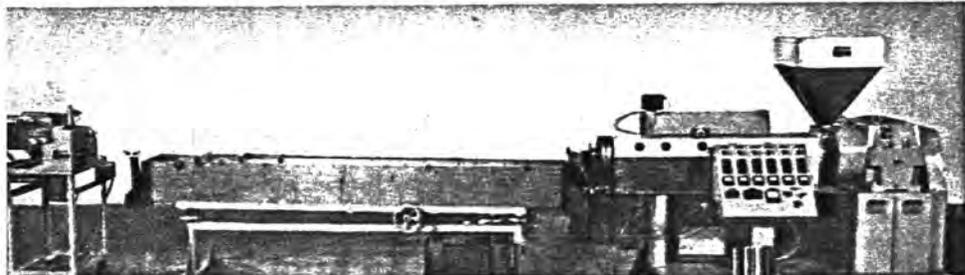
Servo-drive belt puller and rotary knife cutter, ideal for bubble tubing

Compounding systems

Killion compounding systems produce small volume, high value custom compounds quickly and inexpensively. They are ideal for both production and laboratory runs — help create more versatile and more usable plastics by filling, modifying, or alloying existing polymers.

Equipment available includes 3/4 to 2 1/2 inch single screw extruders. Also strand dies, water troughs and pelletizers. Vented barrels are used to remove volatiles or to incorporate additives. Mixing screws are matched to the specific application.

Production compounding line with 2-1/2" extruder



Laboratory compounding line with 1" extruder

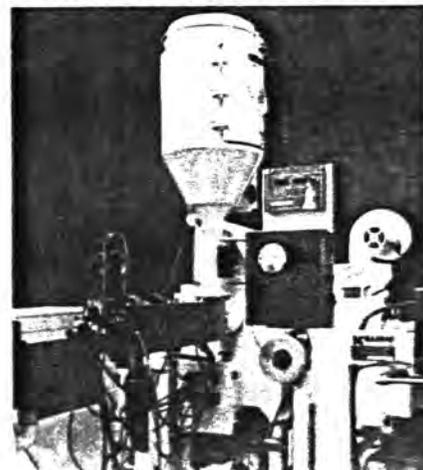


Wire coating systems

Killion manufactures wire coating extrusion systems engineered specifically to suit exacting product requirements. A complete system may be specified or an individual component may be retrofitted into existing equipment.

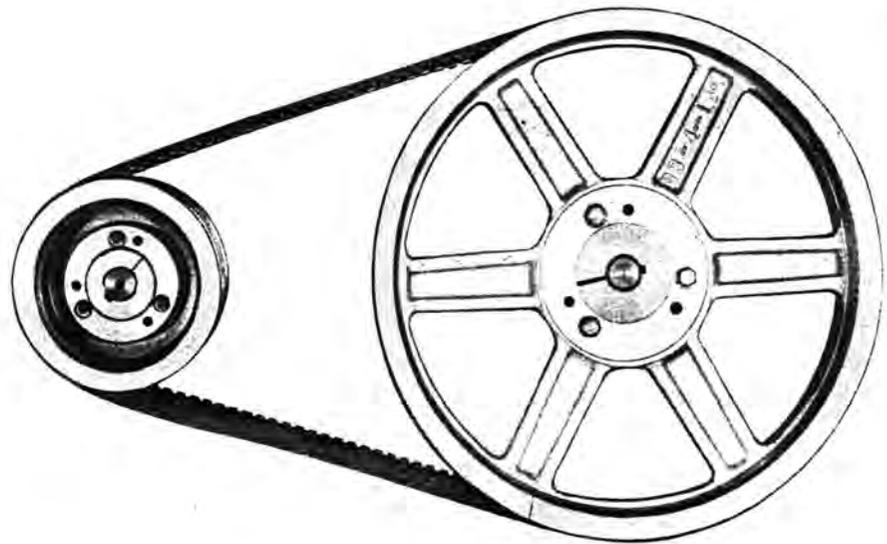
Killion extruders can be matched with crosshead coating dies for both mono-layer and coextruded products.

Crosshead wire coating system with 1-1/4" extruder



Conventional V-Belt Drives

A, B, C, D, E



Index

Belt Sizes	
Hex (AA, BB, CC, CCF, DD)	D3-65
Hy-T (A, B, C, D, E)	D3-62
Torque Flex (AX, BX, CX)	D3-63
Torque Team (B, C, D, BX, CX)	D3-64
Belt Types and Features	
Hex (AA, BB, CC, CCF, DD)	D3-65
Hy-T (A, B, C, D, E)	D3-2
Torque Flex (AX, BX, CX)	D3-3
Torque Team (B, C, D, BX, CX)	D3-4
Non Stock Drive Design	
Basic Belt Horsepower Rating Tables (A, B, C, D, AX, BX, CX)	D3-55 to 61
Design Steps	D3-50 to 53
Example	D3-54
Service Factors	D3-50
QD Bushing Data	D3-66 to 73
Sheaves	
Conventional Sheaves — A, B, C, D — Stock QD Type	D3-66 to 73
Made to Order — A, B, C, D, E — Non Stock	D3-74, 75
Standard Groove Dimensions	D3-75
Stock Drive Selection	
Example	D3-7
Selection Steps	D3-5, 6, 8
Selection Tables (A, AX, B, BX, C, CX, D)	D3-9 to 49

Eaton Conventional V-Belt Drives

Available in Three Designs...

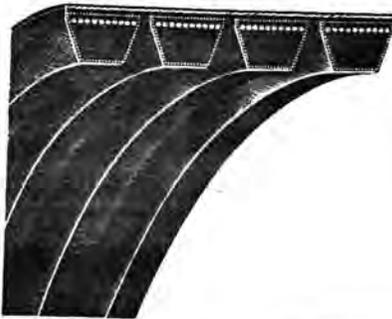
Hy-T Conventional
(A,B,C,D,E)



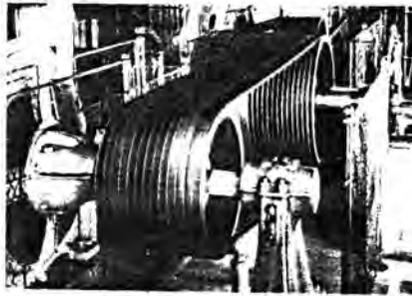
Torque Flex
(AX,BX,CX)



Torque Team
(B,C,D,BX,CX)

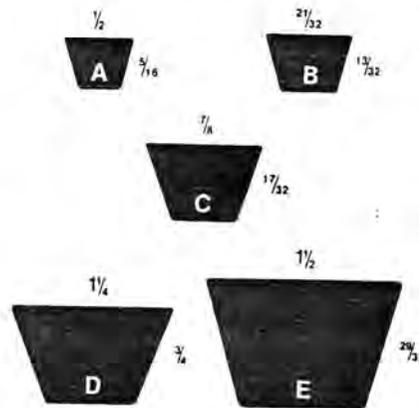


Proven Dependability...
For over 50 years

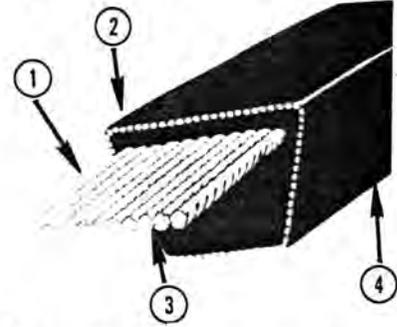


Conventional (or classical) V-Belt drives have been the standby for all industry for many years. Even today it is the most widely used drive. Extensive stocks of all sections — A,B, C,D and E, and long experience in their application and operation make them the favorite for many users... Matchmaker[®] Conventional V-belts are made to give you maximum performance at standard belt prices.

Cross Sections



Hy-T Construction Features



- ① **Cable Cord Construction — all sizes.**
A single layer of tension members are placed in the belt's neutral axis where stresses due to flexing are the least. This results in excellent rubber to cord adhesion which helps the belt resist shock loads and offer long flex life. Cords are triple tempered with Goodyear's 3T process to remove stretch and stabilize the cord.
- ② **Neoprene Insulation**
Evenly transfers the load to the cords and protects them from oil and heat.
- ③ **Neoprene Cushion**
Resists heat and flex fatigue and gives cords full support
- ④ **Rubber Impregnated Envelope**
Provides a firm grip while resisting heat, oil, and abrasion. Static conductive to industry standards.

Hy-T, Torque Flex and Torque Team feature the...
exclusive
"Matchmaker[®] ①"
Single Length Code System

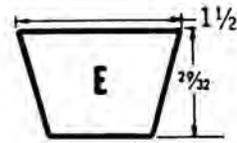
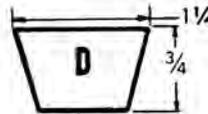
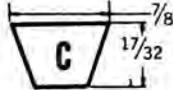
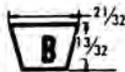
Goodyear has developed new technology in V-belt manufacture that now enables them to produce single-length codes positively from V-belt to V-belt, day in and day out. This breakthrough carries the name "Matchmaker[®]" and is now available on all conventional V-belts.

Simplify ordering procedures.

You don't have to go through a lengthy specification, detailing matchups and sizing. Your specifications and ordering procedures can stay the same and easy. And you won't have to wait to find a matched set of belts.



STOCK DRIVE SELECTION



To select the best Conventional V-drive for your application, simply follow the step by step instructions below:

BEFORE SELECTING A DRIVE, YOU NEED TO KNOW ONLY FOUR FACTS:

1. Horsepower requirement of the drive.
2. The rpm of the Driver.
3. The rpm of the DriveN machine.
4. The approximate center distance for the drive.

STEP 1 — FIND THE DESIGN HORSEPOWER

- a Determine proper service, intermittent, normal or continuous from Table D21. Then look over the driven machines shown in the first column and find the one most similar to yours. To the right of this machine, find the column which contains the driver you will use and find the service factor in the column under your proper service selection.
- b Multiply the horsepower requirement by the Service Factor you have selected. This gives the Design Horsepower (the horsepower for which you are going to select the drive).

TABLE D21—SERVICE FACTORS

<p>THE CORRECT SERVICE FACTOR IS DETERMINED BY:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. The extent and frequency of peak loads. 2. The number of operating hours per year, broken down into average hours per day of continuous service. 3. The proper service category, (intermittent, normal or continuous). Select the one that most closely approximates your application conditions. 		<p>INTERMITTENT SERVICE—SERVICE FACTOR 1.0 TO 1.5</p> <ol style="list-style-type: none"> a Light Duty—Not more than 6 hours per day. b Never exceeding rated load. <p>NORMAL SERVICE—SERVICE FACTOR 1.1 TO 1.6</p> <ol style="list-style-type: none"> a Daily service 6 to 16 hours per day. b Where occasional starting or peak load does not exceed 200% of the full load. <p>CONTINUOUS SERVICE—SERVICE FACTOR 1.2 TO 1.8</p> <ol style="list-style-type: none"> a Where starting or peak load is in excess of 200% of the full load or where starting or peak loads and overloads occur frequently. b Continuous service 16 to 24 hours per day. 													
TYPICAL SERVICE FACTORS															
DRIVEN MACHINE TYPES		DRIVER TYPES													
<p>Driven Machine Types noted below are representative samples only. Select a category most closely approximating your application from those listed below.</p> <p>IF IDLERS ARE USED, ADD THE FOLLOWING TO THE SERVICE FACTOR.</p> <table border="0"> <tr> <td>Idler on slack side (inside)</td> <td>None</td> </tr> <tr> <td>Idler on slack side (outside)</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>Idler on tight side (inside)</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>Idler on tight side (outside)</td> <td>0.2</td> </tr> </table>		Idler on slack side (inside)	None	Idler on slack side (outside)	0.1	Idler on tight side (inside)	0.1	Idler on tight side (outside)	0.2	<p>ELECTRIC MOTORS: AC Normal Torque Squirrel Cage and Synchronous AC Split Phase DC Shunt Wound INTERNAL COMBUSTION ENGINES (multi-cylinder)</p>			<p>ELECTRIC MOTORS: AC Hi-Torque AC Hi-Slip AC Repulsion-Induction AC Single Phase Series Wound AC Slip Ring DC Compound Wound INTERNAL COMBUSTION ENGINES (single cylinder)</p>		
		Idler on slack side (inside)	None												
Idler on slack side (outside)	0.1														
Idler on tight side (inside)	0.1														
Idler on tight side (outside)	0.2														
INTERMITTENT SERVICE	NORMAL SERVICE	CONTINUOUS SERVICE	INTERMITTENT SERVICE	NORMAL SERVICE	CONTINUOUS SERVICE										
<p>Agitators for Liquids Blowers and Exhausters Centrifugal Pumps and Compressors Fans up to 10 HP Light Duty Conveyors</p>		1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3								
<p>Belt Conveyors For Sand, Grain, etc. Dough Mixers Fans Over 10 HP Generators Line Shafts Laundry Machinery Machine Tools Punches-Presses-Shears Printing Machinery Positive Displacement Rotary Pumps Revolving and Vibrating Screens</p>		1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4								
<p>Brick Machinery Bucket Elevators Exciters Piston Compressors Conveyors (Drag-Pan-Screw) Hammer Mills Paper Mill Beaters Piston Pumps Positive Displacement Blowers Pulverizers Saw Mill and Woodworking Machinery Textile Machinery</p>		1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6								
<p>Crushers (Gyratory-Jaw-Roll) Mills (Ball-Rod-Tube) Hoists Rubber Calenders-Extruders-Mills</p>		1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8								
<p>Chokable Equipment</p>		2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0								

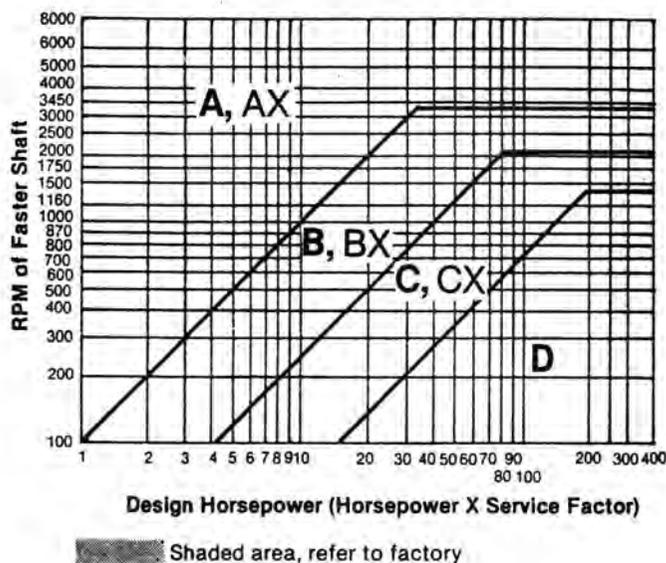
FOR A GOOD COMMERCIAL DRIVE SELECTION, USE CONTINUOUS SERVICE FACTOR

STOCK DRIVE SELECTION

STEP 2 — CHOOSE THE BELT CROSS SECTION

- On the bottom line of Table D22 locate the Design Horsepower; then read up to the rpm of the faster shaft. The point at which the lines intersect indicates the recommended belt section. Within the class of conventional belts, Torque-Flex (AX, BX, CX) and machined edge Torque Team (BX, CX) provide lighter, more compact drives. Drive costs are usually lower, especially on smaller diameter sheaves.
- If the DriveR is an electric motor, check horsepower and rpm against the minimum recommended sheave diameter in Table D23. Be sure to use a motor sheave that will conform to the National Electric Manufacturers Association standard for minimum sheave diameter. (If it would not, choose a larger diameter range, or a larger cross section, or turn to Page D3-50 and design a non-stock drive with a sufficiently large motor sheave.)

Table D22 — Cross Section Selection Chart



STEP 3 — SELECT THE DRIVE

- Turn to the Drive Selection Table for the belt cross section selected from Table D22.
- Find the RPM of your DriveR. Speeds shown are standard Full Load motor ratings.
- Read down the DriveN Speed Column until you come to the speed nearest your desired speed. Under the same column heading, you will find the horsepower per belt.
- Read across to the left for the required DriveR and DriveN sheaves. (Recheck your DriveR diameter against Table D23 - do not go below minimums recommended for electric motors.)
- Read across to the Right for shaft centers nearest to that required. The belt size is shown at the top of the Center Distance Column.
- To determine the number of belts required, multiply the horsepower per belt found under Step 3c, by the arc and length correction factor found in the Center Distance column below the center distance selected. This gives you the corrected or actual horsepower per belt.
- Divide the Design horsepower found under Step 1b by the corrected horsepower found under 3f to determine the number of belts required. Refer to Pages D3-66 through D3-73 for stock sheave sizes, dimensions and bore range.

TABLE D23 — MINIMUM RECOMMENDED SHEAVE DIAMETERS OF CONVENTIONAL V-BELT DRIVES FOR ELECTRIC MOTORS

Motor Horse-Power	Motor RPM					
	575	695	870	1160	1750	3450
.50	2.50	2.50	2.20	—	—	—
.75	3.00	2.50	2.40	2.20	—	—
1.00	3.00	2.50	2.40	2.40	2.20	—
1.50	3.00	3.00	2.40	2.40	2.40	2.20
2.00	3.65	3.00	3.00	2.40	2.40	2.40
3.00	4.50	3.65	3.00	3.00	2.40	2.40
5.00	4.50	4.50	3.80	3.00	3.00	2.40
7.50	5.30	4.50	4.40	3.80	3.00	3.00
10.00	6.00	5.30	4.40	4.40	3.80	3.00
15.00	6.90	6.00	5.20	4.40	4.40	3.80
20.00	8.00	6.90	6.00	5.20	4.40	4.40
25.00	9.00	8.00	6.80	6.00	4.40	4.40
*30.00	10.00	9.00	6.80	6.80	5.20	—
40.00	10.00	10.00	8.20	6.80	6.00	—
50.00	11.00	10.00	8.40	8.20	6.80	—
60.00	12.00	11.00	10.00	9.00	7.40	—
75.00	14.00	13.00	10.00	10.00	8.60	—
100.00	18.00	15.00	12.00	10.00	8.60	—
125.00	20.00	18.00	15.00	12.00	10.50	—
150.00	22.00	20.00	18.00	13.00	10.50	—
200.00	22.00	22.00	22.00	—	13.20	—
250.00	22.00	22.00	—	—	—	—
300.00	27.00	27.00	—	—	—	—

*Note: Data above line are from National Electrical Manufacturers Association Standard MG1-14.43a. Data below the line are a composite of Electrical Motor Manufacturers data. They are generally conservative, and specific motors and bearings may permit the use of a smaller motor sheave. Consult the motor manufacturer.

SEE PAGE Y1-4 FOR FACE WIDTH LIMITATIONS.

STOCK DRIVE SELECTION

Example: 25 horsepower, 1160 RPM squirrel cage normal torque electric motor is to drive a fan 315 RPM. The shaft centers should be about 40". The motor has a 1 7/8" shaft and the fan shaft is 2 1/4". Both shafts have standard keyways. Service is 16 hours, per day, constant load, no peaks.

PROCEDURE

STEP 1 — FIND THE DESIGN HORSEPOWER

- Determine proper service factor from Table D21, Page D3-5.
- Multiply the hp requirement by the service factor to get design horsepower.

STEP 2—CHOOSE THE BELT CROSS-SECTION AND THE SMALL SHEAVE DIAMETER RANGE

- From Table D22, select the recommended belt cross-section.
- From Table D23, determine the minimum recommended small sheave diameter.

STEP 3—SELECT THE DRIVE

- Turn to the Drive Selection Table for the belt cross-section selected in Step 2a.
- Find the RPM of your DriveR. Speeds shown are standard **Full Load** motor ratings.
- Read down the DriveN Speed Column until you come to the speed nearest your desired speed. Under the same column heading, you will find the horsepower per belt.
- Read across to the left for the required DriveR and DriveN sheaves. (Recheck your DriveR diameter against Table D23 — do not go below minimums recommended for electric motors.)
- Read across to the right for shaft centers nearest to that required. The belt size is shown at the Top of the Center Distance Column.
- To determine the number of belts required, multiply the horsepower per belt found under Step 3c, by the arc and length correction factor found in the Center Distance Column below the center distance selected. This gives you the corrected or actual horsepower per belt.
- Divide the **Design** horsepower found under Step 1b by the corrected horsepower found under Step 3f to determine the number of belts required. Refer to Pages D3-66 through D3-73 for stock sheave sizes, dimensions and bore range.

MATERIAL TO BE ORDERED:

THE MOST ECONOMICAL DRIVE

- ★ One 4 groove B6.8" Eaton QD sheave with "SD" bushing, bore 1 7/8"
- ★ One 4 groove B25.0" Eaton QD sheave with "E" bushing, bore 2 1/4"
- ★ Four B-128 Goodyear Hy-T Matchmaker Belts.

(A recheck of bore limits and groove range from Page D3-68 shows material is stock.)

RESULTS

Service Factor 1.2.

$$25 \times 1.2 = 30 \text{ Design Horsepower.}$$

Belt cross-section: "B"

6.0" is smallest motor sheave that can be used.

"B" — Start Page D3-23.

1160 RPM.

$$315 \text{ RPM} \begin{array}{l} \text{--- } 8.19 \text{ horsepower per belt HY-T.} \\ \text{--- } 9.40 \text{ horsepower per belt Torque Flex.} \end{array}$$

6.8" DriveR 6.0" Minimum recommended.
25.0" DriveN

B128 or BX128 = 38.9" centers.

$$\begin{array}{l} \text{HY-T} = 8.19 \times 1.06 = 8.68 \text{ horsepower per belt.} \\ \text{T.F.} = 9.40 \times 1.06 = 9.96 \text{ horsepower per belt.} \end{array}$$

$$\frac{30}{8.68} = 3.46 \text{ belts — Use four HY-T belts.}$$

$$\frac{30}{9.96} = 3.01 \text{ belts — Use three T.F. belts.}$$

USING THE STOCK DRIVE SELECTION TABLES FOR OTHER DRIVER SPEEDS OR SPEED-UP DRIVES

- Select the service factor, belt cross section and minimum recommended sheave diameters just as outlined on pages D3-5 and D3-6.
- Turn to the drive selection tables for the belt cross section selected. (A, AX — Pages D3-9 to 22; B, BX — Pages D3-23 to 37; C, CX — Pages D3-38 to 45; D — Pages D3-46 to 49).
- Divide the rpm of the faster machine by the rpm of the slower machine. This gives the speed ratio. (If you are replacing a chain or gear drive, divide the number of teeth on the larger sprocket or gear by the number of teeth on the smaller. If you are replacing a flat belt or conventional V-belt drive, divide the diameter of the larger pulley or sheave by the diameter of the smaller).
- Read down the speed ratio column of the table for the belt cross section selected, to the value nearest the speed ratio of the drive. Then read across and find the sheave diameters, center distance, belt number and combined arc and length correction factor. (If you cannot find a speed ratio sufficiently close, turn to page D3-50 and design using non-stock sheaves).
- Turn to the basic horsepower rating table for the belt cross section selected (A — Page D3-55; AX — Page D3-59; B — Page D3-56; BX — Page D3-60; C — Page D3-57; CX — Page D3-61; D — Page D3-58). Read down the first column to the rpm of the faster shaft. (Interpolate when exact speed not shown). Then read across to the column headed by the diameter of the small sheave for the rated horsepower per belt.
- Then continue across to the column headed by the speed ratio found in step C. There you will find the additional horsepower per belt. Add this to the rated horsepower.
Basic HP per belt + add on = Rated HP per belt.
- Multiply the result from step F by the combined arc-length horsepower correction factor from Table used in step "b", then divide the answer into the design horsepower. If the answer contains a fraction, use the next larger whole number of belts.

$$\text{Rated HP per belt} \times \text{arc and length correction} = \text{Correct HP per belt}$$

$$\frac{\text{Design HP}}{\text{Correct HP per belt}} = \text{No. belts required.}$$

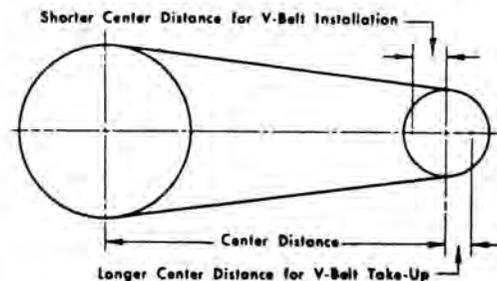
- Use table D24 below for required allowance for belt installation and take-up.

TABLE D24—CENTER DISTANCE ALLOWANCES FOR BELT INSTALLATION AND TAKE-UP.

After calculating a center distance from a standard length make provision that the centers can be moved closer together by the amount shown in the following table to facilitate installing the belts without injury. Also, the centers should be adjustable over the calculated distance by an amount as shown in last column of the table because of manufacturing tolerance and possible stretch and wear of belt.

BELT LENGTH	MINIMUM INSTALLATION ALLOWANCE					MINIMUM TAKE-UP ALLOWANCE ALL SECTIONS
	A	B	C	D	E	
26 to 38*	¾"	1"				1"
38 to 60	¾"	1"	1½"			1½"
60 to 90	¾"	1¼"	1½"			2"
90 to 120	1"	1¼"	1½"			2½"
120 to 158	1"	1¼"	1½"	2"		3"
158 to 195		1¼"	2"	2"	2½"	3½"
195 to 240		1½"	2"	2"	2½"	4"
240 to 270			2"	2½"	2½"	4½"
270 to 330			2"	2½"	3"	5"
330 to 420			2"	2½"	3"	6"
420 and over				3"	3½"	1.5% of Belt length

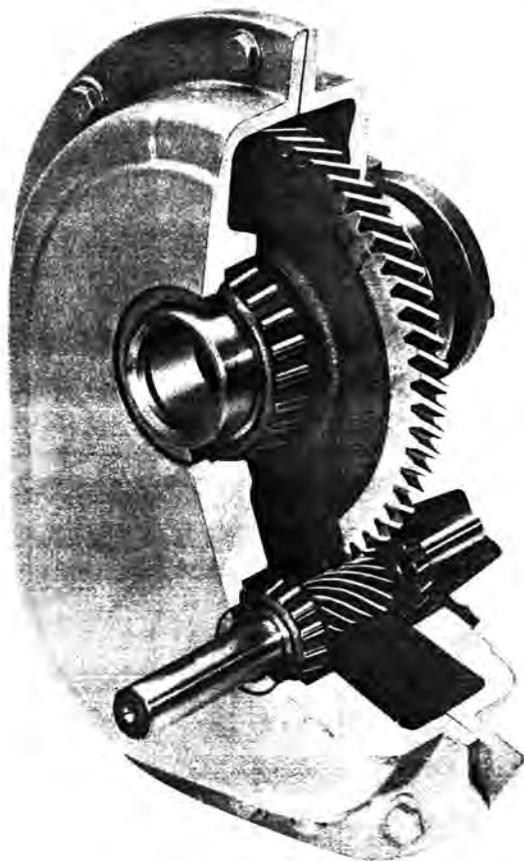
* In each group the range is to, but not including, the second length.





XM Series Shaft-mounted Reducers

Featuring New Single TAPERED BUSHING SYSTEM For Easy-on and Easy-off Mounting.



(Front View)

TAPERED BUSHING SYSTEM

Single tapered bushing is installed on the back side of the reducer, cutting installation time, eliminating shaft binding common in two-bushing systems. Compression fit assures full contact under bushing and eliminates fretting corrosion while greatly reducing reducer wobble. Shallow $\frac{3}{4}$ " per foot taper and key-to-key drive assure maximum clamp force on shaft. Setscrew damage often found on straight bore systems is avoided.

BEARINGS

Tapered roller bearings provide straddle mounted support of all shafts on all reducer sizes, maximum overhung load capacity and maximum thrust load capacity for screw conveyor drives. Bearings have been selected to provide 5000 hours B10 life under worst possible conditions. Under average operating conditions, bearings will provide 25,000 hours of operation.

SEALS

Factory lubricated double lip contact seals are standard on output quill and input shaft. Exterior lip prevents dust, moisture and other foreign material from reaching oil retaining lip. Interior lip retains lubricant within reducer. Seals ride on a precision ground surface to assure proper life.

HOUSING

Morse housings are made of high quality, corrosion resistant, 30,000 psi tensile strength gray iron with natural noise dampening and heat dissipating characteristics. Internal ribs and bosses strengthen housing to support gears and bearings under full load operation. Housing halves are doweled and precision machined (lined bored) for best accuracy and alignment under load. Both single and double ratios of reduction use the same housing. Bearing covers on the back side of the housing leave the front side smooth for easy clean-up and full-circle belt drive clearance.



XM Series Shaft-mounted Reducers meet A.G.M.A. standards

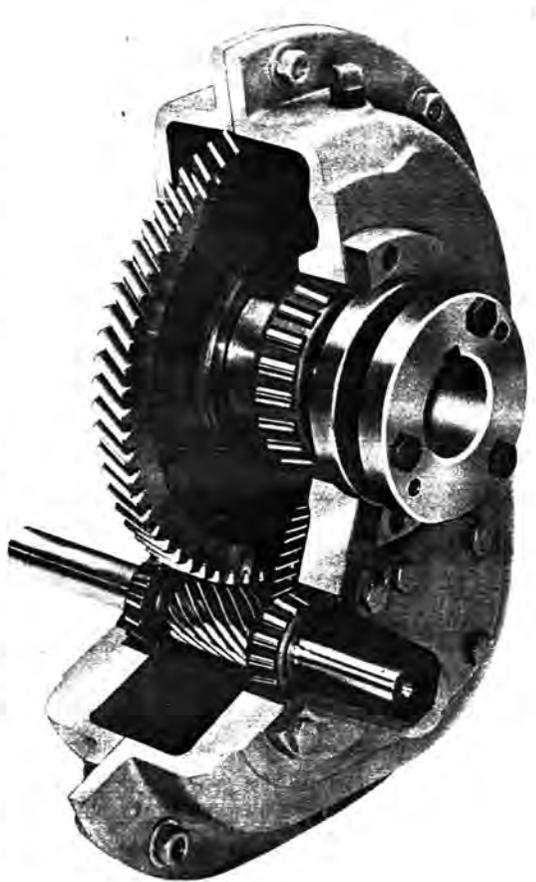
SHAFTS

All pinions are integral with the shaft. No two-piece shrunk or keyed shell pinions are used.

GEARS

Single helical ALLOY STEEL GEARING is 8617 steel, carburized and ground to AGMA Class 10 minimum tolerances. Processes are controlled for involute profile, lead, runout, spacing, and hardness. The hardened tooth surface provides durability while softer inner core provides tooth beam strength and resistance to shock loads. High helical gearing efficiency remains constant over the life of the reducer at all allowable speeds.

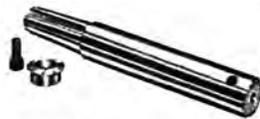
ACCESSORIES and ADD-ONS



(Back View)



Screw Conveyor Drive



Drive Shaft Kit for Screw Conveyor Drive



Adaptor Kit for Screw Conveyor Drive

All screw conveyor components are to CEMA standards.



Trough Ends



Backstops



Motor Mounts

- Fans with Fan Covers for reducer sizes 203 and larger.
- Vertical Breather Kits for Vertical shaft applications.
- Taconite Sealed reducers are available from factory on a made-to-order basis.



XM SERIES HELICAL SHAFT-MOUNT REDUCERS



Back View



Front View

**SINGLE and DOUBLE REDUCTION
with RATIOS 5:1, 9:1, 15:1 and 25:1
11 SIZES—31 Models to 200 H.P.**

FEATURES

- Rugged Cast Iron Housing
- Tapered Roller Bearings Throughout
- Magnetic Drain Plugs
- Vertical Breather Kit
- Integral Pinions
- Tapered Bushing System
- Screw Conveyor Drives
- Face Mount Provision
- Shrouded Fans
- High Helical Gearing Efficiency
- Solves Most Mounting position problems.
- Rated to Current AGMA and Morse Quality Standards.
- Smooth Front Side of Housing
- Lifting Lug
- Flexible Breather, Drain, and Oil Levels
- Double Lip Contact Seals
- Precision Ground Alloy Steel Gearing
- Motor Mounts
- Taconite Seals
- Backstops
- Rod Arm Attachment
- Straddle Mounted Bearing Design

TABLE OF CONTENTS

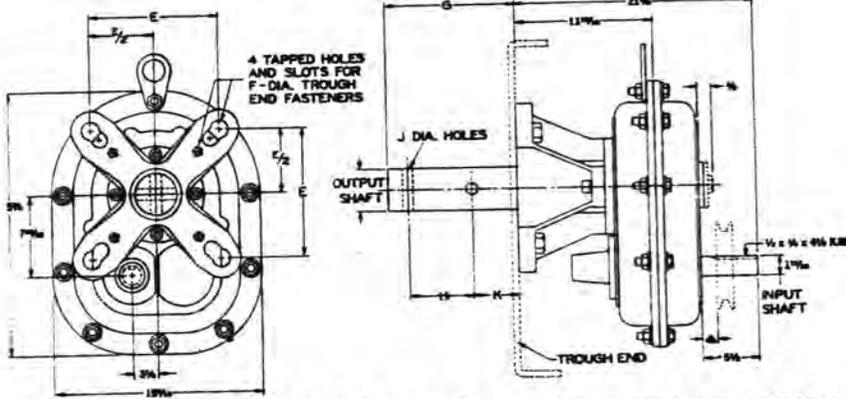
	PAGE		PAGE
Features and Benefits	1-3	Size 407	26, 27
How to Order/Nomenclature	4	Size 415	28, 29
Load Classifications	5	Size 507	30, 31
Selection Tables	6-11	Size 608	32, 33
Size 107	12, 13	Finished Bore Reducers	34, 35
Size 115	14, 15	Motors	36, 37
Size 203	16, 17	Trough Ends	38
Size 207	18, 19	input Drive Ratios	39-41
Size 215	20, 21	Interchange Tables	42, 43
Size 307	22, 23	Speed Reducers and Gearmotors	44, 45
Size 315	24, 25	Installation and Maintenance	46-48

Screw conveyor drive assemblies and component kits

Drive Shaft Diameter	For Screw Diameters	Ratio of Reduction	Complete Drive Assembly	Wt. Lbs.	Reducer Kit	Wt. Lbs.	Tapered Shaft Kit	Wt. Lbs.	Adaptor Kit	Wt. Lbs.	Dimensions (inches)					
											E	F	G	H	J	K
2 7/8	12 & 14	15:1	315SD15-207	507	315XM15	385	315TSK207	59	315SAK	63	5 5/8	3/8	6 1/16	3	2 1/32	2 3/4
3	12-20	15:1	315SD15-300	511	315XM15	385	315TSK300	63	315SAK	63	6	3/4	6 7/8	3	2 5/32	2 7/8
3 7/8	18-24	15:1	315SD15-307	516	315XM15	385	315TSK307	68	315SAK	63	6 3/4	3/4	9 1/8	4	2 9/32	3 1/8
2 7/8	12 & 14	25:1	315SD25-207	507	315XM25	385	315TSK207	59	315SAK	63	5 5/8	3/8	6 1/16	3	2 1/32	2 3/4
3	12-20	25:1	315SD25-300	511	315XM25	385	315TSK300	63	315SAK	63	6	3/4	6 7/8	3	2 5/32	2 7/8
3 7/8	18-24	25:1	315SD25-307	516	315XM25	385	315TSK307	68	315SAK	63	6 3/4	3/4	9 1/8	4	2 9/32	3 1/8

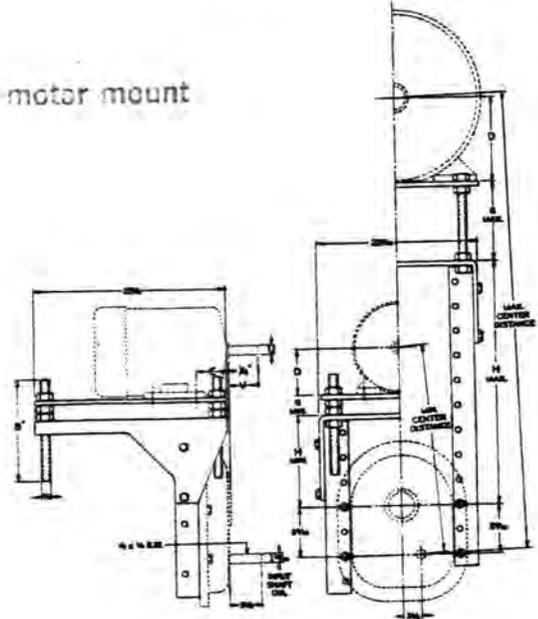
NOTE: Type SD Screw Conveyor Drives have integral drive shafts and are assembled, ready to mount. Type XM Screw Conveyor Drives may be assembled in the field from stock component kits XM, TSK, and SAK shown in the above table.

Screw conveyor



NOTE: SD type Screw Conveyor Drives and SAK Adaptors are furnished with Lip Seals as standard. If a Felt Seal is desired for dry applications, use Part Number FSK3 to order for this reducer size.

motor mount



NEMA Motor Frame Sizes	Motor Base		*Motor Base Adaptor		Dimensions (inches)			
	Kit Number	Wt. Lbs.	Kit Number	Wt. Lbs.	G		H	
184T-215T	MBK56-215	20	MAK315H	70	1 9/16	6 1 3/32	14 7/8	19
254T-286T	MBK254-286	30	MAK315H	70	1 9/16	6 1 3/32	14 7/8	19
324T-365T	MBK324-365	43	MAK315H	70	1 9/16	6 1 3/32	14 7/8	19

**H" in Kit Number indicates High height.

NEMA Motor Frame Sizes	Dimensions (inches)				
	D	E	U		
			Dia.	Keyseat	V
182T, 184T	4 1/2	2 1/2	1 1/8	1/4 x 1/8	2 3/4
213T, 215T	5 1/4	3 1/4	1 1/8	3/16 x 3/32	3 3/8
254T, 256T	6 1/4	4	1 1/8	3/8 x 3/16	4
284T, 286T	7	4 1/2	1 7/8	1/2 x 1/4	4 5/8
324T, 326T	8	5	2 1/8	1/2 x 1/4	5 1/4
364T, 365T	9	5 3/8	2 3/8	5/8 x 3/16	5 7/8

motor mount minimum and maximum center distances

Minimum and Maximum Center Distances for Motor Frame Sizes												
*Motor Base Adaptor Kit Number	NEMA Motor Frame Sizes											
	182T, 184T		213T, 215T		254T, 256T		284T, 286T		324T, 326T		364T, 365T	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
MAK315H	29	38	29 3/4	38 3/4	30 3/4	39 3/4	31 1/2	40 1/2	32 1/2	41 1/2	33 1/2	42 1/2

NOTE: Select belts for centers near the midpoint of Min. and Max. shown to permit ease of installation and future adjustment.

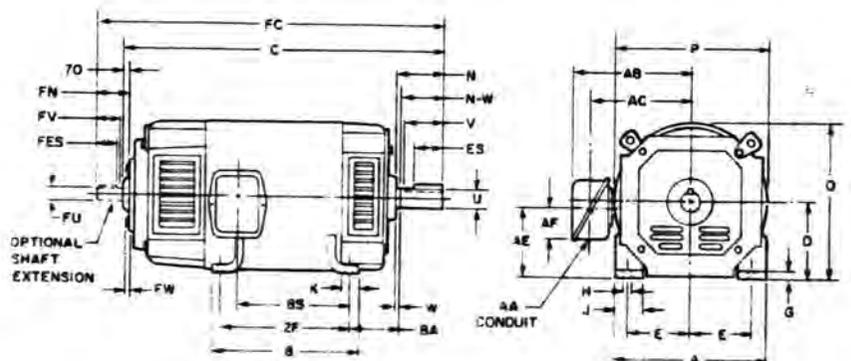
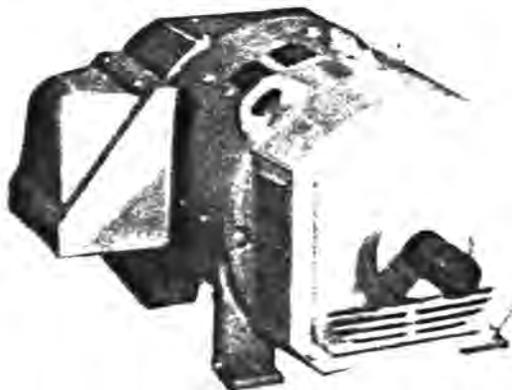
5-250 HP DC MOTORS

DC Motor Dimensions In Inches

Frame	Approx. Net Wt. Lbs.	Approx. Wt. Lb-Ft ³	Drive End Key			Commutator End Key			Dimensions (Inches)										
			Width	Depth	ES	Width	Depth	FES	A Max	B Max	C	D	E	2F	G	H	J	K Approx.	
219 AT	250	1.5	.3125	.3125	1.625	.25	.25	1.00	10.38	12.56	25.45	5.25	4.25	11.00	.50	.4062	2.00	2.38	
2110 AT	278	1.7	.3125	.3125	1.625	.25	.25	1.00	10.38	14.06	26.94	5.25	4.25	12.50	.50	.4062	2.00	2.38	
259 AT	401	3.3	.375	.375	2.25	.3125	.3125	1.50	12.50	15.56	28.75	6.25	5.00	14.00	.62	.5312	2.25	2.00	
2510 AT	435	4.0	.375	.375	2.25	.3125	.3125	1.50	12.50	17.56	31.75	6.25	5.00	16.00	.62	.5312	2.25	2.00	
288 AT	577	5.26	.50	.50	2.50	.375	.375	2.00	13.50	15.63	33.66	7.00	5.50	14.00	.62	.5312	2.50	1.75	
289 ATZ	616	6.1	.50	.50	3.00	.50	.50	2.25	13.50	17.63	36.00	7.00	5.50	16.00	.69	.5312	2.50	1.75	
327 AT	689	8.5	.50	.50	3.00	.50	.50	2.25	16.00	16.00	33.38	8.00	6.25	14.00	.75	.6562	3.00	2.88	
328 AT	767	9.7	.50	.50	3.00	.50	.50	2.25	16.00	18.00	35.32	8.00	6.25	16.00	.75	.6562	3.00	2.88	
329 AT	810	10.9	.50	.50	3.00	.50	.50	2.25	16.00	20.00	38.45	8.00	6.25	18.00	.75	.6562	3.00	2.88	
365 AT	750	15.61	.625	.625	3.50	.50	.50	3.00	18.00	14.25	34.94	9.00	7.00	12.25	.8125	.8125	3.25	3.00	
366 AT	860	18.3	.625	.625	3.50	.50	.50	3.00	18.00	16.25	37.19	9.00	7.00	14.00	.8125	.8125	3.25	3.00	
368 AT	1020	22.2	.625	.625	3.50	.50	.50	3.00	18.00	20.25	40.44	9.00	7.00	18.00	.8125	.8125	3.25	3.00	
407 AT	1300	35.5	.625	.625	5.00	.625	.625	4.50	20.00	20.25	40.19	10.00	8.00	18.00	.94	.9375	4.00	3.50	
L407 AT	1360	35.6	.625	.625	5.00	.625	.625	4.50	20.00	20.25	43.69	10.00	8.00	18.00	.94	.9375	4.00	3.50	
409 AT	1600	43.8	.625	.625	5.00	.625	.625	4.50	20.00	24.25	44.69	10.00	8.00	22.00	.94	.9375	4.00	3.50	
L409 AT	1660	43.9	.625	.625	5.00	.625	.625	4.50	20.00	24.25	48.19	10.00	8.00	22.00	.94	.9375	4.00	3.50	
504 AT	1900	79.0	.75	.75	5.25	.75	.75	4.50	25.00	19.00	44.88	12.50	10.00	16.00	1.125	1.1875	4.50	3.00	
506 AT	2290	98.7	.75	.75	5.25	.75	.75	4.50	25.00	23.00	48.88	12.50	10.00	20.00	1.125	1.1875	4.50	3.00	
508 AT	2810	121.9	.75	.75	5.25	.75	.75	4.50	25.00	28.00	53.88	12.50	10.00	25.00	1.125	1.1875	4.50	3.00	

Frame	N	O	P	U	V	W	N-W	BA	BS	FC	FN	FU	FV	FW	AA	AB	AC	AE	AF
219 AT	2.91	10.50	10.50	1.375	2.50	.19	2.75	3.50	9.38	27.20	2.45	1.125	2.00	.16	1.00	9.00	7.50	5.25	2.38
2110 AT	2.91	10.50	10.50	1.375	2.50	.19	2.75	3.50	10.88	28.70	2.45	1.125	2.00	.16	1.00	9.00	7.50	5.25	2.38
259 AT	3.44	12.50	12.50	1.625	3.00	.19	3.25	4.25	11.44	30.81	25.7	1.375	2.50	.25	1.25	12.50	8.50	6.25	2.50
2510 AT	3.44	12.50	12.50	1.625	3.00	.19	3.25	4.25	13.44	33.81	2.75	1.375	2.50	.25	1.25	12.50	8.50	6.25	2.50
288 AT	3.94	14.00	14.00	1.875	3.50	.25	3.75	4.75	12.69	36.50	3.50	1.625	3.00	.25	2.00	12.50	9.63	7.00	4.25
289 ATZ	4.50	14.00	14.00	2.125	4.00	.25	4.25	4.75	14.00	39.25	4.00	1.875	3.50	.25	2.00	12.50	9.63	7.00	4.25
327 AT	4.44	16.00	16.00	2.125	4.00	.19	4.25	5.25	11.81	36.69	4.00	1.875	3.50	.25	2.00	13.63	10.94	8.00	4.25
328 AT	4.44	16.00	16.00	2.125	4.00	.19	4.25	5.25	13.69	36.56	4.00	1.875	3.50	.25	2.00	13.63	10.94	8.00	4.25
329 AT	4.44	16.00	16.00	2.125	4.00	.19	4.25	5.25	16.94	41.69	4.00	1.875	3.50	.25	2.00	13.63	10.94	8.00	4.25
365 AT	4.94	18.00	18.00	2.375	4.50	.19	4.75	5.875	10.63	38.94	4.44	2.125	4.00	.19	2.00	17.75	13.88	9.00	5.00
366 AT	4.94	18.00	18.00	2.375	4.50	.19	4.75	5.875	13.13	40.94	4.44	2.125	4.00	.19	2.00	17.75	13.88	9.00	5.00
368 AT	4.94	18.00	18.00	2.375	4.50	.19	4.75	5.875	16.19	44.19	4.44	2.125	4.00	.19	2.00	17.75	13.88	9.00	5.00
407 AT	5.50	20.00	20.00	2.625	5.00	.25	5.25	6.625	15.06	44.50	5.00	2.375	4.50	.25	3.00	18.88	14.88	12.58	4.10
L407 AT	5.50	20.00	20.00	2.625	5.00	.25	5.25	6.625	15.06	48.00	5.00	2.375	4.50	.25	3.50	18.06	14.38	12.58	4.89
409 AT	5.50	20.00	20.00	2.625	5.00	.25	5.25	6.625	19.56	49.00	5.00	2.375	4.50	.25	3.00	18.88	14.88	12.58	4.10
L409 AT	5.50	20.00	20.00	2.625	5.00	.25	5.25	6.625	19.56	52.50	5.00	2.375	4.50	.25	3.50	18.06	14.38	12.58	4.89
504 AT	6.66	25.00	25.00	3.25	6.25	.16	6.50	8.50	13.28	50.88	6.00	2.875	4.50	.25	3.50	23.50	18.63	15.72	8.00
506 AT	6.66	25.00	25.00	3.25	6.25	.16	6.50	8.50	17.28	54.88	6.00	2.875	4.50	.25	3.50	23.50	18.63	15.72	8.00
508 AT	6.66	25.00	25.00	3.25	6.25	.16	6.50	8.50	22.28	59.88	6.00	2.875	4.50	.25	3.50	23.50	18.63	15.72	8.00

Frame	B	C	AG	2F	BS	BV	WT.
186ATC	8.30	16.76	14.64	7.00	8.13	11.01	102LBS
186ATC	8.30	18.76	16.64	7.00	10.13	13.01	128LBS
189ATC	11.56	20.76	18.64	10.00	12.13	15.01	162LBS



Blower and Filter not shown



DC MOTORS 5-250 HP

Rectified power
Continuous duty
40° C ambient
1.0 service factor

Class H insulation with F rating
Ball or roller bearing
NEMA rated

are designed specifically for use on rectified power without the need for reactors. Excellent commutation, increased thermal capacity and reduced inertia make these motors ideal for all industrial uses and applications.

—Reduction of armature inertia and electrical time constants allow for rapid response, fast stops, speed changes and improved production capability.

—A full complement of laminated interpoles provide improved commutating ability and years of

trouble free operation at rated performance and efficiency.

—Use of Class H materials at lower temperatures provides efficient use of materials, long insulation life and a highly satisfactory power/weight ratio. Longer operating life is assured.

—Various machine mountings and modifications are available. A complete line of accessories, modifications and enclosures make the product line versatile and flexible as required to meet the needs of all users.

—Frames 180AT through 320AT are straight shunt. Frames 360AT through 500AT are stabilized shunt wound.

NEMA Standard DC Motors are listed by the Canadian Standards Association as certified.

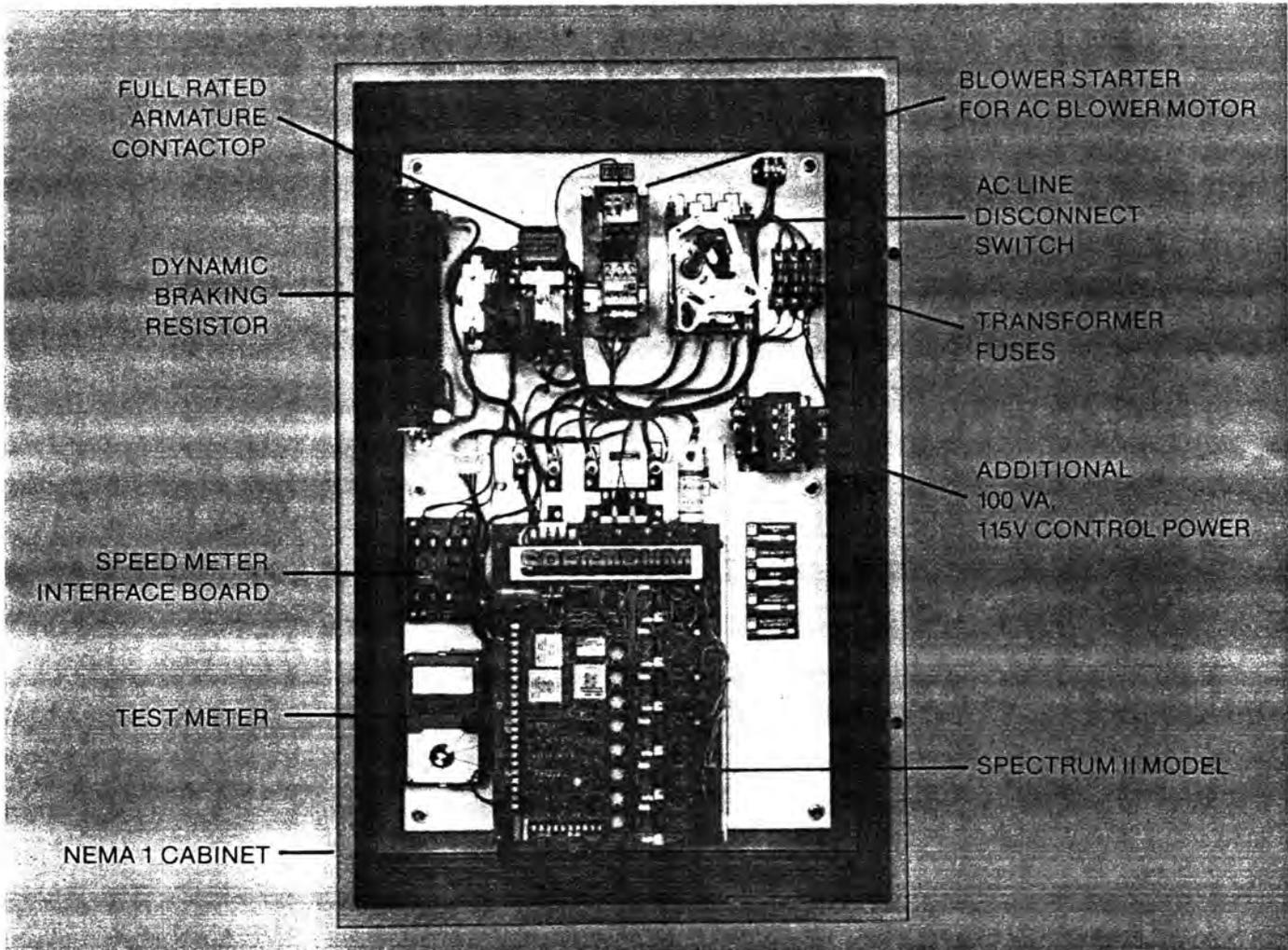
Medium Integral Ratings — Suitable For ½ Controlled or Full Controlled Bridge Rectified 3PH 50/60 HZ Supply

Drip-Proof—Totally Enclosed ■ MG or Rectified Power ■ Continuous Duty ■ 40°C Ambient ■ 1.0 Service Factor ■ Class F Insulation ■ Stabilized Shunt or Shunt-Wound ■ Ball or Heavy Duty Bearing ■ NEMA Rated

Part Number Drip Proof		Blower Cooled with Filter & Thermostats					With Thermostats			Part Number Enclosed	
240V	550V	HP Base Speed	Speed RPM		Drip Proof-Guarded Ratings		Totally Enclosed Ratings			240V	550V
			Base	Top	Frame Size (AT)		Frame Size (AT)		Enclosure		
WD2060 WD2061 WD2062	WD2260 WD2261 WD2262	5	2500 1750 1150	3000 2300 2000	186 188 219	186 188 219	1810AT 2110AT 259AT	2110AT 2110AT 259AT	TENV TENV TENV	WD0460 WD0461 WD0462	WD0660 WD0661 WD0662
WD2063 WD2064 WD2065 WD2066	— WD2264 WD2265 WD2266	7½	3500 2500 1750 1150	3500 3000 2300 2000	188 188 1810 2110	— 188 1810 2110	— 259 259 259	— 259 259 259	— TENV TENV TEFC	WD0464 WD0465 WD0466	WD0664 WD0665 WD0666
WD2067 WD2068 WD2069 WD2070	— WD2268 WD2269 WD2270	10	3500 2500 1750 1150	3500 3000 2300 2000	219 219 219 259	— 219 219 259	— 259 259 288	— 259 259 288	— TEFC TEFC FC	WD0468 WD0469 WD0470	WD0668 WD0669 WD0670
WD2071 WD2072 WD2073 WD2074	— WD2272 WD2273 WD2274	15	3500 2500 1750 1150	3500 3000 2300 2000	219 219 259 2510	— 219 259 2510	— 259 288 328	— 259 288 328	— FC FC FC	WD0471 WD0472 WD0473 WD0474	WD0672 WD0673 WD0674
WD2075 WD2076 WD2077 WD2078	— WD2276 WD2277 WD2278	20	3500 2500 1750 1150	3500 3000 2300 2000	219 2110 259 289	— 2110 259 289	— 288 289 366	— 288 289 366	— FC FC FC	WD0475 WD0476 WD0477 WD0478	WD0676 WD0677 WD0678
WD2079 WD2080 WD2081 WD2082	— WD2280 WD2281 WD2282	25	3500 2500 1750 1150	3500 3000 2300 2000	259 259 2510 328	— 259 2510 328	— 289 328 368	— 289 328 368	— FC FC FC	WD0480 WD0481 WD0481	WD0680 WD0681 WD0682
WD2083 WD2084 WD2085 WD2086	— WD2284 WD2285 WD2286	30	3500 2500 1750 1150	3500 3000 2300 2000	259 259 288 329	— 259 288 329	— 366 366 368	— 366 366 368	— FC FC FC	WD0484 WD0485 WD0486	WD0684 WD0685 WD0686
WD2087 WD2088 WD2089 WD2090	— WD2288 WD2289 WD2290	40	3500 2500 1750 1150	3500 3000 2300 2000	288 288 289 366	— 288 289 366	— 366 368 407	— 366 368 407	— FC FC FC	WD0488 WD0489 WD0490	WD0688 WD0689 WD0690
WD2091 WD2092 WD2093	— WD2391 WD2392 WD2393	50	2500 1750 1150	2700 2100 2000	288 328 368	288 328 368	— L-409 L-409	— 409 409	— FC FC	WD0492 WD0493	WD0692 WD0693
WD2094 WD2095 WD2096	— WD2394 WD2395 WD2396	60	2500 1750 1150	2700 2100 2000	289 329 368	289 329 368	— 409 407	— 409 **504	— FC UC*	WD0495 WD0496	WD0695 WD0696
WD2097 WD2098 WD2099	— WD2397 WD2398 WD2399	75	2500 1750 1150	2700 2100 2000	366 366 L-407	329 366 407	— L-409 L-407	— 409 **506	— FC UC*	WD0498 WD0499	WD0698 WD0699
WD2100 WD2101	— WD2400 WD2401	100	1750 1150	2000 2000	368 L-409	368 409	— L-409	— 506 **508	— FC UC*	WD0500 WD0501	WD0700 WD0701
WD2102 WD2103	— WD2402 WD2403	125	1750 1150	2000 2000	L-407 504	407 504	— L-407 504	— **506 **508	— UC* UC*	WD0502 WD0503	WD0702 WD0703
WD2104 WD2105	— WD2404 WD2405	150	1750 1150	2000 2000	L-409 506	409 506	— L-409 506	— **508 506	— FC UC*	WD0504 WD0505	WD0704 WD0705
WD2106 WD2107	— WD2406 WD2407	200	1750 1150	1900 1800	504 L-508(2)*	504 508(2)	— L-508(2)	— 504 508(2)	— UC* UC*	WD0506 WD0507	WD0706 WD0707
WD2108	— WD2408	—	1750	1900	L-506*	506	— L-506	— 506 508(2)	— UC* UC*	WD0508	WD0708 WD0709

*Unit Cooled Motors

MDCS-I, II, III, IV SERIES PANEL MOUNTED MODIFICATIONS



Specifications

Model Number	Part Number	Horsepower Ratings		AC Input		DC Output				Heat Loss Max Watts
				Three-Phase—50/60 Hz		Armature		Field		
				230V	460V	Volts	Max Amps	Volts	Max Amps	
MDCS-I	WF5010	5-10 HP —	— 5-20 HP	230 460	28 28	240 500	34 34	150 300	6 6	117 117
MDCS-II	WF5020	15-30 HP —	— 25-60 HP	230 460	84 84	240 500	102 102	150 300	6 6	367 367
MDCS-III	WF5030	40-50 HP —	— 75-100 HP	230 460	139 139	240 500	169 169	150 300	15 15	550 550
MDCS-IV	WF5040	60-125 HP —	— 125-250 HP	230 460	348 348	240 500	424 424	150 300	15 15	1138 1138

Mounting Dimensions

	MDCS-I				MDCS-II				MDCS-III				MDCS-IV			
	Width	Height	Depth	Wt. Lbs.	Width	Height	Depth	Wt. Lbs.	Width	Height	Depth	Wt. Lbs.	Width	Height	Depth	Wt. Lbs.
Chassis Control	12	15	8	22	12	18	8	26	16	22	9	38	21	21	13	83
Mounting Panel	21	27	1	14	21	33	1	17	27	39	1	25	33	45	1	36
NEMA1 Enclosure	24	30	12	61	24	36	12	73	30	42	12	104	36	48	16	152
TENV Enclosure	24	30	12	61	36	60	12	210								

① TENV Enclosures go through 50 HP only.

STANDARD MODIFICATIONS MDCS SERIES

1. Panel. Panel kits are plates which have been predrilled to allow mounting of modification kits and MDCS chassis controller. The panel will mount into optional enclosures or customer's enclosure.

2. M-Contactor. A magnetic contactor kit is available as a protection to prevent motor turnover in case of SCR false fire and for use as required by National and Local electrical code. The contactor provides a positive disconnect of the motor armature when the motor is stopped. The M-Contactor requires the use of the control transformer except for the MDCS I control which includes the M-Contactor as a standard feature.

3. 150 VA, 115 VAC, Control Transformer. The control transformer provides 50 VA of the 115 VAC single phase power for powering optional modifications and 100 VA for customer's use. It is programmable for use with a 230 or 460 VAC single phase input with dual primary windings and a fused secondary. NOTE: Required with M-Contactor (except MDCS I), Fused AC Blower Motor Starter, Process Signal Follower, Voltage Signal Isolator, Master Reference, Ramp Stop/Zero Speed Detector, Magnetic Reversing and Field Regulator.

4. Fused AC Blower Motor Starter. The blower motor starter modification is a fused AC motor "across-the-line" starter, NEMA 00, supplied with adjustable thermal overload heaters. The blower starter also includes manual/automatic reset, selectable on the heater unit. Two sets of auxiliary contacts, two normally open and two normally closed, not form C, are also supplied for customer use and for interlocking with the drive stop circuit. NOTE: 150 VA, 115 VAC control transformer is required.

Morse Part No.	Heater Rating
WF5104	.25-.4 Amps
WF5105	.63-1.0 Amps
WF5106	1.0 -1.6 Amps
WF5107	1.6 -2.5 Amps
WF5108	2.7 -4.3 Amps

5. AC Line Disconnect (Non-Automatic). AC line disconnect is a molded case, non-automatic circuit breaker for disconnecting the AC line from the control. NOTE: AC line disconnect is for use as a disconnect switch only and is not designed for overload or short circuit protection, since the MDCS chassis control contains as standard short-circuit fuse protection with 200,000 amps interrupting capacity as well as electronic inverse time overload protection.

6. AC Disconnect Door Interlock. MDCS control supplied with optional enclosure

(Modification #15), and AC line disconnect (Modification #5) can be supplied with a through-the-door AC disconnect operating device. It will prevent the enclosure door from being opened when the AC line disconnect is closed.

7. Ammeter Shunt. The ammeter shunt is used to provide a 50 mv isolated signal for interfacing to an external shunt rated 50 mv ammeter. The ammeter shunt is not required when the ammeter option (Modification #16) is used for armature current indication.

8. Dynamic Braking Resistor. This modification utilizes resistor(s) designed to electrically dissipate the inertial energy of the motor bringing it to a quick stop. Dynamic braking resistor kits have been designed for each of the integral horsepower ratings throughout the MDCS range for a minimum of 150% braking torque at maximum speed in accordance with NEMA Standard 7-15-1970 which states:

"Dynamic braking resistors shall not exceed their rated temperature rise (starting from ambient temperature) when the drive is braked by dynamic braking, from maximum speed to standstill, three times in rapid succession with a load inertia which is equal to or less than the motor inertia."

This kit requires the use of either the M-Contactor (Modification #2) or Magnetic Reversing (Modification #9) kit.

9. Magnetic Reversing. This modification uses magnetic relays to reverse the armature leads of the motor and is controlled by the use of a forward/reverse selector switch. Requires the use of the control transformer (Modification #3). The dynamic braking (Modification #8) can be used with this modification to bring the motor to a quick stop. This kit also provides the same protection as the M-Contactor modification, providing a positive disconnect of the motor armature when the motor is stopped.

10. Voltage Signal Isolator. Provides totally isolated interface circuitry between the master reference (Modification #18) or process signal follower (Modification #11) and the controller regulator circuitry. The voltage signal isolator modification requires the use of the control transformer (Modification #3).

11. Process Signal Follower. Designed to allow the drive speed to be controlled by a commercially available transducer which senses changes such as temperature, pressure, light, flow, weight, etc., where the motor speed responds to the detected function. This modification will also respond to AC or DC tachometer

generators to control the drive speed automatically. Included is an auto/manual selector switch to transfer from the external signal control (auto mode) to the MDCS speed potentiometer control (manual mode). The process signal follower requires the use of the control transformer (Modification #3). The voltage signal isolator (Modification #10) is required when the transducer signal is not isolated or when the AC/DC tachometer is providing a signal for another control. This modification is designed to accept a wide variety of input signals including the following:

MODE	
Process Current Follower	Input
	1- 5 ma
	2-10 ma
	4-20 ma
	10-50 ma
Process Voltage Follower	Input
	0-10 VDC
AC Tach. Follower	Max. Input Range
	10-162 VAC
DC Tach. Follower	Max. Input Range
	10-180 VDC

12. Ramp Stop/Zero Speed Detector. Provides a ramp stop function whereby the motor decelerates at the controller preset rate during a normal stop. Caution: a separate emergency stop pushbutton is required to override the controlled ramp stop.

Zero speed detection is another function of this modification, which is designed with armature and tachometer voltage (speed) sensing circuitry. The circuit switches the state of a relay contact when the motor reaches zero RPM. The contact is a standard form "C" type, rated 2 amp @ 28 VDC, or 1 amp @ 120 VAC.

13. Field Regulator. This modification adds the following features to the MDCS drive:

- A. Regulation of the field power supply.
- B. Field strength trim for optimum motor performance.
- C. Field weakening for extending motor speed ranges above the base speed for constant horsepower applications. IMPORTANT: A tachometer generator is required when using this feature of the field regulator modification.
- D. Field economizing circuit to extend motor field insulation life, along with reducing power requirements when the motor is not in use and power is on to the control. NOTE: 150 VA, 115 VAC Control Transformer is required (Modification No. 3).

MDCS SERIES STANDARD MODIFICATIONS

A. Test meter. The test meter modification provides a means of checking the following functions:

- A. Line-to-line voltage L1-L2
- B. Line-to-line voltage L2-L3
- C. Line-to-line voltage L3-L1
- D. 115 VAC control voltage
- E. +15 volt DC supply
- F. -15 volt DC supply
- G. Armature voltage
- H. % armature current
- I. Velocity error signal
- J. Current error amplifier output (-trigger signal)
- K. Field voltage

The test meter modification mounts on the mounting panel (Modification #1) or can be removed for portable operation.

15. Enclosures—NEMA 1 and TENV.

- A. NEMA 1 wall-mounted enclosures are available for MDCS controls, as a general purpose indoor enclosure. The

MDCS I enclosure is non-louvered, while the MDCS II, III and IV enclosures are louvered to provide ventilation for cooling purposes.

- B. TENV dustproof, gasketed enclosures are available for MDCS I and II controls up through 50 horsepower only. A fan kit is added to the MDCS II enclosure to insure circulation of air and prevent the formation of hot air pockets at the top of the enclosure.

16. Ammeter Indicator. Monitors armature current providing a visual indication of the load on the drive. Dual range selector switch provides for high or low current calibration. A metal NEMA 1 enclosure is provided for wall mounting, although meter may be removed for panel mounting.

17. % Speed Meter Indicator. This is a standard 4½" meter with a metal NEMA 1 enclosure and calibration board integrally mounted to the back of the meter. The

meter may be wall mounted or removed from its enclosure for panel mounting. Three input ranges and a calibration potentiometer are included for use with all MDCS controls.

18. Master Reference. Allows for control of 2 to 6 MDCS drives from a single speed potentiometer with master precision voltage reference and linear acceleration/deceleration circuits providing separately buffered outputs. The Master Reference includes master speed potentiometer, AC power on/off switch, power "on" indicating light, run indicating light, and run/stop relay logic for group start/stop control, in a rugged dust-tight enclosure. Requires use of the control transformer (Modification #3).

19. Remote Station. Remote operator stations are available in many configurations with enclosures to suit most applications.

MDCS I thru IV and Modification Part Numbers

Model Number	MDCS-I					MDCS-II					MDCS-III		MDCS-IV				
	—	—	5	7½	10	—	15	20	25	30	40	50	60	75	100	125	
230 VAC HP	—	—	5	7½	10	—	15	20	25	30	40	50	60	75	100	125	
460 VAC HP	5	7½	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100	125	150	200	250	
Chassis Controller	WF5010					WF5020					WF5030		WF5040				
Back Panel for Component Mounting	WF5012					WF5022					WF5032		WF5042				
Enclosure—NEMA 1	WF5014					WF5024					WF5034		WF5044				
Enclosure—TENV	WF5016					WF5026					WF5036	NA	NA				
Output Armature Contactor	Standard					WF5100					WF5101		WF5102				
150 VA, 115 VAC Transformer	WF5103					WF5103					WF5103		WF5103				
Dynamic Braking Resistors—230 V	(5) WF5109		(10) WF5111			(15) WF5112		(25) WF5114			WF5116		(60) WF5118 (100) WF5120				
	(7½) WF5110					(20) WF5113		(30) WF5115			WF5117		(75) WF5119 (125) WF5121				
Dynamic Braking Resistors—460 V	(5&7½) WF5122		(15) WF5124			(25) WF5125		(50) WF5128			WF5130		(125) WF5132 (200) WF5134				
	(10) WF5123		(20) WF5109			(40) WF5127		(60) WF5129			WF5131		(150) WF5133 (250) WF5135				
AC Line Disconnect	WF5136					WF5137		WF5138			WF5138	WF5139	WF5139	WF5140			
						thru 25 hp 230v		30 hp 230v									
						thru 50 hp 460v		60 hp 460v									
Disconnect Door Interlock	WF5141					WF5141					WF5142	WF5143	WF5144		WF5145		
													60&70 hp 230v		100&125 230v		
													WF5146		200&250 460V		
Speed Meter	WF5147					WF5147					WF5147		WF5147				
AC Blower Motor Fused Starter	See Description Page 13 for Part Numbers																
Ammeter with Shunt	WF5149					WF5150					WF5151		WF5152				
Process Signal Follower	WF5153					WF5153					WF5153		WF5153				
Voltage Signal Isolator	WF5154					WF5154					WF5154		WF5154				
Reversing with D.B. Contacts	WF5155					WF5156					N/A		N/A				
Field Range Regulator	WF5157					WF5157					WF5157		WF5157				
Ramp Stop, Zero Speed Detector	WF5158					WF5158					WF5158		WF5158				
Test Meter	WF5159					WF5159					WF5159		WF5159				
Master Reference	WF5160					WF5160					WF5160		WF5160				
Operator's Station—NEMA 1	WF5161					WF5161					WF5161		WF5161				
Operator's Station—NEMA with jog	WF5162					WF5162					WF5162		WF5162				

• Requires 150VA, 115 VAC Transformer.

Universidade Autónoma de Occidente
Biblioteca

TECNOLOGIA

Los manipuladores de plásticos necesitan cilindros que sean capaces de resistir adecuadamente el desgaste debido a la naturaleza corrosiva y abrasiva de muchas de las resinas y cargas empleadas hoy día. Gracias a su excepcional resistencia al desgaste, los cilindros bimetálicos Xaloy se han convertido en el patrón de referencia de estas prestaciones en la industria de los plásticos.

A medida que se especifican resinas más sofisticadas y combinaciones más difíciles de resina/carga -y ésta es la tendencia-, se exigen mayores prestaciones aún de la tecnología Xaloy. Y esto, no tan sólo se hace para las necesidades actuales, sino que los logros obtenidos hoy tienen en cuenta el mayor grado de exigencia de las necesidades futuras proyectadas.

CILINDROS BIMETALICOS

Los cilindros bimetálicos Xaloy se fabrican fundiendo metalúrgicamente una aleación de revestimiento Xaloy a la superficie interior de un tubo de acero laminado o forjado, premecanizado, completamente liso y sin juntas. La unión se logra calentando la aleación de revestimiento por encima de su punto de fusión en el tubo de acero y moldeándola por centrifugación sobre la superficie del mismo. Esto proporciona una capa de aleación densa, unida y continua en la superficie de contacto, además de una estructura uniforme de la aleación en todo el revestimiento. El grosor en un cilindro bimetálico Xaloy típico es de 1,5 mm ($1/16$ de pulgada.) Se puede suministrar con un grosor de 6 mm ($1/4$ pulgada) para los requisitos especiales de las secciones de alimentación acanaladas de los tambores de la extrusora. El acabado de la superficie interior estándar de un cilindro bimetálico Xaloy rectificado es R_A 2-3 micras. (Si desea información más detallada, pida una copia de nuestras normas de fabricación).

FIGURA 1



EL XALOY COMPARADO CON LOS NITRURADOS

La nitruración es un proceso para templar aceros aleados. El endurecimiento se consigue por medio de la difusión de nitrógeno dentro del acero, bien sea por técnica de gas o por técnicas de ión. El nitrógeno crea una delgada capa superficial de nitruros de aleación.

El espesor de la capa nitrurada depende de la composición del acero y del proceso de nitruración empleado en particular, siendo proporcional al tiempo de exposición. La dureza de la capa nitrurada, normalmente de unos 0,508 mm (0,20 pulg.) de espesor, disminuye con la profundidad. El revestimiento Xaloy, de 1,6 mm habitualmente, presenta una dureza uniforme en todo su grosor.

COMPARACION DE PRESTACIONES

La vida relativa de cilindros comparables, medida por el peso de las pérdidas de material, pone de relieve diferencias significativas en las prestaciones.

El nitrurado por gas tiene una vida relativa de 1; el nitrurado por ión, de 1,77.

Comparados con el Xaloy, los valores respectivos son de 4,37 para el Xaloy 101 y de 18,29 para el Xaloy 800.

El ancho de la marca dejada por una herramienta es otra medida de las prestaciones. De las pruebas del ancho de la marca se desprenden los siguientes resultados:

Los nitrurados por gas tienen una vida relativa de 1, en tanto que los nitrurados por ión tienen una vida relativa de 1,33. De nuevo, las aleaciones Xaloy se comportan mejor: el Xaloy 101 consigue un 3,98 en tanto que el Xaloy 800 obtiene 7,78. Estos resultados de las pruebas indican que los cilindros bimetálicos Xaloy, tienen una vida útil proporcionalmente más larga.

Fuente: Artículo del Dr. K. O'Brien, Plastics Technology

TABLA 1 XALOY 101

Una aleación boro-hierro, modificada con cromo, para aplicaciones de alta resistencia al desgaste y donde la corrosión no deba tenerse en cuenta.

Gama típica de Composición Química "tipo en molde"

C	Mn	Si	B	Cr	Fe	Ni	Co	W
2.0	2.0	1.5	0.50	0.70	Bal	2.5	—	—
4.0	Máx	Máx	1.25	1.40		5.0		

Propiedades de la Aleación

Dureza Rockwell C	= 58-64
Peso Específico	= 7.58
Densidad, lb/pulg	= 0.274
Resistencia Máxima a la Tracción	= 50,000 lb/pulg ²
Fatiga de Rotura	= 0.20%
Temperatura de Fusión	= 2020°F-2055°F
Coefficiente de Dilatación Térmica	= 6.1 x 10 ⁻⁶ /°F
Conductividad Térmica	= 7.5, BTU/h/pie ² /pie/°F

REVESTIMIENTO XALOY 830 PARA HUSILLOS

Específicamente diseñado para utilizarse con cilindros Xaloy 800)

El Xaloy 830 es un revestimiento para el husillo a base de carburo de tungsteno (WC-55), aplicado con un equipo de arco con transferencia de plasma. Los husillos recubiertos con Xaloy 830 pueden obtenerse en Xaloy Incorporated y en los distribuidores autorizados.

Todos los husillos Xaloy 830 pasan por controles de calidad extremadamente estrictos y se fabrican de acuerdo con las más exigentes normas para husillos de la industria.

XALOY 306

El Xaloy 306 se recomienda, principalmente, para aquellas aplicaciones en las que la corrosión sea el factor primordial. Es una aleación de níquel, cobalto y cromo en una solución sólida de dos fases. El Xaloy 306 tiene una dureza "en fundición" de 48-52 Rc. El revestimiento de husillo recomendado es Colmonoy 56.

XALOY 101

Con respecto a los materiales de la competencia, el Xaloy 101 presenta las siguientes ventajas:

1. mayor capacidad de endurecimiento, tal como se comprueba mediante una relación martensita/bainita típicamente más alta en la estructura en bruto de fundición. Esto proporciona una dureza generalmente más alta a temperatura de ambiente del material acabado de fundir, que es de 58-64 Rockwell C.

2. mayor dureza en caliente en toda la gama completa de temperaturas de operación de los índices de fusión.

3. mejor resistencia a la pérdida de dureza a temperatura de ambiente a causa de su exposición a temperaturas elevadas.

4. mejor resistencia al desgaste.

El Xaloy 101 es una aleación boro-hierro, modificada con cromo. Es adecuada para aquellas aplicaciones en que se precise una alta resistencia al desgaste y en las que la corrosión no sea un factor a tener en cuenta. La microestructura es una mezcla casi eutéctica de carburo de boro y martensita, o martensita más bainita.

La dureza en caliente del Xaloy 101 es significativa hasta los 427°C (800°F). Esto es especialmente importante en las operaciones de procesamiento de plásticos por encima de los 232°C (450°F), tales como el moldeado de polietileno lineal (alta densidad), PPO, PET, fluoroplásticos, nilones y polisulfonados.

En condiciones de funcionamiento anormales debidas a un defecto en el control de la temperatura o al descentrado de los husillos, que pueden entrar en contacto con el interior del cilindro, el material de revestimiento puede resultar expuesto en algunas zonas a temperaturas acusadamente más altas de lo normal. El Xaloy 101 proporciona una mejor resistencia frente a tales efectos de recocido y, específicamente, la permanente pérdida de dureza, protegiéndose contra la reducción de la resistencia al desgaste causada por la exposición a temperaturas elevadas.

Xaloy 101 está recomendado para husillos revestidos con Colmonoy 56 y Stellite 12.

Tabla 6 DATOS COMPARATIVOS DE LA PRUEBA DE CORROSION DEL XALOY

AGENTE CORROSIVO	CONDICIONES DE LA PRUEBA		RESULTADOS				
	CONCENTRACION	TEMPERATURA	XALOY 101	XALOY 306	XALOY 800	XALOY 309	XALOY X-PSI
Acido Sulfúrico	50%	70°F	Bueno	Excelente	Excelente	Bueno	Bueno
Acido Sulfúrico	50%	150/180°F	Malo	Regular	Bueno	Bueno	Regular
Acido Clorhídrico	20%	70°F	Malo	Regular	Regular	Regular	Malo
Acido Bromhídrico	10%	150/180°F	Malo	Bueno	Bueno	Regular	Malo
Acido Láctico	85%	150/180°F	Regular	Bueno	Bueno	Bueno	Regular
Sulfuro de Sodio & Acido Sulf.	10% c/u	70°F	Malo	Excelente	Excelente	Excelente	Malo
Sulfuro de Sodio & Acido Sulf.	10% c/u	150/180°F	Malo	Bueno	Bueno	Excelente	Malo
Cloruro de Sodio & Sulfato Mag.	10% c/u	70°F	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Cloruro de Sodio & Sulfato Mag.	10% c/u	150/180°F	Bueno	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Acido Fluorhídrico & Clorhídrico	10% c/u	70°F	Malo	Excelente	Excelente	Excelente	Malo
Acido Fluorhídrico & Clorhídrico	5% c/u	150/180°F	Malo	Regular	Regular	Regular	Malo
Acido Fluorhídrico	12%	150/180°F	No Ensayado	Bueno	No Ensayado	Excelente	No Ensayado
Hidróxido de Sodio	50%	70°F	No Ensayado	Excelente	Excelente	Excelente	No Ensayado

Definiciones: Excelente: menos de 0.005 PPA
Bueno: 0.005-0.010 PPA

Regular: 0.010-0.1.10 PPA
Malo: mayor de 0.10 PPA
(PPA: pulgadas por año)

Rodamientos de rodillos a rótula
Rodamientos de rodillos a rótula con manguito de fijación
Idem, para ejes en pulgadas
Rodamientos de rodillos a rótula con manguito de desmontaje

Los rodamientos de rodillos a rótula SKF tienen dos hileras de rodillos que ruedan sobre un camino de rodadura esférico común en el aro exterior, estando cada uno de los caminos de rodadura del aro interior inclinado formando un ángulo con el eje geométrico del rodamiento. Estos rodamientos son de alineación automática y permiten desplazamientos angulares del eje con relación al alojamiento, como los que se pueden producir al efectuar el montaje o por flexión del eje bajo carga.

Los rodillos simétricos relativamente largos, de gran diámetro, y la estrecha adaptación entre los rodillos y los caminos de rodadura, hacen que los rodamientos de rodillos a rótula SKF sean de gran capacidad de carga, por lo que resultan sumamente adecuados para aplicaciones en que se hayan de soportar fuertes cargas. El guiado de los rodillos lo efectúan la jaula y un aro de guía suelto, de sección alta en sentido radial, que está situado centradamente alrededor del aro interior del rodamiento, entre las dos hileras de rodillos. Este aro de guía proporciona además soporte interno para las jaulas de dos piezas de los rodamientos de diseño C.

La inclinación de los rodillos con relación al eje geométrico del rodamiento, permite aplicar cargas axiales en uno u otro sentido, además de las cargas radiales. No obstante, los límites de velocidad admisibles se reducen a medida que aumenta la carga axial (véase la pág. 49), y estos rodamientos no se recomiendan en general para carga axial únicamente. SKF se ofrece para proporcionar el asesoramiento técnico que se precise a este respecto.

Para conseguir una lubricación más eficaz, los rodamientos de rodillos a rótula con diámetro exterior mayor de 315 mm tienen una ranura de lubricación y tres agujeros de lubricación en el aro exterior (sufijo W33). Los rodamientos de la serie 238 con diámetro exterior mayor de 690 mm tienen tres agujeros de lubricación en el aro exterior.

Los rodamientos de rodillos a rótula SKF tienen agujero cilíndrico o cónico. También se suministran manguitos de fijación y de desmontaje para uso con rodamientos de agujero cónico; estos manguitos proporcionan un sencillo medio para montaje sobre ejes cilíndricos.

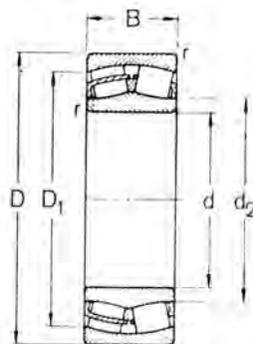
Los manguitos de desmontaje AOH tienen conductos de aceite que permiten usar el método de inyección de aceite SKF (véase la pág. 124) para el montaje y el desmontaje de los rodamientos grandes.

En las tablas de rodamientos se dan detalles completos de los rodamientos y de los correspondientes manguitos de fijación y de desmontaje. También se suministran manguitos de fijación para ejes en pulgadas, que están incluidos en las tablas de rodamientos apropiadas.

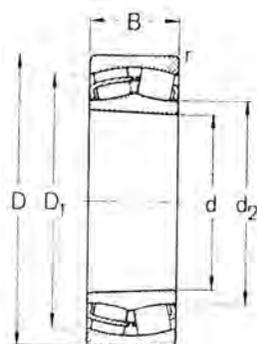


Rodamientos de rodillos a rótula

d 95-150 mm



Agujero cilíndrico



Agujero cónico

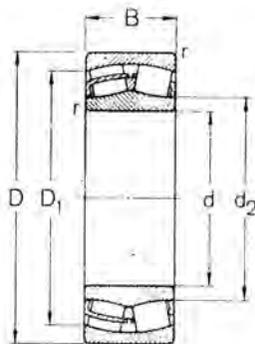


Rodamiento con ranura y agujeros de lubricación en el aro exterior

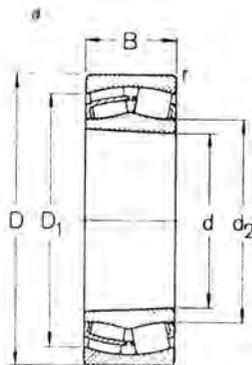
Dimensiones principales			Cargas básicas dinámica estática		Límites de velocidad		Pesos	Designaciones	
d	D	B	C	C ₀	Lubricación con grasa aceite			Rodamientos con agujero cilíndrico	agujero cónico
mm			kg		r/min		kg	—	
95	170	43	25 000	21 600	1 900	2 600	4,00	22219 C	22219 CK
	200	45	28 500	22 800	1 500	1 900	7,15	21319	21319 K
	200	67	45 500	40 500	1 700	2 200	10,0	22319 C	22319 CK
100	165	52	28 500	27 500	1 700	2 200	4,40	23120 C	23120 CK
	180	46	27 500	24 000	1 800	2 400	4,85	22220 C	22220 CK
	180	60,3	36 500	34 500	1 600	2 000	6,70	23220 C	23220 CK
	215	47	32 500	26 500	1 400	1 800	8,80	21320	21320 K
	215	73	54 000	48 000	1 700	2 200	13,0	22320 C	22320 CK
110	170	45	24 000	24 500	1 800	2 400	3,75	23022 C	23022 CK
	180	56	33 500	32 500	1 600	2 000	5,55	23122 C	23122 CK
	180	69	40 500	42 500	1 600	2 000	6,85	24122 C	24122 CK30
	200	53	36 000	32 500	1 700	2 200	7,00	22222 C	22222 CK
	200	69,8	46 500	45 000	1 400	1 800	9,70	23222 C	23222 CK
	240	50	39 000	32 000	1 200	1 600	12,0	21322	21322 K
	240	80	64 000	58 500	1 500	1 900	18,0	22322 C	22322 CK
120	180	46	26 500	27 000	1 700	2 200	4,20	23024 C	23024 CK
	180	60	33 500	36 500	1 500	1 900	5,40	24024 C	24024 CK30
	200	62	39 000	39 000	1 400	1 800	7,80	23124 C	23124 CK
	200	80	51 000	54 000	1 400	1 800	10,0	24124 C	24124 CK30
	215	58	41 500	38 000	1 600	2 000	8,70	22224 C	22224 CK
	215	76	54 000	53 000	1 300	1 700	12,0	23224 C	23224 CK
	260	86	75 000	68 000	1 300	1 700	22,0	22324 C	22324 CK
130	200	52	33 500	33 500	1 600	2 000	6,10	23026 C	23026 CK
	200	69	41 500	45 500	1 300	1 700	7,95	24026 C	24026 CK30
	210	64	43 000	44 000	1 300	1 700	8,55	23126 C	23126 CK
	210	80	52 000	56 000	1 300	1 700	11,0	24126 C	24126 CK30
	230	64	49 000	45 500	1 400	1 800	11,0	22226 C	22226 CK
	230	80	61 000	61 000	1 200	1 600	14,0	23226 C	23226 CK
	280	93	86 500	80 000	1 200	1 600	28,5	22326 C	22326 CK
140	210	53	34 500	36 000	1 500	1 900	6,55	23028 C	23028 CK
	210	69	44 000	49 000	1 200	1 600	8,45	24028 C	24028 CK30
	225	68	48 000	50 000	1 100	1 500	10,5	23128 C	23128 CK
	225	85	60 000	64 000	1 100	1 500	13,0	24128 C	24128 CK30
	250	68	55 000	51 000	1 300	1 700	14,0	22228 C	22228 CK
	250	88	71 000	72 000	1 000	1 400	18,5	23228 C	23228 CK
	300	102	100 000	93 000	1 100	1 500	34,5	22328 C	22328 CK
150	225	56	39 000	41 500	1 300	1 700	7,95	23030 C	23030 CK
	225	75	50 000	57 000	1 100	1 500	10,5	24030 C	24030 CK30
	250	80	64 000	68 000	1 000	1 400	16,0	23130 C	23130 CK
	250	100	78 000	86 500	1 000	1 400	19,5	24130 C	24130 CK30
	270	73	65 500	63 000	1 200	1 600	18,0	22230 C	22230 CK
	270	96	83 000	85 000	950	1 300	24,0	23230 C	23230 CK
	320	108	114 000	106 000	1 000	1 400	41,5	22330 C	22330 CK

Rodamientos de rodillos a rótula

d 20-90 mm



Agujero cilíndrico



Agujero cónico



Rodamiento con ranura y agujeros de lubricación en el aro exterior

Dimensiones principales			Cargas básicas		Límites de velocidad		Pesos	Designaciones	
d	D	B	C	C ₀	Lubricación con grasa	aceite		Rodamientos con agujero cilíndrico	agujero cónico
mm			kg		r/min		kg	—	
20	52	15	2 400	1 500	6 300	8 000	0,16	21304	—
25	52	18	3 150	2 200	7 000	9 000	0,18	22205 C	—
	62	17	3 350	2 160	5 300	6 700	0,25	21305	—
30	62	20	4 300	3 050	6 000	7 500	0,28	22206 C	—
	72	19	4 650	3 150	4 500	5 600	0,38	21306	—
35	72	23	5 600	4 150	5 000	6 300	0,43	22207 C	22207 CK
	80	21	5 400	3 650	4 000	5 000	0,51	21307	—
40	80	23	6 550	4 800	4 500	5 600	0,52	22208 C	22208 CK
	90	23	6 950	4 900	3 600	4 500	0,71	21308	21308 K
	90	33	10 000	7 500	4 300	5 300	1,00	22308 C	22308 CK
45	85	23	6 800	5 200	4 300	5 300	0,56	22209 C	22209 CK
	100	25	8 500	6 100	3 200	4 000	0,95	21309	21309 K
	100	36	12 200	9 650	3 800	4 800	1,35	22309 C	22309 CK
50	90	23	7 100	5 500	3 800	4 800	0,60	22210 C	22210 CK
	110	27	9 500	6 950	2 800	3 600	1,20	21310	21310 K
	110	40	15 600	12 200	3 400	4 300	1,85	22310 C	22310 CK
55	100	25	8 800	6 800	3 400	4 300	0,82	22211 C	22211 CK
	120	29	11 200	8 300	2 400	3 200	1,60	21311	21311 K
	120	43	17 600	14 000	3 000	3 800	2,35	22311 C	22311 CK
60	110	28	10 800	8 500	3 200	4 000	1,10	22212 C	22212 CK
	130	31	12 900	9 650	2 200	3 000	1,95	21312	21312 K
	130	46	20 800	17 000	2 800	3 600	2,95	22312 C	22312 CK
65	120	31	12 700	10 200	2 800	3 600	1,45	22213 C	22213 CK
	140	33	15 300	11 800	2 000	2 800	2,45	21313	21313 K
	140	48	22 400	18 300	2 400	3 200	3,55	22313 C	22313 CK
70	125	31	13 200	10 600	2 600	3 400	1,55	22214 C	22214 CK
	150	35	17 300	13 400	1 900	2 600	3,00	21314	21314 K
	150	51	27 500	23 200	2 200	3 000	4,30	22314 C	22314 CK
75	130	31	13 700	11 200	2 400	3 200	1,65	22215 C	22215 CK
	160	37	19 600	15 300	1 800	2 400	3,55	21315	21315 K
	160	55	31 000	26 000	2 000	2 800	5,25	22315 C	22315 CK
80	140	33	15 600	12 900	2 200	3 000	2,05	22216 C	22216 CK
	170	39	21 600	17 000	1 700	2 200	4,20	21316	21316 K
	170	58	33 500	28 000	1 900	2 600	6,20	22316 C	22316 CK
85	150	36	18 000	15 000	2 000	2 800	2,55	22217 C	22217 CK
	180	41	24 000	19 000	1 700	2 200	5,00	21317	21317 K
	180	60	37 500	31 500	1 800	2 400	7,25	22317 C	22317 CK
90	160	40	21 600	18 600	1 900	2 600	3,25	22218 C	22218 CK
	160	52,4	27 500	25 500	1 700	2 200	4,60	23218 C	23218 CK
	190	43	26 500	21 200	1 600	2 000	5,80	21318	21318 K
	190	64	42 500	37 500	1 800	2 400	8,60	22318 C	22318 CK

Rodamientos axiales de rodillos a rótula a rótula

SKF

En los rodamientos axiales de rodillos a rótula, la línea de acción de la carga en los contactos entre los caminos de rodadura y los rodillos forma un ángulo con el eje geométrico del rodamiento. A diferencia de la mayoría de los demás rodamientos axiales, esa característica los hace adecuados para soportar una carga radial que no exceda el 55 % de la carga axial actuando simultáneamente. El camino de rodadura del aro del soporte es esférico, por lo que el rodamiento es de alineación automática; esto permite, dentro de ciertos límites, el desplazamiento angular del eje con relación al soporte o alojamiento, debido a errores de montaje o a flexiones del eje. Con objeto de evitar deslizamientos inadmisibles en los contactos entre los rodillos y los caminos de rodadura, bajo la acción de la fuerza centrífuga y los pares giratorios, deberá aplicarse al rodamiento cierta carga axial mínima (véase la página 47).

El aro del eje, los rodillos y la jaula de los rodamientos axiales de rodillos a rótula forman un conjunto que es separable del aro del soporte, permitiendo que ambos aros puedan montarse independientemente.

Los rodamientos axiales de rodillos a rótula SKF llevan gran número de rodillos asimétricos, que se adaptan exactamente a los caminos de rodadura. Estos rodamientos son adecuados para cargas axiales muy grandes y velocidades relativamente altas.

Los rodamientos axiales de rodillos a rótula SKF difieren en su construcción interna, según sea la serie y el tamaño del rodamiento. Cuando la designación de un rodamiento tiene el sufijo B, ello indica que la jaula es de chapa de acero embutida. Todos los demás rodamientos axiales de rodillos a rótula tienen jaula mecanizada, guiada por un manguito montado en el agujero del aro del eje. En ambas variantes, el aro del eje, los rodillos y la jaula forman un conjunto separado.

Cuando se vayan a substituir rodamientos con jaula mecanizada por otros con jaula embutida, en aplicaciones en que se haya previsto un resalte de tope para fijar el manguito de la jaula y el aro del eje, deberá usarse un manguito distanciador entre el aro del eje del nuevo rodamiento y el resalte.

Dimensiones

Las dimensiones principales de los rodamientos relacionados en las tablas son conformes a la Recomendación ISO/R 104.

Desalineación

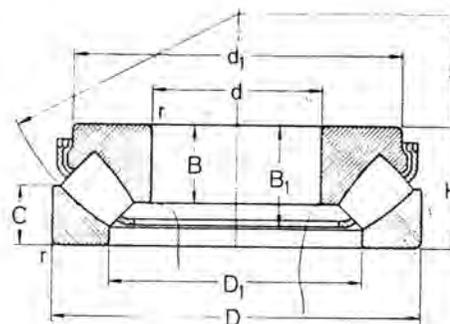
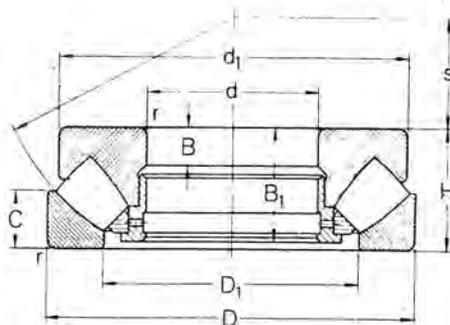
Los rodamientos axiales de rodillos a rótula están diseñados para absorber, dentro de ciertos límites, la desalineación angular del aro del eje con relación al aro del alojamiento. En condiciones de carga normales, la desalineación angular admisible es de 2° para la serie de rodamiento 292, de 2,5° para la serie 293 y de 3° para la serie 294.

Para rodamientos con jaula de chapa de acero embutida (sufijo B), deberá dejarse un huelgo entre el agujero del alojamiento y la periferia exterior de la jaula, para tener la seguridad de que la jaula no llega a tocar con el alojamiento al producirse una desalineación. El diámetro del rebaje hecho con este fin en el alojamiento debe ser de $D + 15$ mm.

Tolerancias

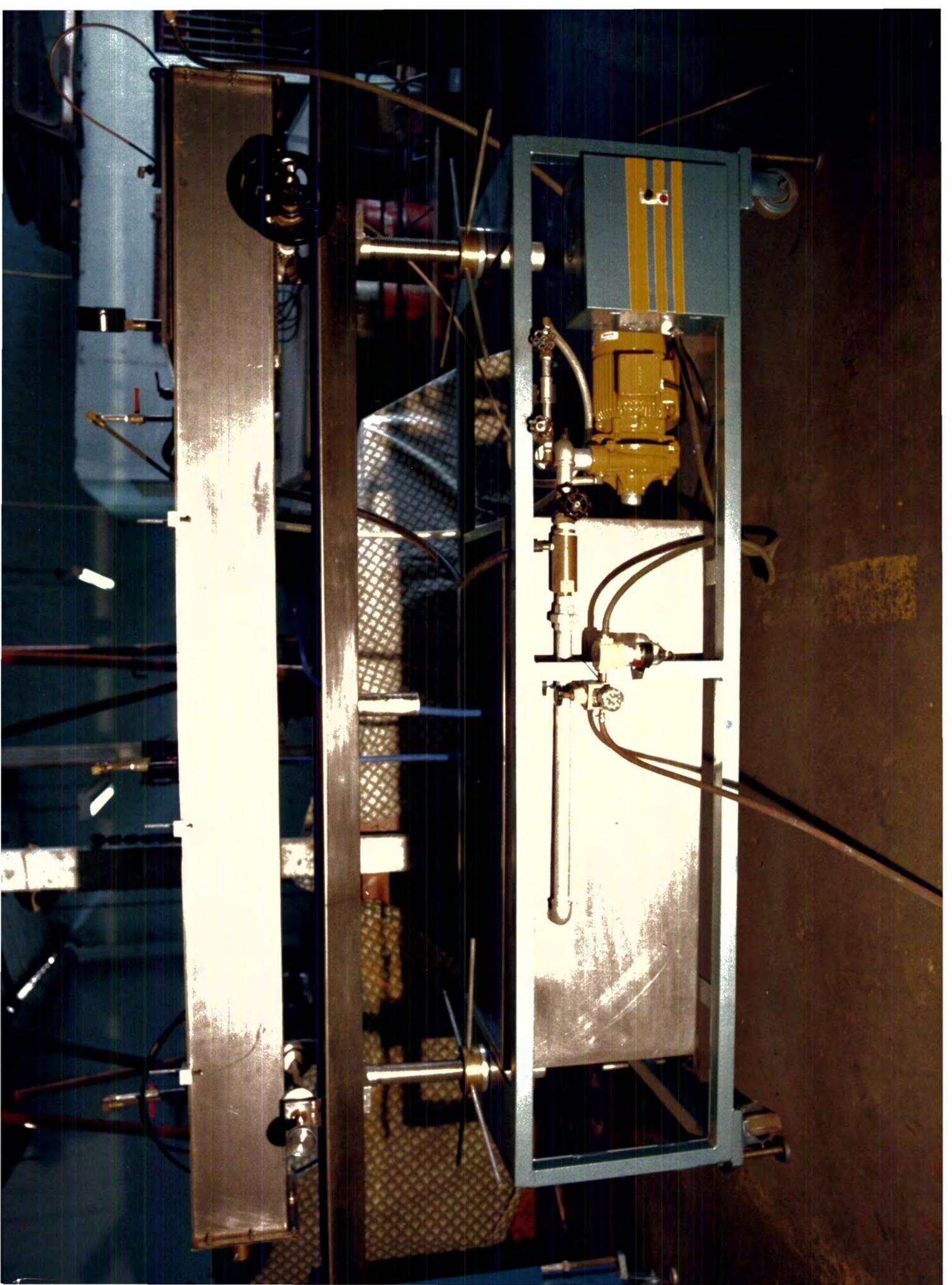
Los rodamientos axiales de rodillos a rótula SKF se fabrican en general, con las tolerancias normales (véase la página 72).





Tipo B

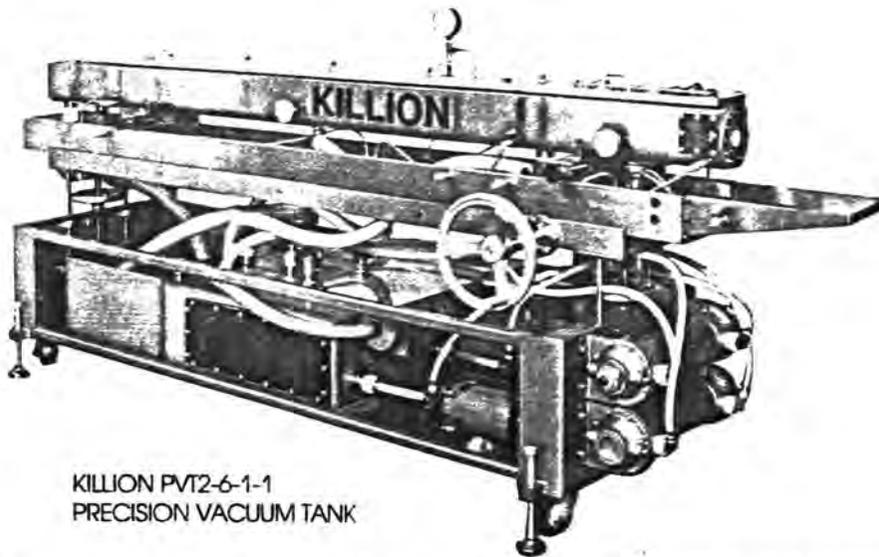
Dimensiones principales			Cargas básicas		Coeficiente de carga mínima A ¹⁾	Límites de velocidad Lubricación con aceite	Pesos	Designaciones
d	D	H	dinámica	estática				
mm			kg	C ₀	—	r/min	kg	—
60	130	42	26 000	45 500	8,28	2 600	2,60	29412 B
65	140	45	30 500	54 000	11,7	2 400	3,20	29413 B
70	150	48	33 500	60 000	14,4	2 200	3,90	29414 B
75	160	51	39 000	69 500	19,3	2 200	4,70	29415 B
80	170	54	41 500	75 000	22,5	2 000	5,60	29416 B
85	150	39	26 000	49 000	9,60	2 200	2,75	29317 B
	180	58	47 500	86 500	29,9	1 900	6,75	29417 B *
90	155	39	26 500	52 000	10,8	2 200	2,85	29318 B
	190	60	54 000	100 000	40	1 800	7,75	29418 B
100	170	42	31 500	63 000	15,9	2 000	3,65	29320 B
	210	67	64 000	112 000	59,5	1 600	10,5	29420 B
110	190	48	40 500	81 500	26,6	1 800	5,30	29322 B
	230	73	75 000	146 000	85,3	1 400	13,5	29422 B
120	210	54	49 000	98 000	38,4	1 600	7,35	29324 B
	250	78	86 500	170 000	116	1 300	17,5	29424 B
130	225	58	57 000	118 000	55,7	1 500	9,00	29326 B
	270	85	100 000	200 000	160	1 200	22,0	29426 B
140	240	60	62 000	129 000	66,6	1 400	10,5	29328 B
	280	85	104 000	212 000	180	1 200	23,0	29428 B
150	250	60	64 000	137 000	75,1	1 400	11,0	29330 B
	300	90	118 000	240 000	230	1 100	28,0	29430 B
160	270	67	76 500	163 000	106	1 200	14,5	29332 B
	320	95	132 000	275 000	302	1 000	33,5	29432 B
170	280	67	78 000	170 000	116	1 200	15,0	29334 B
	340	103	150 000	310 000	384	950	44,5	29434 B
180	300	73	91 500	204 000	166	1 100	19,5	29336 B
	360	109	166 000	345 000	476	900	52,5	29436 B
190	320	78	104 000	228 000	204	1 000	23,5	29338 B
	380	115	180 000	380 000	578	850	60,5	29438 B
200	280	48	47 500	120 000	57,6	1 400	8,90	29240
	340	85	120 000	270 000	292	950	29,5	29340 B
	400	122	200 000	430 000	740	800	72,0	29440 B
220	300	48	48 000	127 000	64,5	1 300	10,0	29244
	360	85	122 000	280 000	314	950	33,5	29344
	420	122	208 000	450 000	810	750	75,0	29444



KILLION

Precision Vacuum Tank

Closed Loop Vacuum Control with advanced PID internal software



KILLION PVT2-6-1-1
PRECISION VACUUM TANK

The Killion Model PVT2-6-1-1 Precision Vacuum Tank has the ultimate design for cooling and sizing of small diameter tubing and hollow shapes. It includes features which allow close clearance sizing of materials such as flexible PVC and urethane that were previously near impossible to vacuum size.

Cooling/Sizing Tank

The cooling/sizing tank is heavy gauge (14) stainless steel which is divided into four compartments:

The primary vacuum chamber (two feet long) is equipped with a clear gasketed hinged lid, and a 3 inch by 3 inch port hole on both sides for unobstructed view of the primary tooling and water level control.

The secondary vacuum chamber (six feet long) is equipped with a clear gasketed hinged lid as well as a water level control, and provides additional cooling and vacuum assisted size control/roundness maintenance.

The third compartment (10 inches long) provides additional cooling of the extrudate and provides a water seal for the exit of the secondary vacuum chamber.

The final compartment (8 inches long) provides for drain and water stripping. The unit is equipped with a stainless steel drain collector the full length of the sizing tank.

Precision Vacuum Tank

The precision vacuum tank is equipped with an air/water separation system which provides very stable vacuum levels. The system utilizes a lower reservoir in which the air and water are separated and the vacuum level is equalized with the upper tank.

The vacuum is created and controlled by a variable speed brushless DC vacuum/pressure blower with its suction port coupled to the air volume in the vacuum sizing compartment. The vacuum setpoint level is regulated by a feedback control system utilizing a vacuum transducer and advanced PID internal software.

Electrical Controls

The electrical controls include start/stop switches for pumps, ten turn potentiometer for vacuum level setpoint, digital readout for vacuum level setpoint and error, and an auto/manual selector switch.

When the unit is in the auto mode, the vacuum level setpoint may be changed automatically when interfaced with extrudate gauging equipment. This facilitates very precise, long term control to be possible with this vacuum tank.

Analog Gauges

An analog gauge is also provided which has proven to be a valuable tool in analyzing processing problems such as extrudate sticking to the tooling, excessive clearance (leakage), or turbulence.

Optional Pre-Skinning Chamber

An optional pre-skinning chamber assembly with sizing tooling can be mounted on the entrance of the primary vacuum chamber for sizing flexible polymers (including flexible PVC and urethanes). It consists of an internally cooled pre-sizing sleeve mounted within a water well to provide a film of water for lubrication, a weir to maintain the water level over the extrudate, and a short cooling chamber (2-8 inches long) which provides pre-cooling and seals the primary vacuum compartment.

FOR MORE INFORMATION - CONTACT

KILLION EXTRUDERS, INC.

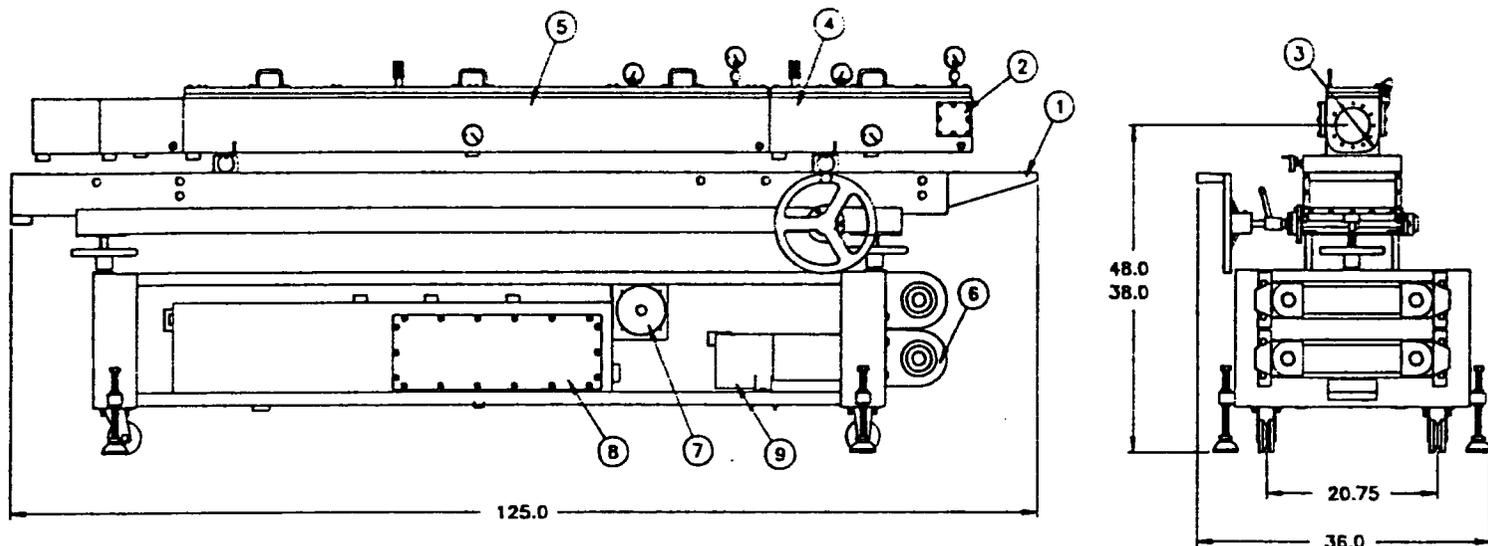
See other side

for detailed specifications



200 Commerce Road, Cedar Grove, New Jersey 07009, U.S.A. • Phone: (201) 239-0200, Telex: 133560/Fax: (201) 239-3061

Killion Model PVT2-6-1-1 Precision Vacuum Tank Specifications



SPECIALIZED FEATURES:

- 1) Interchangeable Drain Pan Nose for pre-skinner application
- 2) Window for viewing polymer as it enters vacuum chamber
- 3) Rounded tank bottom for ease of cleaning
- 4) Primary 2 ft. vacuum chamber
- 5) Secondary 6 ft. vacuum chamber
- 6) Mounted heat exchangers
- 7) Closed loop vacuum system
- 8) Water/air separation tank
- 9) Recirculating water pump

MECHANICAL FEATURES:

- Fabricated steel base on V-grooved casters
- Jackscrews for leveling
- All stainless steel tank and splash pan construction
- Rounded tank bottom for easy cleaning
- Plexiglass vacuum tank lids; primary, secondary
- Delrin material guide rollers
- Independent height adjustment for each end of tank
- Precision self-locking longitudinal adjustment
- Side to side adjustment via handwheel/screw thread
- Primary vacuum chamber length: 2 foot
- Secondary vacuum chamber length: 6 foot
- Cooling chamber length for water seal: 10 inch
- Water stripping and drain compartment: 8 inch

VACUUM SYSTEM FEATURES:

- Brushless DC motor driven vacuum/pressure blower with integral controller and variable speed capability
- A zero to 10 VDC signal from a vacuum transducer will automatically control motor speed and adjust air performance from 0 to 100 percent. (closed loop)
- 0 to 60" of water vacuum range
- Air/water separation system
- Analog and digital vacuum gauge

WATER SYSTEM FEATURES

- 1/3 HP centrifugal water circulation pump
- Filter
- All non-ferrous materials in contact with water
- Dual reservoir system
- Valve for automatic filling
- Temperature gauge in each section
- Adjustable water level in each section
- 5-port delivery manifold with individual flow control valves
- Air wipe after trough section
- Heat exchanger

OPTIONS:

- Pre-skinner chamber with independent water flowcontrol valve



BETOL 1004 Haul-Off and Guillotine

face an operator with
n-line cutter. On duty
ours every day.

