

311
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

MONOGRAFIA DEL POLIOXIMETILENO
(POLIFORMALDEHIDO)

TESIS RECEPCIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A N

SERGIO ROJAS RUBI
FAUSTO GOMEZ LORENCE

1 9 7 5



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CLAS. TESIS
ADQ. 1975
FECHA _____
PROC. Ht. 133



QUIM-02

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

"MONOGRAFIA DEL POLIOXIMETILENO (POLIFORMALDEHIDO)"

SERGIO ROJAS RUBI

INGENIERO QUIMICO

1 9 7 5

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

"MONOGRAFIA DEL POLIOXIMETILENO (POLIFORMALDEHIDO)"

FAUSTO GOMEZ LORENCE

INGENIERO QUIMICO

1 9 7 5

Jurado asignado originalmente
según el tema

PRESIDENTE JULIO TERAN ZAVALETA
V O C A L ANTONIO REYES CHUMACERO
SECRETARIO FERNANDO ITURBE HERMANN
1er.SUPLENTE MARGARITA GONZALEZ T.
2do.SUPLENTE ALFREDO R.BARRON HUIZ

Sitio donde se desarrolló el tema: Biblioteca Facultad de Química

Nombre completo y firma del sustentante Sergio Reyes Rubí

Nombre completo y firma del asesor del tema: QUIM. JULIO TERAN Z.

Con cariño y admiración a mis padres:

Sra. Ma. Dolores Vd. de Rojas.

Dr. Moises Rojas Alarcón.

Por el esfuerzo que realizaron y que hoy, yo concluyo.

A mi esposa Margarita.

A mis hermanos:

Dr. Rodolfo Rojas Rubí

T.S. Elvia Rojas de Kuri.

A mis maestros.

A mis compañeros.

A la UNAM .

Sergio.

Con cariño y admiración a mis padres:

Sra. Marina Lorence de Gómez

Sr. Federico Gómez Bermúdez.

A mi esposa Rosita.

A mis hermanos:

Federico, Francisco, Fernando, Fermín,
Marina y Martha.

A mis maestros.

A mis amigos y compañeros de aula.

Fausto.

I N D I C E .

I) INTRODUCCION	1
II) GENERALIDADES	2
A) Estructura Química	3
B) Estructura Cristalina	4
C) Cambios de Volúmen	4
D) Características Hidrodinámicas y Propiedades	5
E) Propiedades del Polioximetileno Fluorocarbonado	26
F) Métodos de Obtención del Polioximetileno	29
a) Métodos Tradicionales	
b) Descubrimientos Recientes	
III) TECNICAS DE MOLDEO	36
A) Moldes	36
B) Calentamiento del Molde	62
C) Ventilación	64
D) Eyección, Núcleos e Inserciones	69
E) Defectos debidos a un mal Diseño de los Moldes y como solucionarlos	71
F) Materiales para la Fabricación de los Moldes	80
IV) PROCESAMIENTO DEL POLIOXIMETILENO	82
A) Guía para Moldeadores	82
B) Máquinas de Moldeo por Inyección	84
C) Máquinas Inyectoras de Tornillo	86
D) Procesamiento del Polioximetileno Fluorocarbonado	97
E) Precauciones de Seguridad	99
F) Recomendaciones para evitar Problemas al Moldeador	100
V) CONSIDERACIONES EN DIMENSIONES	101
A) Dimensiones Fundamentales	101
B) Contracción Post-moldeo	105
C) Selección del Espesor de la Pieza	112

D) Tolerancias.	114
E) Templado	121
F) Procedimiento de Enfriamiento	122
G) Operaciones Auxiliares	122
VI) OPERACIONES DE POST-MOLDEO	127
VII) USOS GENERALES	135
VIII) CONCLUSIONES	
IX) RECONOCIMIENTOS	153
X) BIBLIOGRAFIA	164

I.- I N T R O D U C C I O N .

Este trabajo está dirigido especialmente a tecnólogos y moldeadores de resinas que tengan interés particular en los compuestos denominados plásticos de ingeniería. Dichos compuestos son aquellos que poseen una gran estabilidad dimensional, son muy resistentes a la fricción y a los agentes químicos. Como ejemplos de este grupo se pueden mencionar al Nylon*, los policarbonatos, los polisulfones, las resinas acetales, etc.

Las resinas acetales están representadas por dos compuestos, el Celcon* y el Delrin*, los cuales corresponden al copolímero y al homopolímero del formaldehído. Aquí se hablará de éste último, también denominado polioximetileno (POM) o poliformaldehído.

La elección del polioximetileno se basó fundamentalmente en la gran demanda que este plástico ha tenido en el mercado nacional, debido a la amplia variedad de usos a los que se destina, ya que gracias a la combinación única de sus propiedades, como peso más ligero, resistencia a la corrosión, etc, lo hacen competir en muchos casos con materiales como metales férricos, latón y aleaciones de Zn, Al. y Mg.

El objetivo general perseguido en esta monografía es el de recopilar la información técnica existente sobre las propiedades, moldeo, procesamiento y aplicaciones principales del polioximetileno. Para complementar esta información se mencionan en forma breve los métodos tradicionales y los descubrimientos recientes que hasta la fecha hay en lo que se refiere a la obtención de este plástico.

Por otro lado, el objetivo particular de este estudio es que pretenda ser un auxiliar práctico y concreto para las personas interesadas en aumentar su eficiencia al fabricar piezas plásticas, que deban cumplir con tolerancias estrechas así como con propiedades físicas y químicas críticas.

* MARCA REGISTRADA

II.- GENERALIDADES

El polioximetileno comercial introducido en 1960, fué uno de los primeros termoplásticos resistentes del nuevo grupo de materiales destinados a la fabricación de piezas industriales. Desde entonces, ha sobrepasado los ensayos y pruebas, utilizándose en millares de aplicaciones en todo el mundo.

El POM se obtiene a través de la polimerización del formaldehído. De ello resulta una resina estable y de estructura cristalina que proporciona a las piezas una combinación de propiedades físicas que llenan el vacío entre las características de los metales y los plásticos.

Estas propiedades incluyen una excelente resistencia mecánica, rigidez, estabilidad dimensional y resiliencia. Las piezas moldeadas con polioximetileno conservan las propiedades de esta resina, aún en las condiciones más diversas: gran margen de temperatura y humedad extrema, resistencia a los disolventes y a los agentes químicos. También soportan cargas elevadas en períodos intermitentes y prolongados.

Se ha comprobado que este compuesto puede competir en rendimiento, costo y facilidad de fabricación, en aplicaciones que anteriormente requerían materiales como metales -- férreos o no férreos.

El polioximetileno comercial se suministra en diversos tipos para adaptarse a la variedad de requisitos en sus aplicaciones. En las resinas básicas, se puede señalar que existen, el Delrin* 100, 500 y 900 para el moldeo por inyección; el 150 y 550 para moldeo por extrusión. Estas resinas se diferencian sobre todo por su viscosidad en su estado de fusión. Por ejemplo el 100, tiene más viscosidad que el 900. Las propiedades mecánicas de los diversos tipos son casi iguales, exceptuando su alargamiento y su resistencia al impacto. Para lo último, el Delrin 100* es el que ofrece la mejor combinación de propiedades. Se dispone de una amplia gama de colores y tipos preparados para resistir la --

B.- Estructura Cristalina.-

El polioximetileno es un termoplástico cristalino, así como el polietileno y el Nylon*. Observando a través de un microscopio una sección de una pieza en POM, será posible apreciar, que tal como sucede con los polímeros cristalinos, su estructura no es regular. Las condiciones de moldeo, principalmente la temperatura del molde y de la resina fundida, influyen sobre dicha estructura.

Entonces, muchas de las propiedades de moldeo del POM, están más estrechamente ligadas a las del Nylon* y polietileno que a otras resinas.

El cambio de orientación de los cristales, se acompaña de un cambio de volumen, que es comunmente llamado la "contracción" del material. El estudio de estas estructuras cristalinas ha podido demostrar que se obtiene la orientación más regular de los cristales, a una temperatura de molde superior a 95°C . Esto explica la necesidad de calentar el molde para poder producir piezas de gran estabilidad dimensional y con buenas propiedades mecánicas. Al mismo tiempo, el molde caliente permite obtener una superficie impecable en las piezas moldeadas.

El punto de fusión del poliformaldehído es de 347°F (175°C), debajo de esta temperatura es un sólido y arriba de esta temperatura es un líquido reblandecido.

C.- Cambios en Volúmen.-

Las cadenas de polímero fundido existen en forma de red, y en las resinas cristalinas hay un mínimo ordenamiento en estas cadenas. Este cambio de volumen, asociado con el proceso de cristalización en frío, es sólo una parte del cambio de volumen que toma lugar durante el moldeo. Los factores de compresibilidad del fluido y contracción térmica son comunes a todas las resinas cristalinas.

D.- Características hidrodinámicas y Propiedades.-

Existen tres variedades del polioximetileno comercial para el moldeo por inyección: el Delrin* 900, 500 y 100. Es-

tos materiales se diferencian principalmente en sus características hidrodinámicas (viscosidad al estado de fusión). El mismo tiempo, las propiedades mecánicas (alargamiento a la ruptura y resistencia al impacto), aumenta del tipo más fluido (900), al más viscoso (100). El 500, es la resina estándar para el moldeo por inyección. Así podemos ver mediante las curvas de las Figs. 1 y 2, las diferentes tensiones y resistencias de los tres tipos mencionados.

a). Resistencia.

El polioximetileno ofrece resistencia y solidez. Sus propiedades de resistencia se observan en los diagramas de fuerza-alargamiento. El comportamiento de las piezas en POM a medida que aumenta la temperatura es similar al de la mayoría de los materiales industriales: el alargamiento aumenta a medida que la fuerza disminuye (fig. 3). El diagrama de fuerza-alargamiento para el POM en ambos, compresión y tensión (fig. 4), indica que esta resina ofrece más fuerza en compresión que en tensión.

b). Rigidez y resiliencia (recuperación elástica).

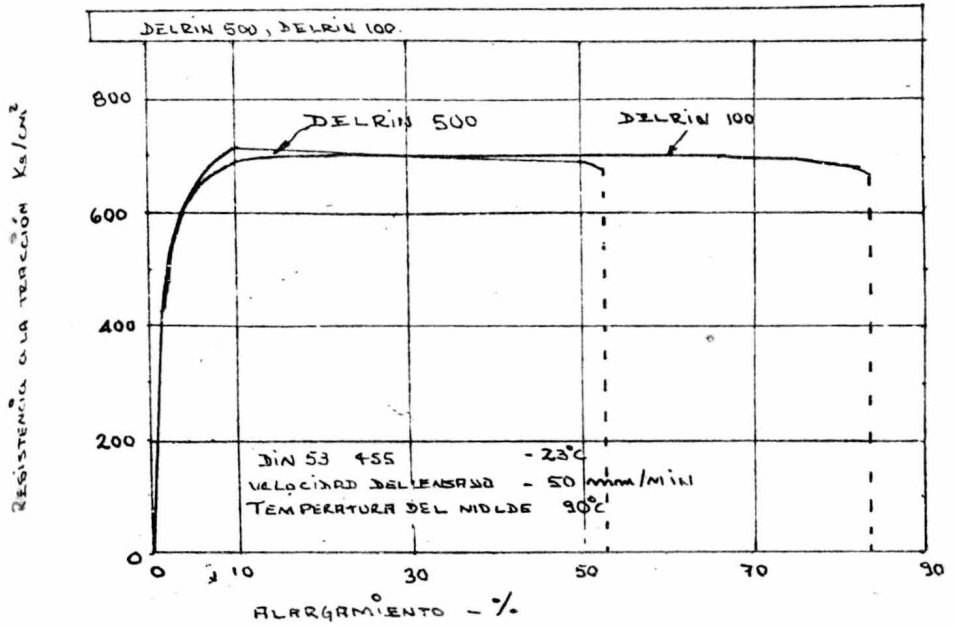
La rigidez natural en el POM, lo hace un material ideal para aquellos casos en que se requiera una resistencia a la carga sin deformación del material. Sus propiedades se conservan a temperaturas elevadas. Las piezas moldeadas con POM retienen un alto grado de resistencia y rigidez incluso a 120°C que es una temperatura inferior en 58°C de la temperatura de fusión de la resina (178°C), (figs. 5, 8).

El POM es rígido, y sin embargo sus piezas moldeadas tienen una recuperación elástica muy buena, cuando desaparece la carga. La recuperación elástica es completa bajo cargas pequeñas (fig. 6), bajo cargas mayores, aunque sean inferiores a la fuerza de rotura, ocurre alguna deformación permanente.

c). Resistencia al Impacto y a la Fatiga.

La resistencia a la fatiga del POM, lo hace de gran

Fig 1 CURVAS TENSION-ALARGAMIENTO DE LA RESINA ALETÁLICA



PARA LOS PIÉLAS QUE SUFREN UN EFECTO DE TORSIÓN, EL DELRIN 100 PRESENTA CARACTERÍSTICAS SOBRESA-LIENTES. (Fig 2)

Fig 2

RESISTENCIA DE UN VOLANTE DE VÁLVULA

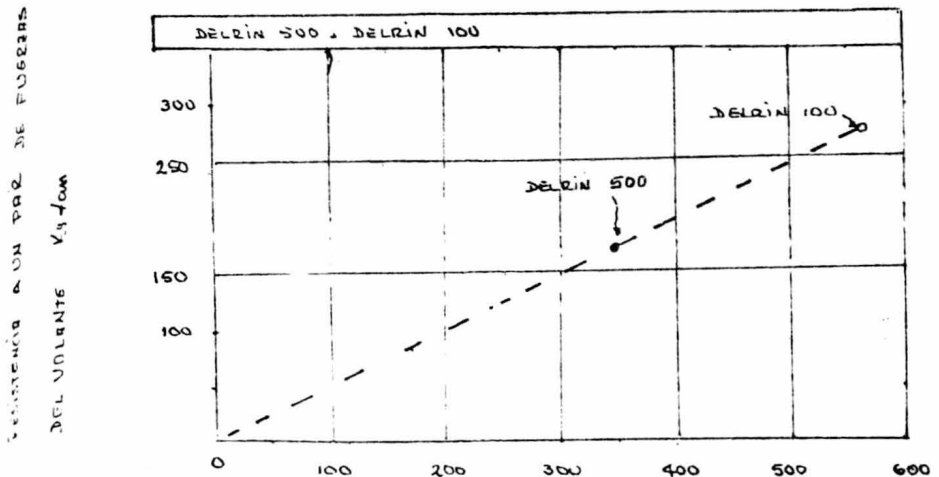


Fig 3

FUERZA ALARGAMIENTO EN TENSION

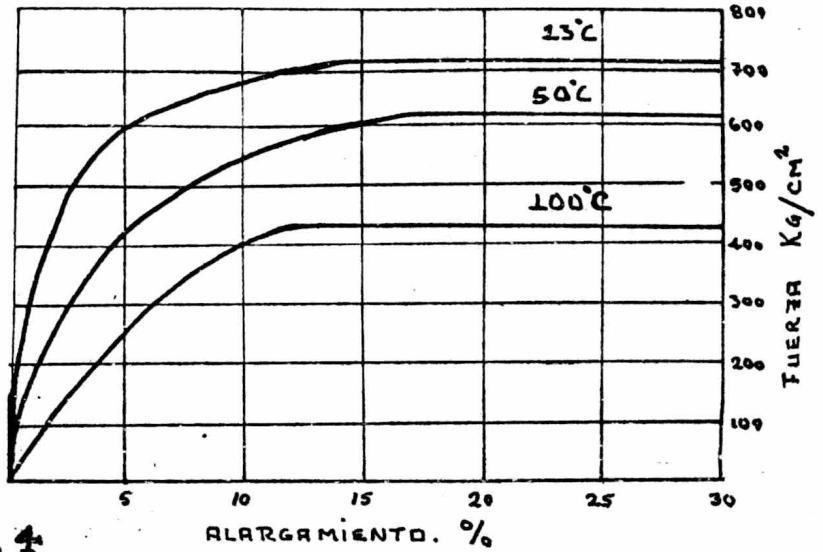


Fig. 4

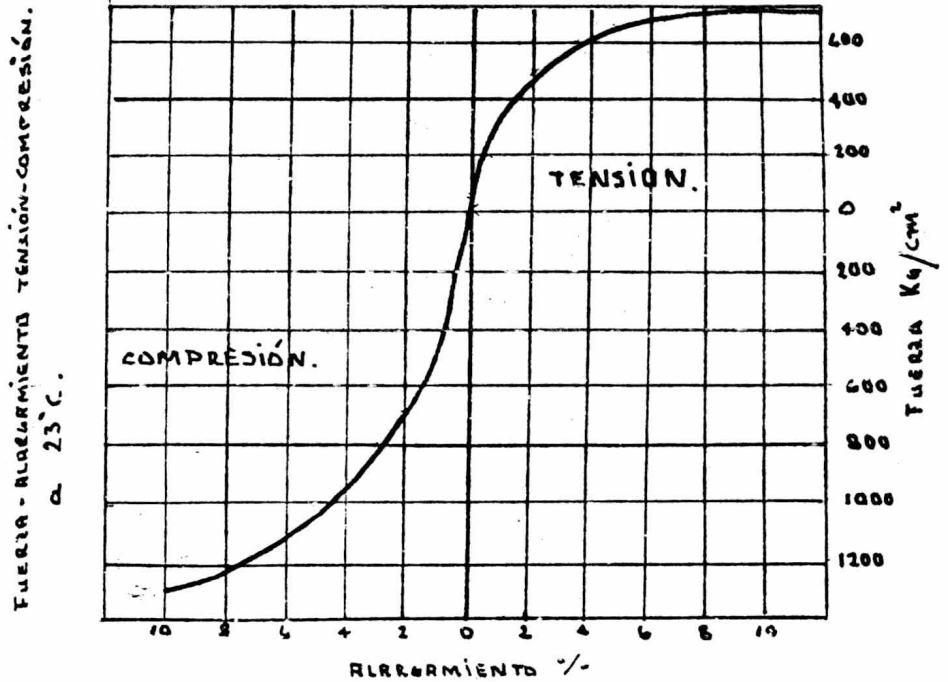


Fig 5

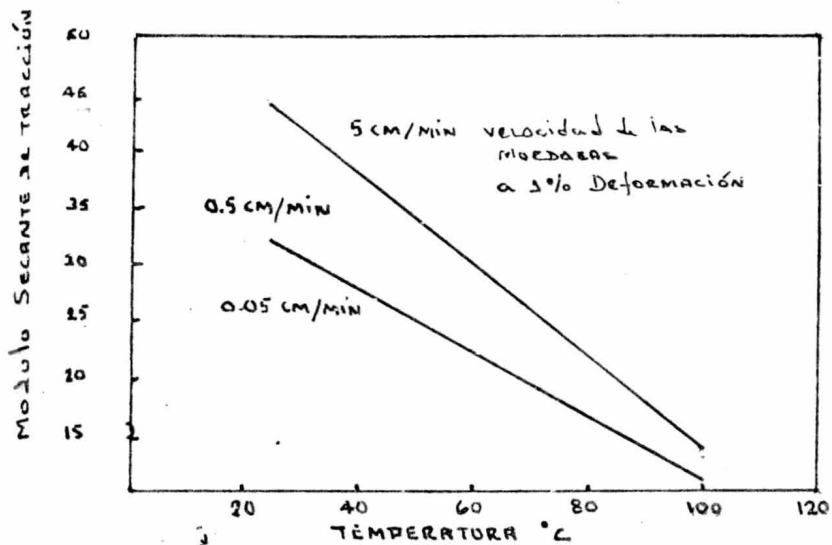


Fig 6

RECUPERACIÓN DEL DELAÍN

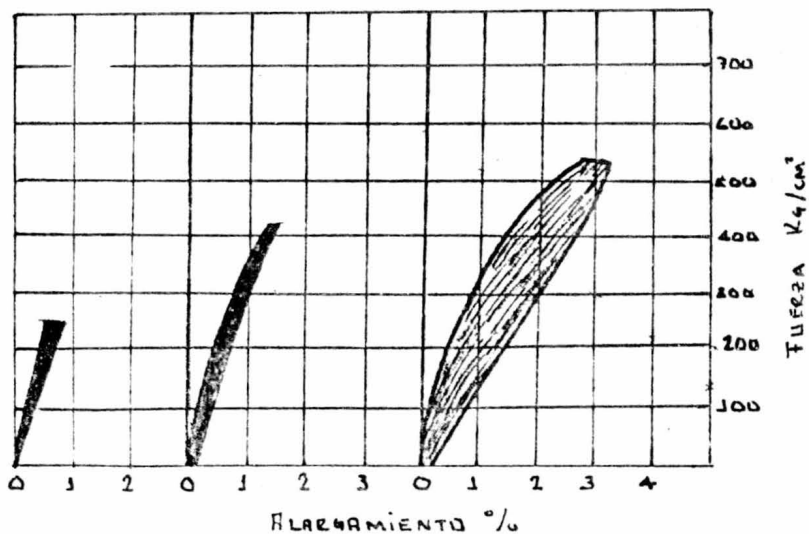


Fig. 7

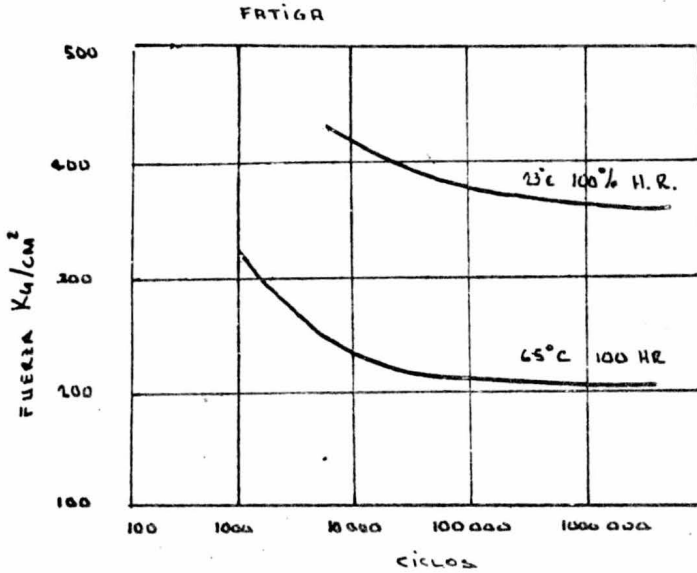
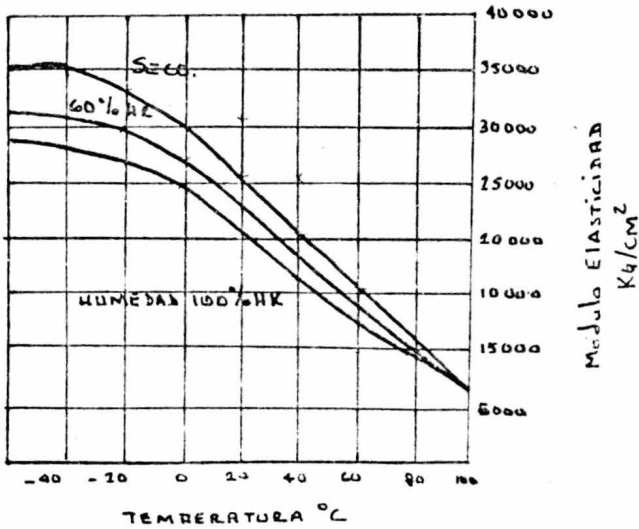


Fig. 8



utilidad en los materiales termoplásticos. Su capacidad de resistir esfuerzos cíclicos es sobresaliente. La aplicación de esfuerzos periódicos demuestran que el Delrin[®] puede resistir casi indefinidamente una carga de 350 kg/cm^2 - (fig. 7). Esta propiedad hace que el POM sea el material ideal para la construcción de engranajes, muelles y otras piezas sujetas a presión y vibración.

Su resistencia a impactos individuales o repetidos, también es sobresaliente, ya que no retiene las marcas del impacto permanente. Su resistencia a los choques varía algo en los diferentes tipos de POM. El Delrin 100[®] *1 es el tipo de más elevado peso molecular, proporciona las piezas más resistentes al impacto entre Delrin[®] 500 y 900.

El POM no depende de plastificantes para obtener su resistencia y por consiguiente no se resquebrá a bajas temperaturas. Su resistencia a 40°C es inferior sólo un 20% de la que tiene a temperatura ambiente. Es importante tener en cuenta la necesidad de eliminar las aristas y redondear los ángulos vivos, sustituyéndolos por filetes y radios, para reforzar la pieza. Este punto se demuestra por la gran diferencia de valores IZOD (ensayo al choque) entre probetas con entalladuras y sin entallar.

d). Resistencia a la abrasión.

El Polioximetileno ó Paraformaldehído, posee muy buena resistencia a la abrasión, principalmente debido a su dureza y sus excelentes propiedades de fricción. Una prueba del comportamiento del POM respecto a la abrasión y erosión se tiene en su sobresaliente rendimiento sin lubricar tales como cojinetes y engranajes.

En aquellos casos en que se utilice POM contra piezas metálicas, es necesario cuidar que la superficie metálica en contacto con Delrin, sea lo más pulida posible. Se recomienda una superficie de 32 millonésimas de in.

TABLA I

COEFICIENTE DE FROTAMIENTO DE LAIN SOBRE ACERO, MÉTODO DEL PLANO INCLINADO.	
CONDICIONES	COEFICIENTE DE FRICCIÓN ESTÁTICO O DINÁMICO.
LUBRICADO CON ACEITE	
MÁXIMO	0.3
MÍNIMO	0.05
LUBRICADO CON AGUA	
MÁXIMO	0.2
MÍNIMO	0.1
Sin Lubricar	
MÁXIMO	0.3
MÍNIMO	0.1

Tabla II
COMPARACIÓN DE PÉRDIDAS EN PESO DE DIVERSOS
MATERIALES SOMETIDOS A DIFERENTES ENSAYOS
DE ABRASIÓN.

	Tablar	APARATO DE BOLAS	WIRE DRUM	SANDER
RESINA NOLA ZITEL	1	1	1	1
JELRIN	2-5	4-6	5-6	2-4
POLIESTIRENO (Varios tipos)	4-26	15-20	35	-
ESTIRENO - ACRILO NITRIL - BUTADIENO	9	10-20	-	-
ACETATO DE CELULOSA	9-10	-	-	-
ACETATO BUTIRATO DE CELULOSA	9-15	10-20	15	-
METACRILATO d' METILO	2-5	10-20	20	-
Policloruro de Vinilideno	9-12	-	-	-
MELAMINA	-	15-20	-	-
FENOL - FORMAL	4-12	-	-	-
CAUCHO DURO	-	10	-	-
ALUMINIO COLADO	-	11	-	-
ACERO DULCE	-	15-20	-	-

e). Propiedades eléctricas.

El Polioximetileno es en excelente dieléctrico. Su factor de disipación, así como su constante dieléctrica, son bastante bajos, en un amplio campo de frecuencias y temperaturas. El Volumen de resistividad es alto y no cambia apreciablemente debido a la absorción de humedad y como consecuencia el POM tiene buenas propiedades dieléctricas, bajo condiciones tales como humedad o bajo inmersión completa en agua. Esto junto con sus propiedades mecánicas, hacen que este material sea apropiado para aplicaciones eléctricas tales como terminales para sistemas de telecomunicación donde se requiere, solidez, resistencia a la abrasión, estabilidad dimensional y buen rendimiento a temperaturas altas.

f). Resistencia a los productos químicos.

La resina Polioximetilénica se caracteriza por una resistencia excepcional a los disolventes orgánicos. De hecho a temperaturas inferiores a 70° C ningún disolvente corriente lo ataca, aunado esto a su baja absorción de humedad a la temperatura ambiente, confiere una gran resistencia a los ataques producidos por sustancias alimenticias (tales como té, vinagre, jugo de tomate, limón), así como los aceites industriales y tintas de máquinas de escribir. A temperaturas más elevadas puede sufrir una ligera decoloración, por lo que se recomienda hacer ensayos preliminares para ver las condiciones de trabajo.

En general se puede decir que la utilidad del POM, en presencia de ácidos fuertes, bases o agentes oxidantes, es limitada. Para aplicaciones en que se utilicen ácidos débiles, bases u otros líquidos dudosos, se puede ensayar de antemano su comportamiento. Esta resina, tampoco es atacada por roedores o insectos.

g). Resistencia al calor.-

El Poliformaldehído ha sido utilizado durante muchos años en una variedad de artículos expuestos al aire o líquidos a temperaturas elevadas. Se ha comprobado, mediante pruebas de laboratorio, que se pueden usar temperaturas de servicio de 80° C para uso continuo en el aire durante 2800 horas y a 65° C para el mismo período de tiempo sumergido en agua

Tabla III
 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS.

	ENSAÑO ASTM	VALOR
CONSTANTE Dieléctrica (23°C y H.R. de 50%)	D 150	10^2 cps = 3.74 10^4 cps = 3.71 10^6 cps = 3.69
(23°C Saturación)	D 150	10^4 cps = 3.97
FACTOR de DISIPACIÓN (23°C y H.R. de 50%)	D 150	10^2 cps = 0.0024 10^4 cps = 0.0023 10^6 cps = 0.0046
(23°C Saturación)	D 150	10^4 cps = 0.006
Rigidez Dieléctrica CORTO TIEMPO	D 149	230 Kw/mm (ESP. 0.03 mm) 47.5 Kw/mm (ESP. 0.05 mm). 23 Kw/mm (ESP. 1.8 mm).
RESISTIVIDAD TRANSVERSAL	D 257	6×10^{14} ohm-cm a 23°C y 0.2% HUM. 2×10^{13} ohm-cm a 23°C y SATURACIÓN
RESISTENCIA ELÉCTRICA SUPERFICIAL	D 150	$> 10^{16}$ ohms
RESISTENCIA al ARCO	D 495	125 Seg PARA PERFORAR PROBETA de 10 MIL.

dulce. Durante servicios intermitentes en el aire (por ejemplo bajo el capote de un motor de automóvil), este polímero puede resistir temperaturas máximas de 121 °C. Incluso la temperatura de 150 °C la puede resistir durante períodos breves, sólo para los casos en que ésto sea una posibilidad pero no cuando ocurre regularmente (por ejemplo: horno de curado de pinturas). Similarmente, este plástico puede tolerar una exposición intermitente en agua caliente bajo temperaturas excediendo 65 °C.

h). Permeabilidad.-

La permeabilidad del Polioximetileno es muy baja, especialmente con respecto a los hidrocarburos aromáticos y halogenados, alcoholes y ésteres. La permeabilidad a moléculas polares, como agua, alcohol metílico y acetona es relativamente alta. Sus características de permeabilidad singulares, hacen que este material sea adecuado para la fabricación de frascos y recipientes para líquidos.

i): Resistencia a los agentes atmosféricos.-

Al igual que la mayoría de los polímeros, el POM es afectado por la luz ultravioleta, su resistencia a la tracción y al impacto bajan considerablemente. La exposición menos severa e intermitente da lugar a un blanqueamiento de la superficie, y si acaso una pequeña reducción de sus propiedades mecánicas. Ciertas composiciones (Delrin 507^{*}), contienen carbón y estabilizadores ultravioletas y han aumentado su resistencia a los agentes atmosféricos.

La resistencia al blanqueamiento del tipo 507 se ha mejorado pero todavía puede considerarse sólo como pasable. Basados sobre ensayos, bajo condiciones atmosféricas, puede estimarse que las composiciones Polioximetileno normal todavía pueden rendir servicio después de 2 años de exposición a la intemperie de Florida y el Delrin * 507 después de 7 años.

Tabla V
Sustancias que atacan al Delzín*

CLASE	PRODUCTO	CONDICIÓN DEL ENSAJO.
ACIDOS MINERALES FUERTES	Nitríco 10%	9 Meses 23°C
	Clorhídrico 10%	8 Meses 23°C
	Fosfórica 10%	3 Meses 23°C
	Sulfúrico 10%	12 Meses 35°C
	Sulfúrico 30%	6 Meses 23°C
ACIDOS ORGANICOS FUERTES	Acético 20%	3 Meses 60°C
	NH ₄ OH 10%	3 Meses 23°C
BASES AZOICAS FUERTES	BUTILAMINA	3 Meses 60°C
	TENOL	3 Meses 60°C
TENOLAS	TENOL	3 Meses 60°C
INTERGENTES FUERTES	ILBEPAL N 50%	6 Meses 70°C
AGENTES DE BLANQUEO	Hipoclorito Sódico al 5.25%	48 hrs. 23°C

Tabla VI
FACTORES DE PERMEABILIDAD.*

CLASE	VALOR	
	23°C, 50% H.R. :	35°C **
ACEITE (Motor Minerales)	0	0
AGUA REAS	0.008	-
DICLOVOETILENO	0.08	-
DISOLVENTES DE ACEITE y ALQUITRAN	0.012	0.08
NITROGENO a (90 PSI) $\frac{g}{cm^2}$	0.02	-
"FREON" 12/114	0.08	0.17
SALICILATO DE METILO	0.12	-
TOLUENO	0.24	-
ALCOHOL ETILICO / AGUA (90%/10% WT)	0.10	-
ALCOHOL ETILICO / AGUA (70%/30% WT)	0.60	3.1
AGUA y PRODUCTOS ALCOHOLICOS	0.8-1.6	3-6
TRICLOVOETILENO	10	22
Oxígeno $\frac{cm^3 \times mm}{m^2 \times 24hr \times ATM}$	5-7	-
Dióxido Carbónico	15-20	-

* $\frac{gr \times mm}{m^2 \times 24hr}$

** Valores interpolados entre 23°C y 54°C a 50% de H.R.

j). Toxicidad.-

Se han realizado pruebas con ratas a las que se sometieron a una dieta de 25% de POM durante tres meses, después de los cuales su análisis demostró que no hubo diferencia significativa entre estas ratas y otras que no sufrieron este tratamiento.

Sin embargo, debido a que este compuesto es un polímero de formaldehído, no sería extraño que bajo condiciones específicas, se pudieran extraer cantidades pequeñas del monómero. Cuando el POM haya de ser aplicado en productos alimenticios o bebidas, se aconseja que se debe consultar con el representante más cercano de Dupont y con el objeto de tener una completa garantía de utilización. Se ha comprobado que este plástico no ha presentado casos de dermatitis.

k). Resistencia a la Deformación.-

Generalmente todos los materiales plásticos que se someten a una carga continua, sufren con el tiempo una deformación. El POM sin embargo, tiene una resistencia extraordinaria si se le compara con otros plásticos, especialmente a temperaturas de 65 °C y superiores (fig. 9 y 10). Podemos añadir que los cambios en el contenido de su humedad así como los lubricantes y disolventes, virtualmente no afectan su resistencia a la deformación con su resistencia mecánica, lo cual hace que este material sea el más apropiado para aquellas aplicaciones en que sea necesaria una resistencia constante, como tornillos de fijación autorroscantes o en montajes.

l). Influencia del calor y la humedad.-

El coeficiente de dilatación térmica para el POM es de $8.1 \times 10^{-5} \text{ cm-cm/}^{\circ}\text{C}$, valor aproximadamente igual al de otros termoplásticos y cerca de seis veces superior al del acero.

Entre su estado seco a la salida del molde y su estado de equilibrio en agua (es decir, 0.22% de agua a 23 °C y --

Fig 9

RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN.
[90 HR 66°C.]

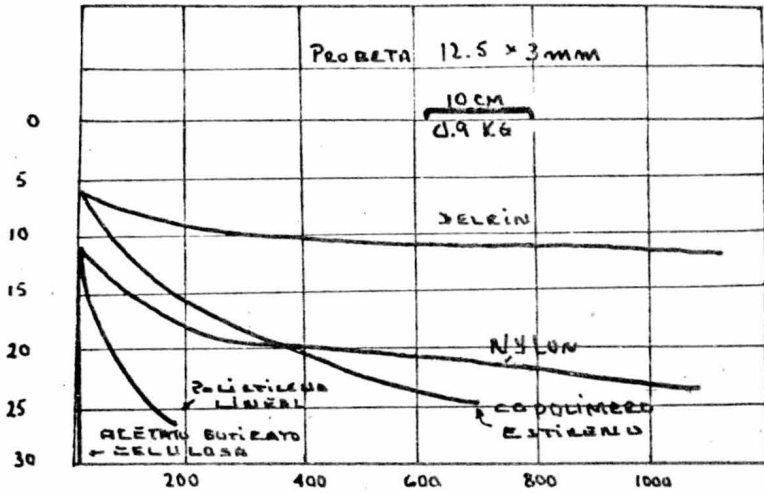
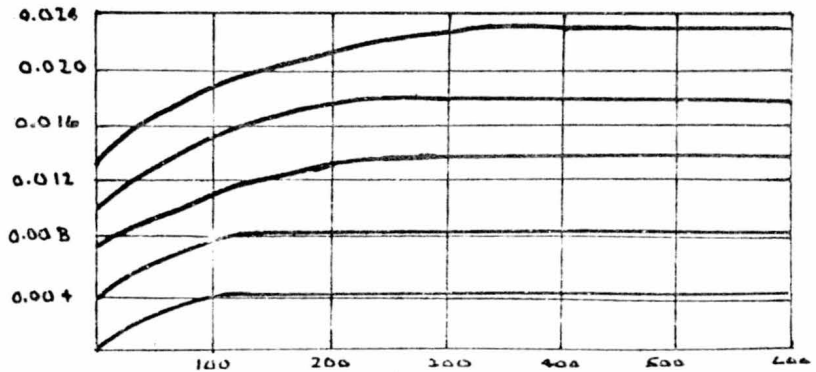


Fig 10

DEFORMACIÓN TOTAL BAJO UNA FUERZA
EN FUNCIÓN DEL TIEMPO
71°C y 80% H.R.



una humedad relativa de 50%), las dimensiones lineales de una pieza en poliforldehíde aumentan solamente en un 0.1 %. En estado saturado de agua a 23 °C (absorción de 0.9 %), estas piezas aumentan en sus dimensiones sin exceder un 0.4%. El coeficiente de absorción no depende solamente de la temperatura y humedad ambientes, sino también del espesor de las paredes de las piezas.

RESUMEN DE Propiedades.

VALORES Medios

	T ^o C	N ^o ASTM	3100 3500 UNIDADES.		
ALARGAMIENTO	-55	D638	26	13	%
	23	D638	26	26	%
	71	D638	>260	>260	%
RESISTENCIA AL CHOQUE (ENSAYO 1300)	-40	D256	9.8	6.4	cm kg / cm
	23	D256	12.8	7.6	cm kg / cm
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	-55	D638	1030		Kg / cm ²
	23	D638	705		Kg / cm ²
	71	D638	630		Kg / cm ²
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	23	D790	490		Kg / cm ²
RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO	23	D732	570		Kg / cm ²
MODULO DE FLEXIÓN	23	D790	28.80		Kg / cm ²
	71	D790	18.30		Kg / cm ²
	100	D790	18.60		Kg / cm ²
LÍMITE DE FATIGA DE 50 a 100% M.R 100% M.R	23		350		Kg / cm ²
	65		210		Kg / cm ²
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEFORMACIÓN 1% DEFORMACIÓN 10%	23	D695	370		Kg / cm ²
	23	D695	1220		Kg / cm ²
DEFORMACIÓN BAJO CARGA 1.40 Kg/cm ² a 50°C	50	D621	0.5		%
TEMPERATURA DE DEFORMACIÓN M Kg/cm ² 4.6 Kg/cm ²		D648	124		°C
		D648	130		°C
PUNTO FUSIÓN (CRISTALINO)			175		°C
T ^o de Fluides		D567	184		°C
Calor Específico			0.35		Kcal / Kg / °C
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA			0.2		Kcal / cm / hr / °C / m
COEFICIENTE DILATACIÓN LINEAL		D696	8 x 10 ⁻⁵		°C
INFLAMABILIDAD		D635	2.8		cal / min
Absorción Agua 24h inmersión 24 50% H.R. 48h inmersión	25	D570	0.25		%
	25	D570	0.22		%
	25	D570	0.50		%
Dureza de Rockwell		D785	M94	R120	
Peso Específico		D792	1.42		g / cm ³
Coeficiente de Poisson			0.35		

Propiedades típicas del Delrin*

VALORES
PROMEDIO

Propiedad	ASTM No	Series 100	500	900	Unidades
Enlongación	-68°F D638	38	17	11	%
	73°F D638	75	2	15	%
	158°F D638	>260	>260	>260	%
Impacto	-40°F D256	1.8	1.2	1.0	lbf/in
	73°F D256	2.3	1.4	1.3	lbf/in
Tensión	-68°F D638		14,700		Psi
	73°F D638		10,000		Psi
	158°F D638		7,500		Psi
Compresión a 1% Deformación	D621		5,200		Psi
	10% Deformación		18,000		Psi
Deformación bajo carga (2000 psi a 123°F)	D621		0.5		%
	Modulo Flexión 73°F D490		410,000		Psi
100% RH	158°F D390		260,000		Psi
	250°F D390		40,000		Psi
	73°F D390		350,000		Psi
Flexión	D390		14,100		Psi
	T. Deflección 264 psi D648		255		°F
	66 psi D648		238		°F
	Fatiga 73°F, 50-100% RH 10 ⁶ ciclos			5000	
150°F 100% RH 10 ⁶ ciclos				3000	Psi
Absorción de Agua 24hr.	D570		0.25		%
Equilibrio inmersión 73°F			0.9		%
Gravedad específica	D392		1.42		
Punto de Fusión			347		°F
Constante Dieléctrica 73°C			3.7		
Flamabilidad	D685		1.1		in/min

Propiedad	Condiciones	Unidades	Método	Valores promedio Delrin (1)	
				DELRIN AF	DELRIN 500
Resistencia a la tensión límite elástico aparente o punto de deformación (2).	-68°F	psi	D-638	9,000	14,700
	73°F			6,900	10,000
	158°F			4,700	7,500
Alargamiento a la rotura.	-68°F	%	D-638	6	13
	73°F			12	25
	158°F			38	+ de 260
Módulo de flexión.	73°F	psi	D-790	400,000	410,000
	170°F			180,000	190,000
	250°F			85,000	90,000
Resistencia a la compresión.	1% deformación	psi	D-695	4,500	5,200
	10% "			13,000	18,000
Resistencia al impacto, Ensayo Izod.	-40°F	ft.lb./in	D-256	0.6	1.2
	73°F			0.7	1.4
Resistencia al esfuerzo cortante (cizallamiento).	73°F	psi	D-732	8,000	9,500
Absorción de agua en 24 horas de inmersión.		%	D-570	0.20	0.25
Dureza Rockwell.			D-785	M78, R118	M94, R120
Gravedad específica.			D-792	1.54	1.42
Prueba Taber de desgaste o abrasión (1000 cm de carga CS en la 17) mg/1000 ciclos.				9	30
Coefficiente de fricción, sin lubricante.				0.05-0.15(3)	0.1-0.3(3)

- (1) Estos valores son representativos de aquellos obtenidos bajo condiciones estándar ASTM, y no podrán ser usados para diseñar piezas las cuales funcionen bajo condiciones diferentes.
- (2) Determinado a 0.2 in/min.
- (3) Medida en acero, método del plano inclinado.

Propiedad	Unidades	Método	DELRIN AF	DELRIN 500
Resistencia dieléctrica o de aislación.	---	---	excelente.	excelente
Resistividad de volumen.	ohm-cm	D-257	2.66×10^{15}	1×10^{15}
Resistencia al arco eléctrico.	Seg	D-495	---	129 ⁽²⁾
Constante dieléctrica (73°F, 50% RH)				
a 60 ₃ ciclos		D-150	3.3 ⁽¹⁾	3.7
a 10 ₂ ciclos		D-150	3.3	3.7
a 10 ₆ ciclos		D-150	3.1	3.7
Factor de potencia (73°F, 50% RH)				
a 60 ₃ ciclos		D-150	.010 ⁽¹⁾	.003
a 10 ₂ ciclos		D-150	.007	.003
a 10 ₆ ciclos		D-150	.009	.005

(1) a 100 ciclos.

(2) Quemado sin arrastre. La flama se extingue por sí misma cuando se para el arco.

TABLA III PROPIEDADES TERMICAS.

Propiedad	Unidades	Método	Valores promedio para Delrin ⁽¹⁾	
			DELIRIN AF	DELIRIN 500
Coeficiente de expansión lineal térmica. -40 a +80 °F +80 a 140 °F	por °F	D-695	4.2 x 10 ⁻⁵	4.2 x 10 ⁻⁵
			5.0 x 10 ⁻⁵	5.0 x 10 ⁻⁵
Temperatura de deforma- ción. 264 psi 66 psi	°F	D-648	212	255
			329	338
Punto de fusión (cristalino)	°F		347	347
Inflamabilidad	In/min	D-635	0.8	1.1

(1) Estos valores son representativos de aquellos obtenidos bajo condiciones estándar ASTM, y no podrán ser usados para diseñar piezas las cuales funcionen bajo condiciones dife-
rentes. Por ejemplo, el Delrin AF no será usado en un medio ambiente de ácidos o bases
fuertes. Como los valores son promedio, ellos no serán usados como mínimos para especi-
ficaciones de material.

E. Propiedades del Polioximetileno Fluorocarbonado (POM AF).

a) Mecánicas.

Esta resina muestra bastante resistencia y rigidez, excelente estabilidad dimensional y resiliencia (recuperación elástica), que son características de la resina polioximetilénica 500. Para propósitos comparativos, los valores de las propiedades de POM 500 y AF se encuentran enlistados en la tabla I.

Las propiedades mecánicas importantes en un material para chumaceras son su dureza y su resistencia al escurrimiento plástico.

El POM AF además de poseer resistencia al escurrimiento plástico equivalente al más rígido de los termoplásticos a temperaturas y humedades normales, también la exhibe a temperaturas y humedades elevadas. El POM 500 posee el más alto grado de consistencia de entre los termoplásticos sin reforzar y el POM AF mantiene esta propiedad a toda prueba.

La mezcla tiene un efecto pequeño sobre las propiedades de tensión de POM AF, acusando una máxima pérdida de menos del 10%. La resiliencia y la resistencia al escurrimiento plástico del POM AF lo hace excelente para anillos de retención y ajustadores de interferencia.

En el funcionamiento de las chumaceras, pueden ocurrir sobrecargas momentáneas. El POM AF tiene la capacidad de aguantar esas condiciones, así como también mantiene sus propiedades sobre un amplio rango de temperaturas. Este polímero el mismo alto punto de fusión cristalino que el POM 500 (347°F), deseable en el material de las chumaceras para resistir aceptablemente esas condiciones de operación extremas. Las chumaceras con POM AF sostienen grandes cargas a altas velocidades de operación con un mínimo de desgaste. Un factor importante a considerar en las chumaceras o componentes sometidos a movimiento intermitente es el de las características de pérdidas por rozamiento del material. Este plástico debido a sus semejantes coeficientes estático y dinámico de fricción, permanece esencialmente libre de pérdidas.

por rozamiento.

b) Eléctricas.-

El POM AF es un excelente dieléctrico. Su factor de disipación y constante dieléctrica permanecen bajos dentro de un amplio rango de frecuencias y temperaturas (Tabla II). Posee una alta resistividad de volumen, como se muestra en dicha tabla, y no tiene un cambio apreciable debido a la absorción de mezclado; como resultado, el POM retiene estas buenas propiedades eléctricas después de la inmersión completa en agua.

Estas propiedades eléctricas deseables permiten el uso de este compuesto en una variedad de aplicaciones que incluyen aparatos o circuitos eléctricos.

c) Térmicas.-

El POM AF tiene un punto de fusión alto, combinado con buena dureza y rigidez, para piezas moldeadas que pueden sostener temperaturas de operación momentáneas de más de 300°F. El coeficiente de expansión lineal térmico (Tabla III) de Delrin 500 no cambia con la adición de fibras de PTFE. El valor es aproximadamente igual al de muchos otros termoplásticos y varias veces mayor que el de los metales ferrosos. Las propiedades del POM vacío, sin fibras de PTFE gobiernan con respecto a las temperaturas y agentes químicos.

Combinaciones o mezclas de Delrin AF.-

La tabla IV muestra los datos de propiedades para dos combinaciones con características de Delrin 500 NC-10 y Delrin AF sin mezclar.

La combinación No. 1 es de 2:1 mezcla que comprende dos partes de Delrin AF y una parte de Delrin 500. La combinación No. 2 es una mezcla 1:1. Cuando se incrementan cantidades de Delrin 500 a Delrin AF, la resistencia a la tensión se incrementa, la densidad decrece y en general las propiedades se convierten en más parecidas a las del Delrin 500. Es importante notar que cuando la mezcla contiene sólo el 50% de Delrin AF, los límites PV y el coeficiente de fricción permanecen esencialmente iguales como en el Delrin AF puro.

La propiedad principal de Delrin AF que es afectada adversamente por la combinación, es el factor desgaste, el cual se reduce a niveles intermedios entre Delrin AF y Delrin 500 en brusca proporción a la cantidad de Delrin 500 adicionada.

TABLA IV COMBINACIONES DE DELRIN AF Y DELRIN 500 NC-10

Resina	Resistencia a la tensión (psi).	Densidad	Límite PV (1)	Coefficiente de fric.(2)
Delrin AF	6,900	1.54	7,500	0.14
Mezcla No. 1	8,000	1.50	7,500	0.14
Mezcla No. 2	8,600	1.47	7,500	0.17
Delrin 500	10,000	1.42	4,800	0.30

(1) A 10 f.p.m. velocidad de fricción (P libras de carga por pulgada cuadrada de área soporte proyectada, V, velocidad superficial de soporte en pies por minuto).

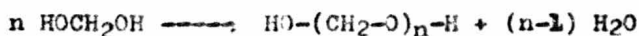
(2) De acuerdo con el método de Lewis (1964) el coeficiente de fricción se calculó a 10 f.p.m. y 300 psi fricción contra acero al carbón AISI 1080, Rc 20, acabado de 16 micropulgadas (AA). Lewis, R.B. 1964 "Predicción de desgaste de superficies plásticas móviles". Ingeniería Mecánica, Vol. 36, p. 32, octubre de 1964.

F.- Métodos de obtención de los polioximetilenos.

a). Métodos Tradicionales.

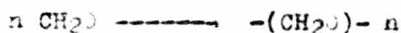
Los polioximetilenos pueden ser obtenidos a partir de dos tipos principales de polimerización; condensación y adición.

El primer tipo de polimerización se puede ejemplificar con la reacción del hidrato de formaldehído (metilenglicol) la cual se lleva a cabo en una solución acuosa del monómero.



Los polímeros obtenidos a partir de este tipo de polimerización, son de bajo peso molecular y algunos de ellos son llamados polioximetilenglicoles, debido a la presencia de dos grupos hidroxilo en los extremos de la cadena. El p-formaldehído, ALFA-polioximetileno, BETA-polioximetileno y GAMMA-polioximetileno, son polímeros del formaldehído obtenidos por condensación (13). Para conocer las principales características de estos polímeros, ver ref. 14.

El método de polimerización por adición requiere de condiciones anhidras, se puede llevar a cabo en fase gaseosa, en masa y en solución. Este método asemeja a la polimerización de los compuestos olefinicos en que procede por medio de las dobles ligaduras;



Los compuestos obtenidos a partir de este tipo de polimerización presentan las formas de película y fibras, características de polímeros con elevado peso molecular.

El EO-polioximetileno es el representante principal de la polimerización por adición.

Aunque el grado de polimerización de este compuesto es mayor de 5000, su baja estabilidad térmica no ha permitido su uso práctico dentro de los plásticos de Ingeniería. La reacción de adición puede ser inducida por catalizadores ácidos y básicos, como el cloruro estánico, trifluoruro de boro, trimetilamina, etc. (13)

b). Descubrimientos Recientes.

1). Métodos químico-catalíticos.

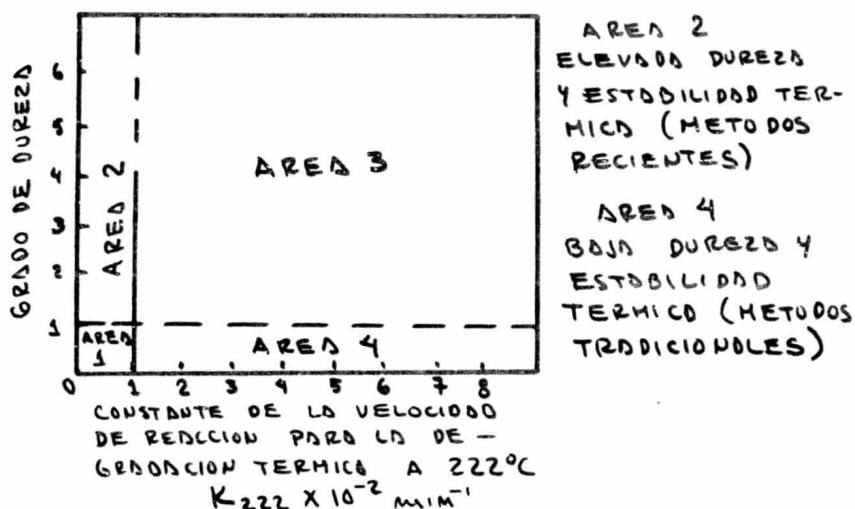
Los polioximetilenos obtenidos a partir de los métodos tradicionales, se caracterizan por tener una estabilidad térmica deficiente, por lo que no tienen gran aplicación comercial.

La investigación científica para obtener un polioximetileno estable térmicamente, fué canalizada en 1947 por Barkdall de Dupont, quien al tratar de preparar formaldehído líquido, haciendo pasar formaldehído gaseoso a través de trampas de enfriamiento, descubrió la manera de polimerizar el formaldehído a un polímero de elevado peso molecular. El formaldehído líquido repentinamente se convirtió en un compuesto de elevada dureza, el cual mostró ser muy estable. Posteriormente se encontró que este polímero poseía una excelente estabilidad térmica, y exhibía magníficas propiedades en las formas de barras, películas, fibras, etc. Este polímero poseía una elevada temperatura de calor de distorsión, excelente dureza, elevada resistencia a los solventes, buena retención de rigidez al humedecerse, etc. En una patente de Mc Donald (15), los polioximetilenos que por sus propiedades son de aplicación práctica, se definen en términos de descomposición térmica y grado de dureza. Se ha encontrado que la degradación térmica de la mayoría de los polioximetilenos obedece la ecuación (1) para una reacción de primer orden, en la cual w es el peso del polímero que permanezca sin descomponerse

en un tiempo t y la k es una constante de velocidad de reacción de primer orden. Mc Donald utiliza el valor de k a 222°C para expresar la estabilidad térmica.

$$-dw/dt = kw \quad (1)$$

El grado de dureza de los polioximetilenos es determinado por Mc Donald sometiendo una película de 3 a 7 mm de espesor, a una serie de plegamientos manuales, después de que la película ha sido sometida a un envejecimiento a 105°C durante 7 días, en un horno con circulación de aire (13). En la fig. F.1 se puede observar la definición de Mc Donald de los polioximetilenos con propiedades que permiten su aplicación práctica, en términos de estabilidad térmica y grado de dureza.



En la fig. F.1, los polímeros que tienen una k_{222} de 1×10^{-2} (minutos) $^{-1}$ o mayor, y un grado de dureza menor que 1, no son de utilidad para la preparación de películas, fibras o polvos de moldeo y quedarían comprendidos dentro del área 4. El

polímero descubierto por Barkdall de Dupont tiene un grado de dureza de 1 y la k_{22} es menor de $1 \times 10^{-2} \text{ (min)}^{-1}$, propiedades que indican una buena retención de dureza y una estabilidad térmica aceptable para fines prácticos; este polioximetileno de elevado peso molecular queda comprendido dentro del área 2.

La obtención de este polioximetileno se puede dividir en tres etapas principales:

(1a). Preparación y purificación del monómero.

(2a). Polimerización.

(3a). Estabilización del polímero.

Para la preparación del monómero existen varias patentes utilizando paraformaldehído (16,17), alfa polioximetileno (18) y el hemiformal de un alcohol superior como el ciclohexanol (19). El monómero se obtiene de estas sustancias, mediante su descomposición térmica a $130-150^{\circ}\text{C}$, bajo una corriente de nitrógeno seco y presión atmosférica o reducida. Antes de ser sometidas a la descomposición térmica, estas materias primas deben ser perfectamente deshidratadas, pues cualquier traza de humedad polimerizaría el formaldehído gaseoso.

Para la purificación del monómero también existen varias patentes, algunas de ellas utilizan el dialquilter del polietilenglicol (20) para lavar el formaldehído gaseoso, o enfriamiento de este compuesto hasta temperaturas inferiores cercanas a su punto de ebullición. Uno de los principales métodos para la polimerización del formaldehído gaseoso, consiste en condensarlo en un medio inerte enfriado con un "baño" de hielo seco. Antes de la polimerización total, esta solución se mantiene a baja temperatura durante un cierto tiempo, a fin de polimerizar la menor cantidad posible del monómero; mediante esta polimerización las impurezas son eliminadas por filtración del medio reaccionante, en forma de polímero. Para iniciar la polimerización del monómero restante, se agrega un catalizador manteniendo la

temperatura dentro de un cierto rango (13). Debido a la gran facilidad con la que el formaldehído puede ser atacado ya sea por agentes electrofílicos o nucleofílicos, existe una gran cantidad de iniciadores activos. A continuación se dan algunos ejemplos de estos catalizadores.

CATALIZADORES PARA LA OBTENCIÓN DE POLIOXIMETILENOS DE ELEVADO PESO MOLECULAR Y FIRMEMENTE ESTABLES A PARTIR DEL FORMALDEHIDO PURO (13).

TIPO DE CATALIZADOR	Ejemplos	Referencias
Sistema Redox	Amina-peróxido orgánico	(24)
Compuesto amonio cuaternario	Laurato de trietilacetilamonio	(25)
Compuestos orgánicos de P, As y Sb	Trifenilfosfina. Trifenilstibina. Trifenilarsina.	(16)
Oxido e hidróxido de aluminio	Aluminio amalgamado Alumina Hidróxido de aluminio	(26)

Una vez que la polimerización se ha completado, la mezcla reaccionante es secada y filtrada y el polímero es secado.

ii). Métodos a presión elevada.

Ozugi, Jiro y Hamanoue Kazuo de la Universidad de Kyoto en Japón (21), reportan la obtención de un polioximetileno con características muy similares al homopolímero comercial del formaldehído (Delrin⁺), del trioxano en estado sólido. Según el estudio, el trioxano a una presión de 15,000 Kg/cm² y temperaturas de 120°C a 80°C, se transforma en un producto incoloro en forma fibrilar, que es soluble en p-clorofenol a 120°C con descomposición parcial. El estudio del espectro de absorción infrarroja de este compuesto, es muy similar al del polioximetileno comercial. Estudios de difracción de rayos X, muestran

un grado de cristalinidad elevado.

iii). Métodos catalizados con energía ionizante.

En 1958 se inició el uso de la energía ionizante en la obtención del polioximetileno, y ha tenido gran aplicación, principalmente en países como Bélgica, Rusia, Alemania y muy especialmente en Japón. En este último país, en donde se han obtenido los mejores resultados, se encuentra la técnica de obtención más desarrollada.

Son dos las sustancias reportadas a partir de las cuales se ha obtenido el polioximetileno haciendo uso de energía ionizante el formaldehído y el trioxano. Okamura y colaboradores (22) encontraron que la polimerización del formaldehído líquido puede ser inducida muy fácilmente a bajas temperaturas mediante el uso de rayos Gamma. Estos investigadores hicieron una serie de experimentos en los cuales sometieron a la acción de los rayos Gamma al formaldehído líquido puro y a una solución de formaldehído en cloruro de metileno. Encontraron que la rapidez de polimerización y el peso molecular del polímero, son mayores en el formaldehído líquido que en su solución. Las características del compuesto obtenido fueron muy similares a las del polímero comercial Dextrin⁺.

Un grupo de investigadores del Japan Atomic Energy Research Institute (23), prepararon polioximetileno térmicamente estable, sometiendo al trioxano (CH_2O)₃ en presencia de un acetal ($\text{CH}_2(\text{OCH}_2)_2$) a la acción de los rayos gamma durante 4 hr. ($1 \times 10^6 \text{R}$) a -78°C . El compuesto obtenido reúne las características indispensables para usos comerciales.

Seisju Okamura y Yoichiro Hayashi (18) en el año de 1967, sometieron al trioxano a la acción de la energía ionizante proveniente de un acelerador Van der Graff. La irradiación se llevó a cabo a bajas temperaturas y después se elevó a 60°C (aprox), el polímero resultante mostró una elevada estabilidad térmica.

y cristalinidad.

En general los compuestos que se han obtenido mediante el uso de energía ionizante, se caracterizan por tener una estabilidad térmica y una pureza superior a la de los polioximetilenos obtenidos a partir de métodos quimocatalíticos, aunque el rendimiento de los últimos es sensiblemente mayor.

III.- TÉCNICAS DE MOLDEO .

A). Moldes.

Con una relativa historia comercial corta, muchos miles de moldes han sido usados con POM. Esto incluye, moldes, grandes, pequeños, simples y complejos, que son los que se usan básicamente para otros termoplásticos, con las usuales correderas, compuertas y mecanismos de salida. Hay varios aspectos que se deben considerar para el procesado del POM en los moldes. El diseño del molde afecta las dimensiones, apariencia y propiedades de las piezas. Un molde típico es presentado en la fig. 11.

Llenado del Molde.

Las propiedades de la resina, gobiernan el tamaño de las cavidades, las cuales van a ser llenadas. Como es el caso general, el espesor de las piezas, es el que limita la distancia del flujo. La fig. 12, nos da la distancia máxima de flujo, la cual puede ser esperada, para varios grados de moldeo de la resina.

Los datos de la fig. 12 se aplican a las siguientes condiciones de moldeo: presión de llenado por inyección, velocidad de llenado por inyección, a una temperatura de 400° F. y una temperatura de molde de 175° F, con una máquina de émbolo convencional. Además se asume una compuerta simple de tamaño adecuado. El aumento de la longitud del flujo, puede ser obtenido, con un preplastificador o una máquina de tornillo, donde el émbolo actúe directamente sobre el fundido.

Desde luego, otras condiciones causarían variaciones en el flujo, siendo la diferencia más grande en el caso de la distancia del flujo, que resultaría si el sendero del flujo va alrededor de las formas esquinadas, ya que las obstrucciones de este tipo, pueden reducir grandemente la distancia del flujo. La temperatura del molde es muy importante con respecto a la longitud del flujo. Con tolerancia en los moldes, se pueden esperar longitudes de flujo grandes.

FIGURA 11.

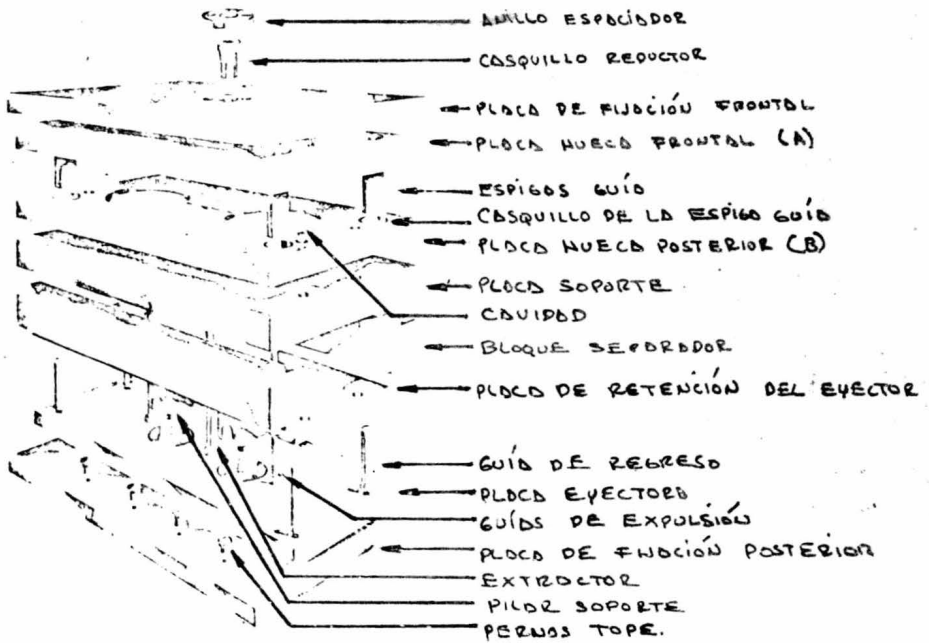
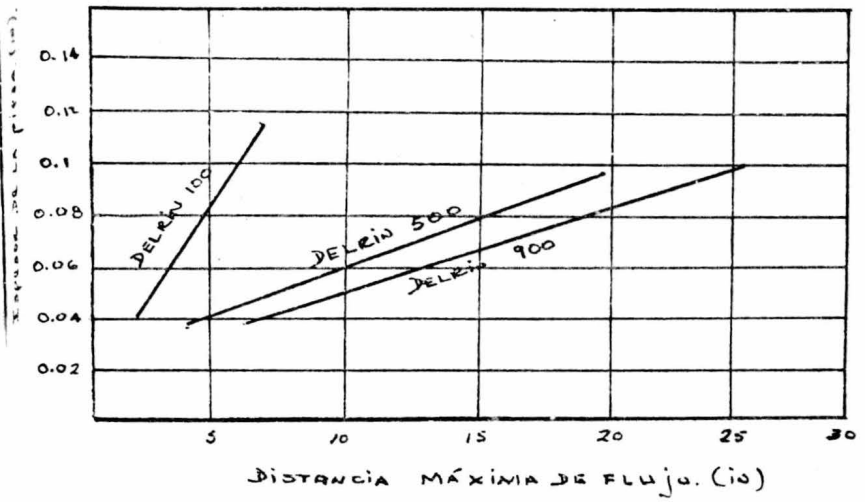


fig 12



A) Disposición de las cavidades en el molde.

Dada la utilización del Delrin en piezas de gran precisión, es sumamente importante que el moldeador pueda asegurar una producción uniforme. Ha sucedido muchas veces -- que debido a una posición incorrecta de las cavidades en -- el molde, las piezas moldeadas presenten diferencias en -- las tolerancias y propiedades mecánicas. Estas diferencias son fáciles de explicar. La disposición ideal de las cavidades de un molde, es aquella en la cual la distancia -- del flujo de la mazarota a las distintas cavidades es cons -- tante. Esto permite que la resina llene todas las cavidades al mismo tiempo. Ver fig.14 y15.

La figura14, muestra dos disposiciones diferentes -- para un molde de 8 cavidades. La primera de ellas, a la -- izquierda de la figura, no es la más indicada, ya que el -- llenado de las cavidades, no será simultáneo.

Mazarotas, Canales y puntos de Inyección.

a). Dimensionamiento de mazarotas, canales y puntos de -- inyección.

Una condición fundamental en el diseño de los moldes -- para el moldeo por inyección, es que mazarotas, canales y -- puntos de inyección, presenten las dimensiones adecuadas. -- Si cualquiera de estas partes del molde ha sido mal calcula -- da, la pieza podrá presentar defectos tales como: Hendiduras huecos y tensiones internas. Para poder calcular exactamente las dimensiones de la mazarota, los canales y los puntos de inyección, deberá tenerse en cuenta el tiempo de enfriamien -- to del material.

La figura16 muestra la variación de tiempo de solidifi -- cación del punto de inyección, en función del espesor, a -- tres diferentes temperaturas de molde.

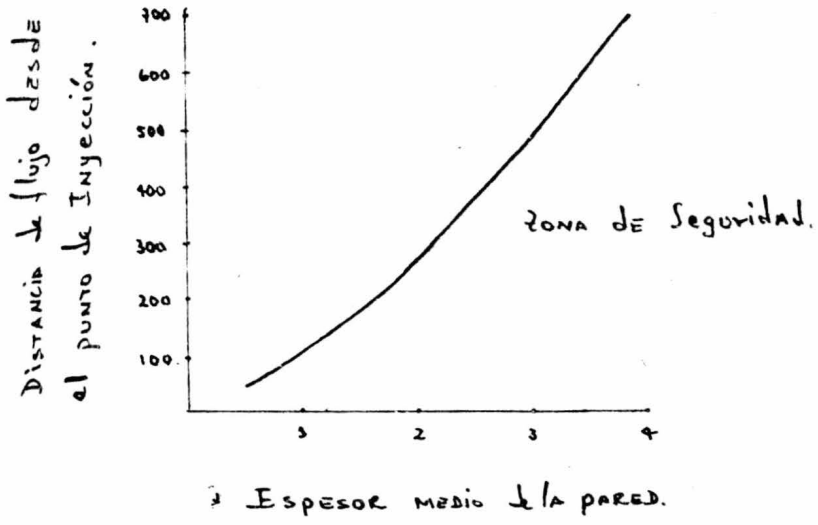
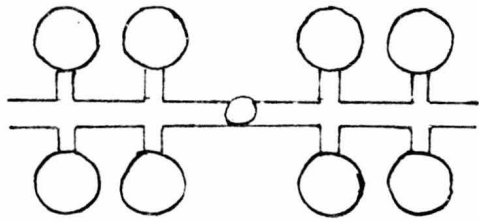
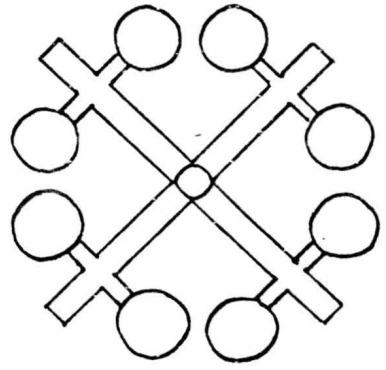


Fig. 13



INCORRECTA

Fig. 14



CORRECTA.

Fig. 15

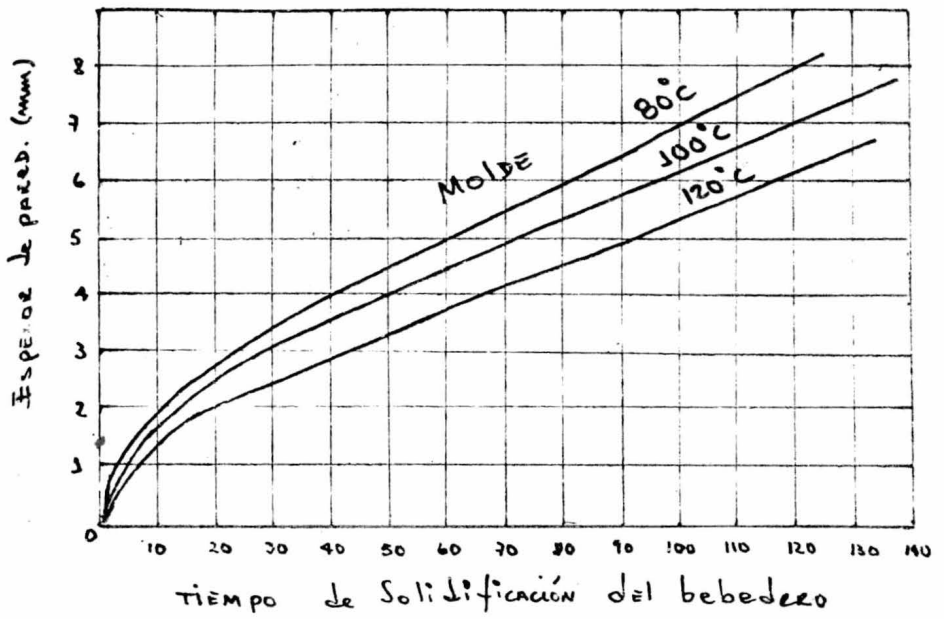


Fig. 16

Este tiempo de solidificación del punto de inyección, está en relación con uno de los parámetros fundamentales de la operación de moldes por inyección: el tiempo de mantenimiento de la presión (TMP).

En general el TMP deberá ser por lo menos igual al tiempo de solidificación del punto de inyección (si dicho punto ha sido bien calculado en relación con el espesor de la pieza.)

Es sumamente sencillo conociendo el espesor de una pieza, calcular las dimensiones de la mazarota, los canales y el punto de inyección. Para ello será necesario dar las siguientes reglas de base:

- 1). El punto de inyección no deberá estar solidificado antes de que la pieza esté bien llenada.
- 2). El canal deberá solidificarse después del punto de inyección.
- 3). La mazarota será la última parte de la inyectada, en solidificarse (después de los canales y del punto de inyección)

Como ya se ha visto anteriormente, el espesor de la pieza constituye el factor primordial para dimensionar correctamente los puntos de inyección.

Generalmente para piezas de Delrin[®], el espesor o diámetro del punto de inyección deberá estar comprendido entre $1/2$ y $2/3$ del espesor de pared de la pieza. Esto se explica por la existencia de un gradiente de temperaturas alrededor de los puntos de inyección debido a la fricción elevada que produce el material cuando pasa a través de dichos orificios.

Se ha podido observar experimentalmente, que cuando el espesor del punto de inyección está comprendido entre $1/2$ y $2/3$ del espesor de la pieza, el tiempo de solidificación de dicho punto es igual al tiempo de enfriamiento de dicha pieza. Esto se produce como consecuencia de la influencia de la temperatura del molde sobre el tiempo de enfriamiento de la resina en fusión.

La fig.17 es un ejemplo de como proceder para calcular las dimensiones de la mazarota, los canales y el punto de inyección para una pieza dada. La figura demuestra claramente la relación que hay entre cada uno de los espesores diferentes

b). Emplazamiento y tipos de puntos de inyección.

La sección III explica claramente porque se debe colocar el punto de inyección en la pared más espesa de la pieza, cuando las propiedades mecánicas de la pieza deben ser óptimas. Sin embargo si dichas propiedades mecánicas no son importantes, y si lo que interesa primordialmente es un buen aspecto exterior de la pieza puede ser conveniente el prever la inyección en una parte más delgada.

Es sumamente importante, que cuando se diseña una pieza a ser moldeada con Delrin, se preveen espesores uniformes de pared, de lo contrario podrá haber deformaciones, y será una causa de dificultades para controlar las tolerancias exigidas. Otro aspecto importante que deberá ser conocido por el proyectista y el fabricante de moldes, es que el emplazamiento del punto de inyección, debe ser elegido de tal manera, que el material en fusión, al penetrar en la cavidad choque contra una superficie o núcleo.

Esto evita la formación de una piel de material enfriado, que causa muchas veces defectos de superficie en las piezas moldeadas (fig.18).

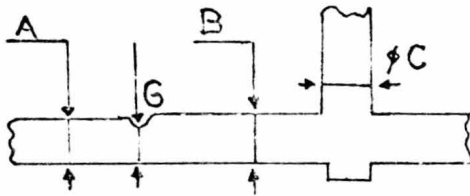
Una recomendación que merece especial atención es que se necesita redondear los ángulos de los puntos de inyección para evitar posibles rupturas de las piezas en dicha zona.

Como el punto de inyección constituye generalmente un lugar débil, comparado con el resto de las piezas, se aconseja no prever el emplazamiento de dichos puntos en partes de dichas piezas que estén sujetas a tensiones (carga, torsión flexión y roscas).

2). Tipos de punto de Inyección.

Existen dos tipos de puntos de inyección, de acuerdo a las formas de sus secciones: circulares o rectangulares.

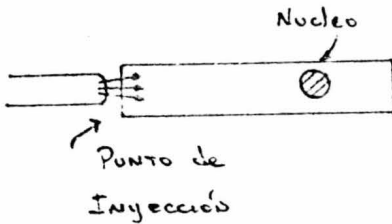
Fig 17.



$\frac{1}{2}A < G < \frac{2}{3}A$ PUNTO DE INYECCIÓN
 $B > A$ CANAL
 $C > B > A$ MAZAROTA

A = ESPESOR DE LA PIEZA
 B = ESPESOR DEL CANAL
 C = ESPESOR DE LA MAZAROTA.
 G = ESPESOR DEL PUNTO DE INYECCIÓN.

INCORRECTO



CORRECTO.

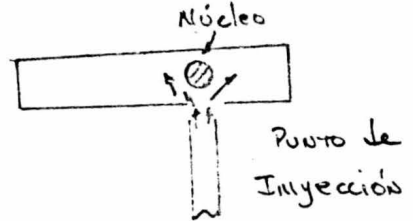


Fig. 18

El empleo de uno u otro depende de la geometría general de la pieza. Sin embargo es importante recordar que la sección del punto de inyección es de suma importancia en la velocidad de llenado de la cavidad. Otro detalle de interés es que se recomienda hacer los puntos de inyección lo más - corto posibles, para evitar las caídas de presión y un enfriamiento prematuro de la resina en dicho punto.

2.1). Puntos de Inyección Tipo tunel (o submarino).

Estos tipos de bebederos son empleados frecuentemente para piezas pequeñas, para las cuales una operación posterior del moldeo, sería sumamente cara de realizar, Sin embargo es de suma importancia que el proyectista respete la relación entre el espesor de la pieza y el del bebedero. ($1/2$ a $2/3$). Un punto de inyección corto, como el de la fig. 19 - permite el buen llenado de la cavidad y tiene la ventaja de romper en el mismo lugar.

2.2). Puntos de inyección en pin-point (o punta de alfiler).

Las consideraciones del párrafo precedente, podrán -- también ser aplicadas a este tipo de bebedero, en lo que -- respecta a la relación entre los espesores de pieza y punto de inyección. Fig. 20.

2.3). Puntos de inyección en abanico (Cola de pez).

Este tipo de bebedero podrá ser empleado para piezas - anchas y delgadas, para las cuales no es posible prever una inyección central.

Como para los demás tipos de bebedero ya estudiados, - su espesor deberá estar comprendido entre la mitad y los -- $2/3$ del espesor de la pieza. Fig. 21.

2.4). Puntos de inyección en diafragma.

Constituyen generalmente la mejor solución para inyectar piezas cilíndricas o redondas, como engranajes, ruedas etc.

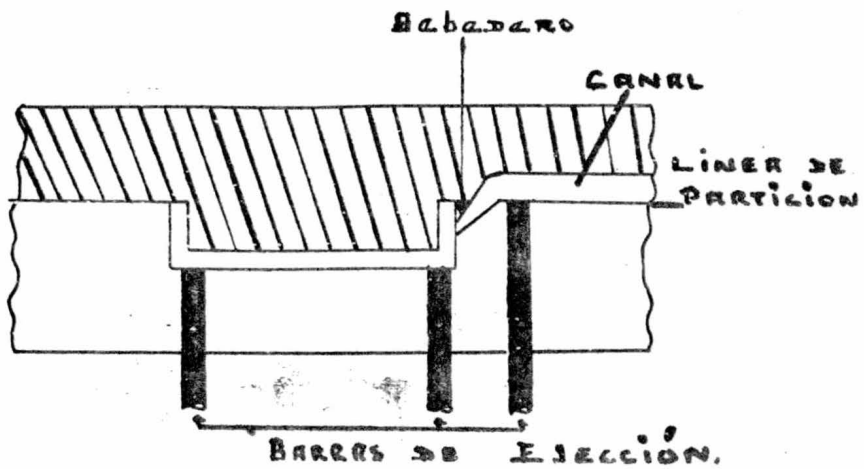


FIG. 19

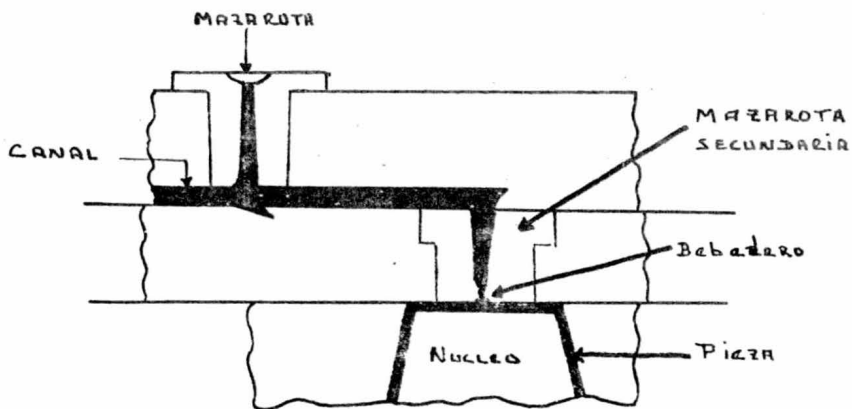


Fig. 20

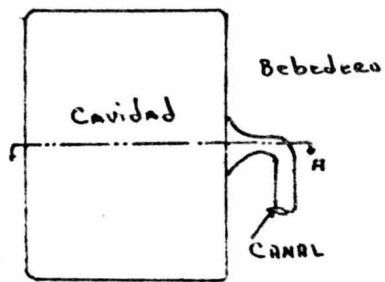
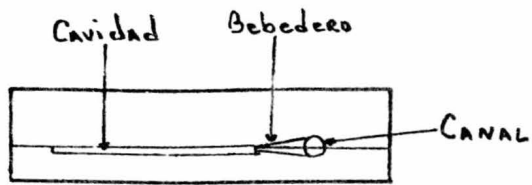


FIG. 21

Las piezas pueden ser inyectadas por un extremo o por el medio del eje. Fig. 22.

2.5). Puntos de Inyección Anulares.

Se emplean sobre todo para piezas cilíndricas -- y las relaciones entre espesores ya estudiadas, deberán también ser aplicadas. Fig. 23..

e). Canales.

Los canales tienen un papel muy importante en el moldeado de piezas de precisión. Para obtener buenos resultados se aconseja :

- a). Un dimensionamiento correcto (Párrafo IIIa).
- b). Evitar los canales demasiado largos (riesgos de caídas de presión y pérdidas térmicas) .
- c). Adoptar una disposición en el molde simétrica como se ha visto en el párrafo II.

La sección de canal circular es la que ofrece menos resistencia al flujo del material en fusión y deberá ser empleada siempre.

La sección trapezoidal tiene características de -- transmisión de la presión y del calor inferiores a la circular, pero puede ser utilizada también. Dado que la resina se solidifica a menudo en dichos ángulos, estos canales se comportan como cilíndricos, de menor sección (fig. 24)

d). Mazarotas.

Son muy importantes en el llenado de las cavidades del molde. Es por ello , que deben respetarse las dimensiones. La mazarota debe ser tan corta, para reducir al mínimo las caídas de presión y una conicidad de 1° a 2° para facilitar la extracción.

Aquí también se deben evitar los ángulos vivos -- ya que pueden provocar pérdidas de presión. Bajo estas especificaciones, la posibilidad de falla en el molde se reduce totalmente.

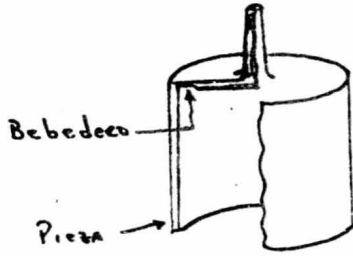


Fig. 22

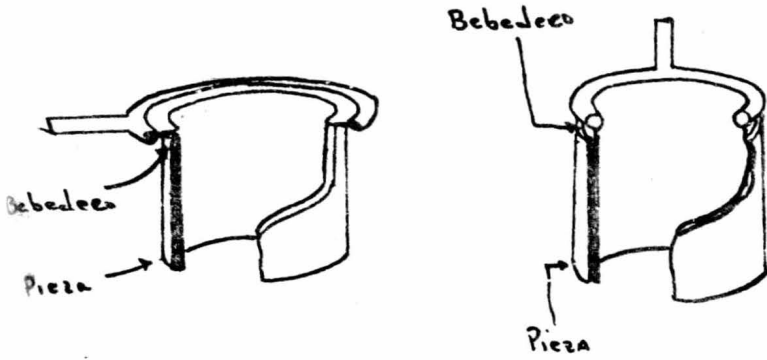
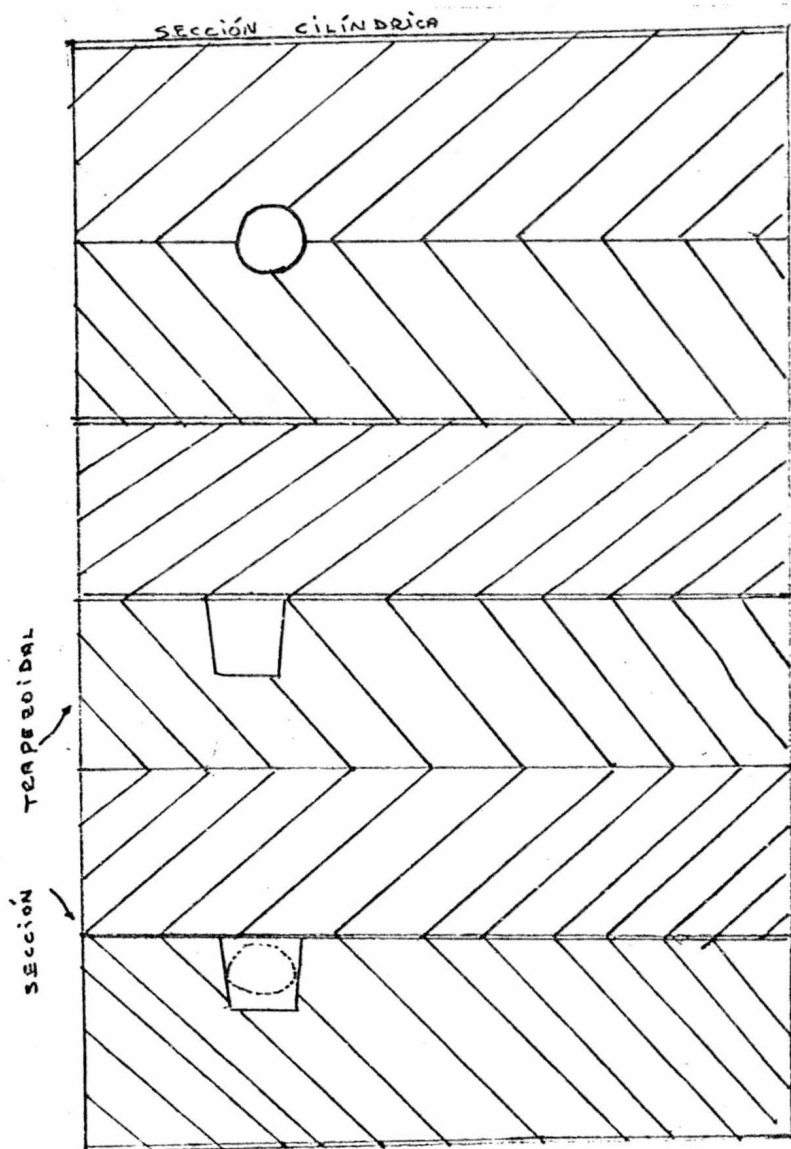


Fig. 23

Fig 24



Compuertas.

Las compuertas juegan un papel primario en el trabajo de moldeo. El tipo de compuerta, la localización y el tamaño, son también importantes. Lo primero que se debe considerar para la localización, es que no presente problemas en el terminado y que sea de costo bajo al quitarse. Si es posible, la compuerta no deberá estar localizada donde haya pliegues o declives, o donde un impacto en la pieza ocurra durante el uso, ya que el área de la compuerta tendrá tensiones residuales más grandes y puede provocar manchas. Por la misma razón la compuerta debería ser localizada en una línea de partición en una área no crítica, colocándose en la sección más delgada de la pieza, dando por resultado una máxima superficie lustrosa. Para minimizar depresiones o huecos, se podría colocar en la sección más gruesa de la pieza. Para disminuir defectos en la superficie, el flujo de la compuerta deberá caer contra la pared de la cavidad, la compuerta deberá estar así colocada, para que el aire atrapado en la cavidad escape a través de una simple abertura en la línea de partición o alrededor de un eyector. Se deberá tomar especial atención a la compuerta y ventilación en la línea de partición.

Tamaño de la Compuerta.

Para el tamaño de las compuertas, es necesario dividir las en dos clases: compuertas de choque y de no choque.

En las compuertas de choque directas, el fluido choca contra la pared de la cavidad, y en las de no choque, el fluido va a un mayor dimensionamiento de la cavidad. Frecuentemente se sugiere, usar una compuerta de choque, debido a la mejor apariencia superficial en las piezas.

Las compuertas pueden ser subdivididas en: compuertas circulares y rectangulares. Estas se usan más comúnmente, ya que aquí el ancho y el espesor son independientes. El espesor controla el tiempo de enfriamiento de la compuerta y el cambio de tiempo útil para el llenado y empaquetado de la cavidad. El ancho de la compuerta puede ser aumentado, -

para obtener más flujo sin cambios en el tiempo de enfriamiento. Esto está en contraste con la compuerta redonda, donde con un incremento en el diámetro se, obtiene más flujo, pero alarga el tiempo de enfriamiento y quizás el ciclo total.

Compuertas redondas.

Se han sugerido diámetros para compuertas redondas en la fig 25. Las sugerencias están basadas en el peso de la parte. Para compuertas de punto y tunel, se habrá notado que el diámetro de las compuerta, no deberá exceder el espesor de la pared de la compuerta. El uso de estas compuertas se ilustra en la fig 26.

Compuertas Rectangulares.

Aquí, el espesor de la compuerta estará basado sobre el espesor de la pieza. Generalmente se usa una compuerta de la mitad del espesor de la pieza. Este deberá ser el primer paso en la selección del tamaño de la compuerta que se va a usar, después se selecciona el ancho. Si hay problemas con huecos o depresiones que se noten, entonces el espesor de la compuerta deberá ser aumentado $2/3$ del espesor de la pared.

Ejemplos de este tipo de compuertas de choque, se muestran en la fig 27, y las de no choque en la fig 28.

Se sugiere que la longitud de la compuerta sea mantenida tan corta como sea posible para minimizar las pérdidas por presión. Una longitud de compuerta igual a la mitad del espesor de la compuerta se ha venido usando. Se debe tener bien pulida la compuerta a la entrada de la cavidad, para tener una mejor apariencia en la superficie de la pieza. Estas compuertas son las que más se usan pero no cumplen los requerimientos para todos los moldes, por lo que se usan otras válvulas comunes, como las que se ilustran en la fig 29.

Para compuertas de diafragma y anillo, el ancho es fijado y usualmente es ampliado. El espesor está entre la mi-

fig. 25.

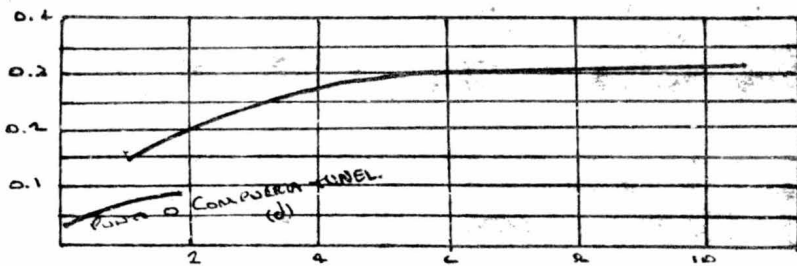
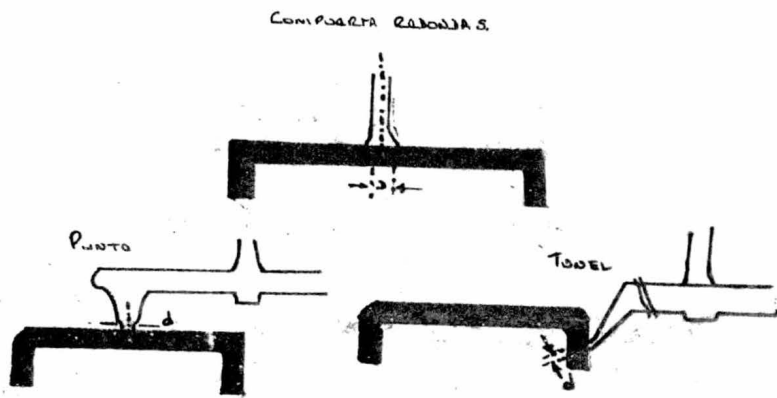


fig. 27.

COMPUERTE RECTANGULARES DE CHOCUE.

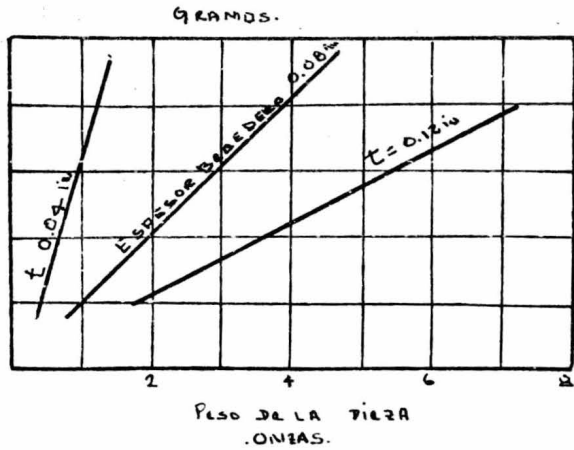
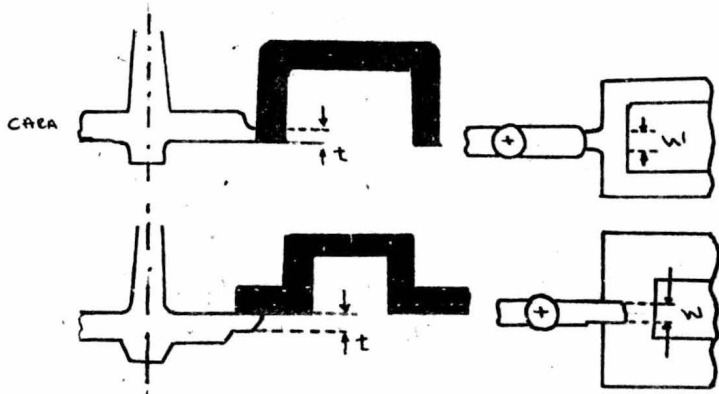


fig 28.

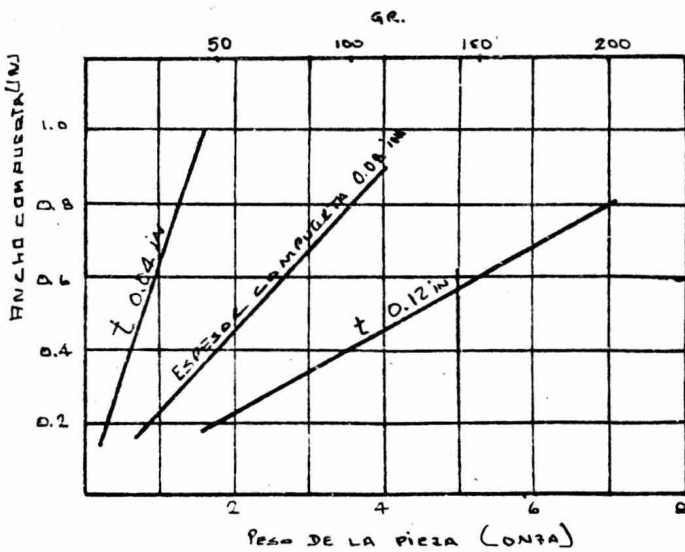
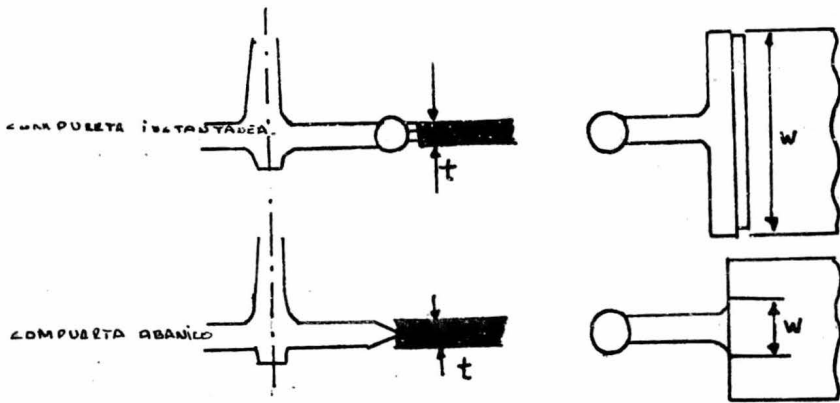


fig. 29.

DIAGRAMA DE
CAMPUERTA

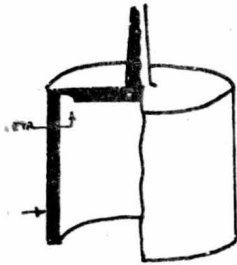


Fig. 10

CAMPUERTAS DE AVILLO

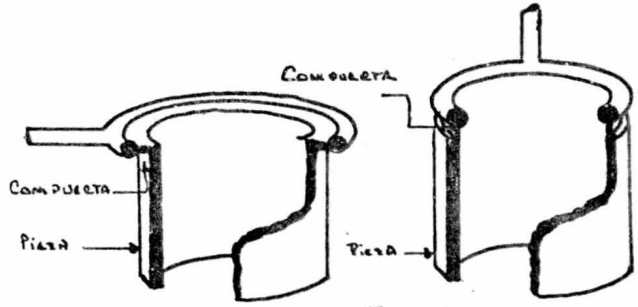
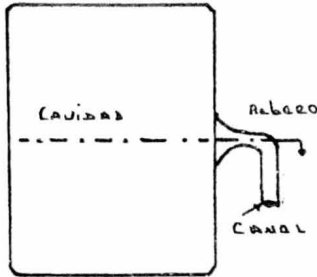
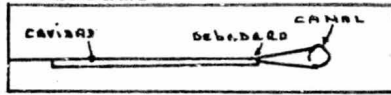
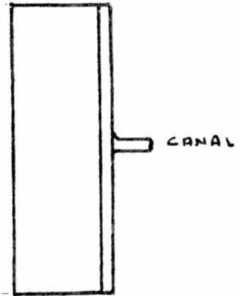


Fig. 11

CAMPUERTA ORGANICO
REHADERO



Pieza Moldada



tad y los 2/3 del espesor de la parte. Compuertas de diafragma y anillo son muy usadas, para moldeo de piezas que tienen secciones cilíndricas huecas, donde la concentricidad es crítica o donde las líneas de partición no son toleradas.

Las compuertas de túnel trabajan bien. En una cavidad de acero, una compuerta tan grande como 0.085 in en diámetro ha sido usada, durante la eyección de la pieza a una temperatura de molde de 150-200° F (65-95° C).

De la misma manera, compuertas y subbederos en un molde de tres platos, han sido usados con un diámetro de 0.110 in.

Hay dos variedades de compuertas de túnel usadas: Túnel corto y túnel largo, mostrados en la fig 30.

Cuando se usa una compuerta grande, el ángulo entre la pieza y el túnel es importante. Con un rango de temperaturas de molde de 150-200° F, el ángulo no debe ser mayor de 30°.

El tamaño de las compuertas puede ser estimado con la tabla descrita. Estos datos son aproximados y deberán requerirse dimensiones más exactas.

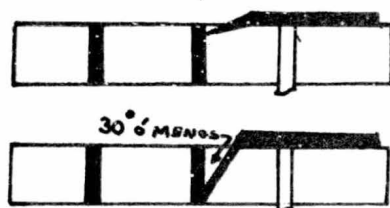
Correderas.

Las correderas juegan un papel muy importante en el trabajo de moldeo. La experiencia ha demostrado que tienen menos problemas que el tema de compuertas.

En el diseño de un sistema de correderas, deberán tomarse en cuenta dos factores: mantener un peso bajo en el sistema de correderas para minimizar la cantidad de material que se va recircular y diseñar un sendero eficiente de flujo para salvar el fundido de la resina con un mínimo de pérdidas de presión y una gran cantidad de presión transmitida a la cavidad, hasta el enfriamiento de la compuerta. Ambos factores pueden afectar la calidad de las piezas moldeadas se requieren correderas amplias para un rápido llenado de las piezas con propiedades óptimas.

Varias correderas de sección cruzada son usadas, dos de ellas, son las más usadas: redondas y trapezoidales. Si estas correderas son compatibles con otro aspecto del proceso

Fig. 30.



TAMAÑOS APROXIMADOS DE COMPUERTAS.											
ESPESOR DE PIZA		COMPUERTA RECTANGULAR						DIAMETRO COMPUERTA REDONDA			
		ESPESOR		DELTA 100		DELTA 500 y 900		DELTA 100		DELTA 500 y 900	
		IN.	MM	IN.	MM	IN.	MM	IN.	MM	IN.	MM
0.040	1.0	0.035	0.9	0.070	1.4	0.055	1.4	0.040	1.0	0.040	1.0
0.060	1.5	0.040	1.0	0.060	1.5	0.060	1.5	0.060	1.5	0.060	1.5
0.080	2.0	0.050	1.3	0.075	1.9	0.075	1.9	0.080 ⁽¹⁾	2.0 ⁽¹⁾	0.070	1.8
0.100	2.5	0.060	1.5	0.090	2.3	0.090	2.3	0.100	2.5	0.080 ⁽¹⁾	2.0 ⁽¹⁾
0.120	3.0	0.070	1.8	0.100	2.5	0.100	2.5	0.120 ⁽¹⁾	3.0 ⁽¹⁾	0.095	2.4
0.140	3.5	0.085	2.2	0.130	3.3	0.130	3.3	0.140	3.5	0.115 ⁽¹⁾	3.0 ⁽¹⁾
0.160	4.0	0.100	2.5	0.150	3.8	0.150	3.8	0.160	4.0	0.140	3.5
0.180	4.5	0.110	2.8	0.165	4.2	0.165	4.2	0.180	4.5	0.160	4.0
0.200	5.0	0.120	3.0	0.180	4.5	0.180	4.5	0.200	5.0	0.170	4.5
0.220	5.5	0.135	3.4	0.200	5.1	0.200	5.1	0.220	5.5	0.190	5.0
0.240	6.0	0.145	3.7	0.220	5.5	0.220	5.5	0.240	6.0	0.205	5.5
0.260	6.5	0.155	4.0	0.300	7.5	0.300	7.5	0.260	6.5	0.230	6.0
0.280	7.0	0.170	4.3	0.340	8.5	0.340	8.5	0.280	7.0	0.250	6.5
0.300	7.5	0.180	4.5	0.360	9.1	0.360	9.1	0.300	7.5	0.270	7.0

- (1) MÁXIMO PARA TÚNEL DE LA COMPUERTA
- (2) MÁXIMO PARA COMPUERTA DE PUNTO EN MOLDE DE PLATOS.
- (3) SI HAY PROBLEMAS DE INCORSTACIONES, LA COMPUERTA DEBERÁ SER DE MAYOR ESPESOR.

se usan las redondas, ya que minimiza ambas pérdidas, de calor y presión para un peso de corredera. No se deberá usar corredera redonda, en el caso en el cual el molde en una sección de deslizamiento atraviese la línea de partición, donde la corredera estará colocada. Un ejemplo se ve en la fig. 31.

Esto sugiere que para partes de POM, con las mejores propiedades físicas, las correderas siguiendo a las compuertas, deberán tener el mismo espesor, como la misma sección pesada de moldeo. Así, la experiencia ha mostrado que correderas menores de 0.125 in. no satisfacen los requerimientos y correderas más grandes que 0.375 in. no se usan.

Además de la forma y el tamaño de la sección de cruce, es importante minimizar la longitud de la corredera y balancear el sistema. Idealmente, el sendero del flujo entre cada cavidad y el bebedero deberían ser equivalentes. Este, más el diseño de la compuerta, dará un consistente y simultáneo llenado de todas las cavidades, las cuales son importantes en moldes múltiples. Varias distribuciones se han hecho, vistas en la fig. 32. Las formas puntiagudas en un sistema de correderas deberán evitarse, ya que generalmente éstas se redondean minimizando las pérdidas de presión y aumentando la rapidez de llenado de las cavidades. El uso de correderas grandes permite el llenado uniforme de las cavidades. Un hecho a veces imprevisto, es que sistemas de correderas, así como las cavidades, son llenadas de aire, como en el molde cerrado, por lo que se deben ventilar. En costo, esto se puede reducir, disminuyendo la cantidad de aire y así, las pérdidas de presión se reducen en las correderas, eliminando la necesidad de comprimir aire.

Moldes sin corredores.

Esto se refiere a cualquier proceso de moldeo por inyección en el cual el bebedero y el corredor no se extraen junto con la pieza en cada ciclo, existiendo gran variedad de diseños. Con múltiples corredores, la resina se opera a la temperatura de fusión. El contenido, aquí, se mantiene fundido, por lo tanto esto, no es muy útil en el moldeo de la resina para

fig 31.

Molle con acción deslizador

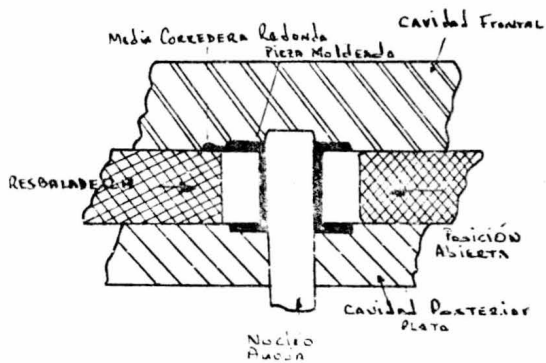
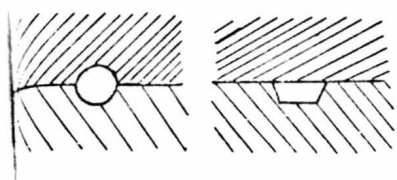
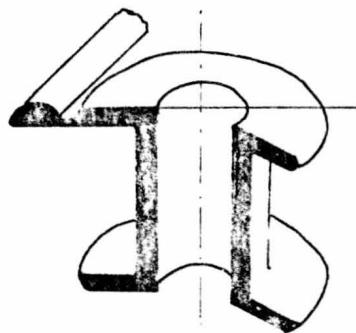
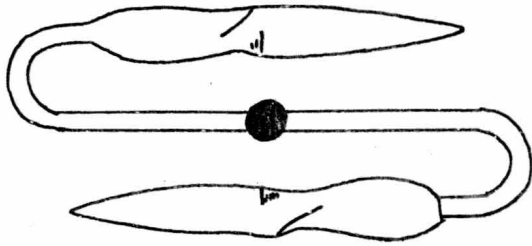
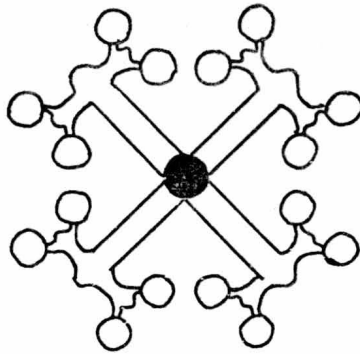


fig 32.

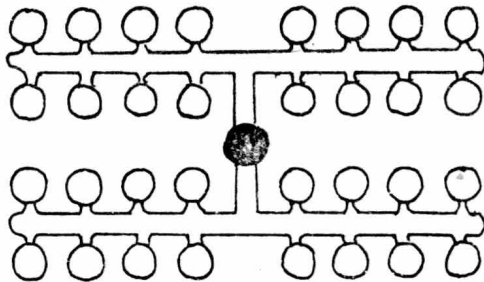
TRAZADO DE LA CORRIJORA



TRAZADO BALANCEADO



Tipo II.



usarse con Delrin. Un molde apropiado ha sido desarrollado por la Dupont, en el cual el conjunto de corredores es mantenido a una temperatura controlada de tal manera, que la temperatura en los múltiples corredores, sea mantenida a la mitad entre la temperatura ambiente y la temperatura fusión o cercana a 225-250° F. Por este camino se mantiene un flujo fundido de Delrin en el centro o fondo del corredor.

Macho del Molde.

Al moldear Delrin, es muchas veces deseable tener una relativa temperatura alta de manera que se pueda obtener una mejor superficie al terminar el ciclo. El control de la temperatura es importante y a su vez el macho del molde debe ser adecuado. Algunas veces, un macho especial, debe ser usado en bebederos, compuertas o secciones importantes. Es recomendable usar un calentador de cartucho en el molde, cercano a la compuerta, con la intención del mejoramiento de la superficie.

Expulsión.

De todos los termoplásticos, Delrin probablemente sea el más fácil de expulsar del molde. Se enfría rápidamente, se contrae de la cavidad y al mismo tiempo despielga considerable rigidez, cuando está caliente y tiene un relativo coeficiente de fricción bajo. Entoces el mecanismo de expulsión puede ser efectivo después del enfriamiento.

Agentes aflojantes.

Como el Delrin es de fácil expulsión, estos agentes casi no son requeridos, pero pueden ser usados si se hace necesario.

Las piezas deberán ser probadas, ya que dichos agentes causan pobres líneas de separación. Si las partes van a ser pintadas, debe evitarse el uso de silicones.

Moldes de Cobre-Berilio.

La aleación Cu-Be es usada en las cavidades de los mol

des para moldear Delrin y son satisfactorios en muchos casos. Sin embargo, como el material es gran conductor del calor, - enfría la superficie de moldeo rápidamente. En algunos moldes el enfriamiento ha sido tan rápido, que se desarrolla una superficie brillante y lustrosa. Si la superficie es lo importante, no se recomienda usar Cu-Be en las cavidades -- sino mejor en el núcleo.

Mantenimiento del Molde.

Como regla general, el mantenimiento de los moldes de Delrin, sigue los mismos cuidados que para otras resinas. - Por lo que se debe aplicar un enjuage, simplemente utilizan do una solución protectora de herrumbre después de cada co- rrida. Desde luego las condiciones de almacenaje en un perío- do grande, gobiernan el mantenimiento preventivo que hay que darle al molde.

Varios moldes para Delrin requieren especial cuidado, - ya que como se ha visto varias cavidades pueden quedar tapo- neadas por una ventilación inadecuada. El depósito puede ser vaporizado rápidamente por calentamiento, usando propano o aire caliente. Otros métodos limpiantes han sido usados, ta- les como el limpiador No. 7 de Dupont, el cual dá buenos re- sultados en la limpieza de moldes.

B) CALENTAMIENTO DEL MOLDE .

a). Necesidad de moldes calientes.

El Polioximetileno es un material altamente cristalino. Como, ya hemos visto, la orientación de los cristales varía desde la superficie hasta el centro de la pieza. La temperatura del molde influye sobre dicha orientación y al mismo tiempo, el volumen de la pieza sufre variaciones. Por lo tanto, al aumentar la temperatura, producirá una contracción mayor, ya que la resina tiende normalmente hacia una estructura óptima con máxima orientación. (Fig. 33).

La función más importante de la temperatura del molde, es la de asegurar la estabilidad dimensional de las piezas. En la fig. 34 se puede ver un ejemplo: una pieza producida en un molde de 60° C, sufre en un lapso de 1000 horas después de ser moldeada, una contracción de 0.22%, a una temperatura ambiente de 60 C. Sin embargo la misma pieza moldeada a 90° C, presenta una contracción post-moldeo de sólo 0.08 % .

Esto demuestra claramente que los problemas de deformaciones y conservación de tolerancias, especificadas previamente, se eliminan prácticamente, con moldes por encima de una temperatura de 90° C.

Operando con un molde de 110° C, no habrá prácticamente ninguna diferencia entre una pieza curada y una que no lo ha sido. De esto se deduce que el curado, que es una operación suplementaria costosa, puede ser evitada, manteniendo la temperatura de los moldes por encima de los 95° C. Otro aspecto que se debe considerar, es que el molde caliente permite obtener un mejor aspecto de superficie de las piezas. En la fig. 35 se ve la variación dimensional posterior al moldeo.

b). Sistema de Calefacción.

Existen varias posibilidades para calentar el molde : por circulación de agua o aceite, eléctricamente, etc. etc .

El calentamiento eléctrico puede dar buenos resultados utilizando generalmente resistencias o placas.

Fig 35.

CONTRACCIÓN DELRIN 500 CON
LA T° DEL MOLDE.

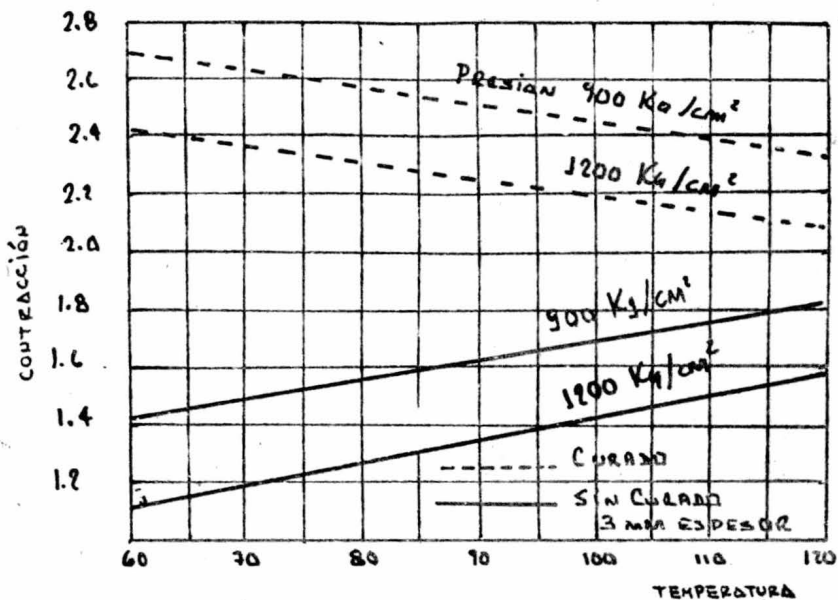
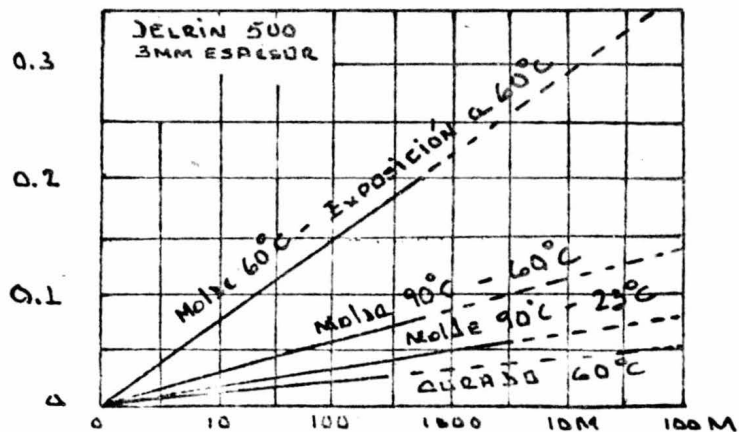


Fig 36.

VARIACIÓN DIMENSIONAL
POSTERIOR AL MOLDEO.



El calentamiento por circulación de agua o aceite, se efectúa por medio de una instalación que permite el control termostático de la temperatura de dichos fluidos.

Es extremadamente importante que la cavidad se encuentre a la temperatura deseada, por lo que el sistema de circulación en el molde debe ser lo suficientemente largo, para permitir un intercambio calórico. Se recomienda el uso de un serpiente o una espiral. Ver fig. 35.

c) Aislamiento térmico del molde.

Es muy probable que una parte del calor producido por la calefacción se pierda por transmisión a la máquina de inyección, debido a la conductibilidad térmica del metal.

Esto trae como consecuencia que el llegar a la temperatura de molde deseada, lleve un tiempo muy prolongado. Al mismo tiempo, las tolerancias de las piezas podrían verse afectadas, debido a las diferencias de las temperaturas durante la producción. Para solucionar este problema, se recomienda colocar entre el molde y la máquina una placa aislante, éstas se encuentran fácilmente en el mercado, y están hechas generalmente de asbesto laminado con resinas fenólicas.

C) Ventilación.

La ventilación en un molde que contiene polioximetileno es muy importante. Deberá darse una atención especial durante el diseño y prueba del moldeo, ya que la experiencia en el moldeo de plásticos de ingeniería así lo ha demostrado. Esto debido a que comúnmente se queman las piezas por inadecuada ventilación, lo cual no se ha presentado con la resina acetálica poliformaldehído. Muchas veces se ha obtenido

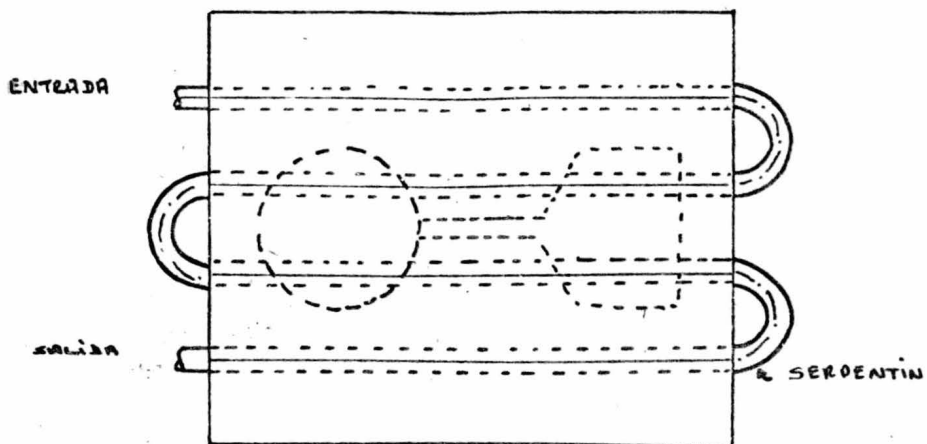
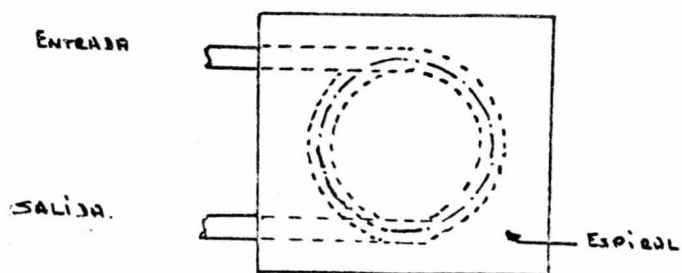


Fig 35.

CALEFACCION DEL MOLDE.



superficie adecuada en la pieza de Delrin, aún cuando la ventilación o respiración es pobre. Algunas veces se han observado unas manchas blanquiscas en el moldeo, debido a una -- ventilación inadecuada.

La ventilación pasa através de la línea de separación- de un molde en la extensión de las cavidades y platos. Esto asegura, que las cavidades sellarán las correderas ventiladas, y que la ventilación en la línea de separación sea más fácil.

Las cavidades profundas son las más difíciles de ventilar. En muchos casos, el líquido afiliado en las superficies con partículas ásperas, ha ayudado dejando escapar el aire- Ocasionalmente hoyos de ventilación, pueden ser asociados - con los mecanismos de eyección, empleados en el fondo de las cavidades profundas.

Pruebas de Ventilación.

Cuando se moldea Delrin, una cavidad puede ser probada para ventilación cambiando la química del sistema. Entonces los problemas de ventilación nos demostrarán los desperfectos que pueden ocasionar. Una prueba rápida, consiste en -- expandir un hidrocarburo como Kerosena, dentro de la cavidad del molde, como un agente libertante. Una fuente conveniente para esprear el hidrocarburo, es un preventivo de herrumbre como el DME libertador de moldes. Si el molde no está ventilado, pequeñas cantidades de kerosena se quema en el molde, dejando manchas negras en él, donde el aire es atrapado.

Si el molde está ventilado, la mezcla de aire y kerosena escapa del molde y no se observan quemaduras.

Este es un camino fácil para hacer un ajuste en la ventilación. Por lo que un segundo tiro dará buenos resultados. Como sólo una traza de material es espreado en la cavidad, -- entonces se necesitarán pocos tiros posteriores, antes de -- que se cambien totalmente. Esta técnica puede prever la utilidad de la ventilación y la de cavidades en un molde de -- múltiples cavidades. Así, es posible considerar la potencia de los manchados y hacer una corrección antes de que estos suceden.

Problemas de una inadecuada Ventilación.

Un problema que puede resultar de una inadecuada ventilación, es el depósito de materiales en las esquinas de las cavidades y en las aberturas por donde se está ventilando. Cuando se moldea Delrin, tales depósitos consisten de un material blanco sólido. Esto puede ser por la gran cantidad de gas manejado durante el proceso. Si un molde es adecuadamente ventilado, los gases escapan del molde junto con el aire. Cuando no pueden escapar, se depositan los sólidos. Este es un material de alta fusión y es insoluble en los solventes comunes.

La mejor solución al problema de depósitos, es prevenir una buena ventilación; esto puede ser agravado, también por una temperatura alta en el cilindro o un cilindro imperfecto. El depósito en los moldes se agrava por una corredera rápida y una temperatura de molde fría. Una ventilación inadecuada, puede causar también que el molde se agriete. Esto es más probable que suceda en un molde para partes pequeñas y con corredera rápida. Bajo estas condiciones, el aire y el poco gas de la resina, son rápidamente comprimidos en las esquinas de las cavidades. La compresión rápida de la mezcla de gases, origina un aumento de temperatura del gas con valores altos en pequeñas fracciones de segundo con el suficiente gas para poder atacar los aceros comunes.

La mayor prevención para evitar el agrietamiento del molde, es usar una adecuada ventilación. Otra condición, es usar una reducida velocidad en la corredera, para darle el suficiente tiempo al aire para que escape, o que pueda existir la línea de separación.

Un cilindro desgastado puede resultar en un desprendimiento de gases excesivo, pudiendo ser la causa primaria, por lo que si se usa una máquina diferente, se verá que la ventilación es la apropiada.

En casos extremos se sugiere usar acero de la serie 400 para cavidades y con cromo en las cavidades de platos.

Hay que mencionar también, que cuando los gases quedan atrapados dentro de las cavidades, se comprimen y se sobrecalentarán en el caso de que la ventilación no sea correcta. Esto ocasionará descomposición en la pieza (marcas) o depósitos sobre el molde (un polvillo).

Se ha adoptado la ventilación convencional, dando buenos resultados en el moldeo del poliformaldehído, y ésta consiste de pequeños canales de 0.05 a 0.1 mm de profundidad y 0.6 mm de ancho que se cortan dentro de las superficies en contacto con el molde. Estos canales unen las cavidades al exterior, permitiendo el escape del aire.

D). EYECCION, NUCLEOS, INSERCIONES

a). Eyección.

Las piezas hechas con Polioximetileno, necesitan un tiempo de enfriamiento muy corto, debido a la gran cristalinidad del producto.

Generalmente no existen problemas de eyección, ya que la resina presenta una gran rigidez, lo mismo a temperaturas relativamente altas, como son las que se recomiendan para la transformación de este material.

b). Núcleos.

En algunos casos puede suceder que la pieza, se atasque sobre un núcleo, dando lugar a problemas para su extracción. La mejor solución, es la de enfriar dicho núcleo, por medio de una circulación de agua en su interior.

En caso de que el enfriamiento no fuera posible por estos métodos (por ejemplo para núcleos demasiado pequeños) - se recomienda el uso de cobre-berilio, para la fabricación de dichos núcleos. Este material posee una conductividad térmica alta, lo que permite una evacuación rápida del calor.

c). Inserciones.

Es posible que al inyectar piezas alrededor de inserciones metálicas, aquellas presenten rasgaduras después de algún tiempo, debido a una contracción de la resina alrededor de dichas inserciones.

Siempre que ello sea posible, las inserciones deberán colocarse después del moldeo. Sin embargo, si por alguna razón, esto no fuese practicable, el problema puede ser resuelto siguiendo las recomendaciones siguientes:

1). Calentar las inserciones a la temperatura del molde. Esto asegurará una contracción regular del material termoplástico y en el caso de usarse un molde caliente, evitará la contracción post-moldeo que causa las rasgaduras.

2). Usar Delrin 100. El alargamiento mucho mayor de -

este material, ayudará a resolver el problema.

3). Eliminar todos los ángulos vivos de la inserción.

Rozamientos.

Sugestiones generales para evitar rozamientos, al moldear piezas con POM.

1.- La parte bajo rozamiento debe estar libre de esfuerzo y compresión, esto es, que la pared de la parte opuesta al rozamiento debe estar clara al molde o fondo antes de que la eyección se haga.

2.- Los rozamientos deberán estar redondeados y bien pulidos para permitir fácil resbalamiento de la pieza de plástico sobre el metal y disminuir las tensiones durante la acción de separación.

3.- Una adecuada área de contacto deberá ser prevista entre la pieza de plástico para evitar la penetración de la parte moldeada o el colapso de las secciones de paredes delgadas durante la acción de separación.

4.- La duración del ciclo de moldeo, deberá ser estudiada para determinar el mejor tiempo de eyección. Es necesario dotar de una superficie con suficiente rigidez en la pieza sin el despliegue de la propia banda, que lleve a una excesiva pérdida en el molde en peso.

5.- Se debe estudiar el efecto de la temperatura del molde ya que una temperatura alta, puede ser desventajosa.

6.- Generalmente las piezas de POM, pueden ser moldeadas con 5% de rozamiento. Los rozamientos admisibles varían con el diámetro y el espesor de la pared.

E). DEFECTOS DEBIDOS A UN MAL DISEÑO DE LOS MOLDES Y COMO SOLUCIONARLOS.

a). Huecos.

Pueden ser observados generalmente en las secciones más espesas de la pieza, y provienen de un mal llenado de cavidad del molde.

Pueden tener influencias nefastas sobre las propiedades mecánicas y las tolerancias de la pieza. El problema puede ser comunmente resuelto, aumentando el espesor de los bebederos, canales o mazarotas, como ya ha sido demostrado anteriormente. (La fig. 36 demuestra claramente -- como ha sido posible resolver un problema de esta índole). Fue posible compensar las contracciones desiguales, ya -- que el nuevo bebedero permaneció abierto hasta que la --- cavidad del molde estuvo perfectamente llena.

En el primer caso, el punto de inyección se solidificaba antes de que la pieza estuviese llena, lo que provocaba los huecos, y una contracción exagerada.

b). Defectos de superficie.

Son generalmente causados por un bebedero demasiado pequeño, o, porque el material en fusión al penetrar en la cavidad del molde no choca contra un obstáculo, como ya se ha explicado anteriormente.

La fig. 37 demuestra como se ha podido eliminar el problema, cambiando simplemente la dirección del flujo de la resina, y haciéndolo chocar contra un núcleo. La fig. 38, permite ver que originalmente el material al pasar a través del punto de inyección, producía una fricción tan elevada, que se descomponía (marcas brillantes sobre la pieza.) Esto provenía de la sección demasiado pequeña del bebedero.

Como se puede ver en la segunda figura, el problema fue resuelto aumentando el espesor del punto de inyección.

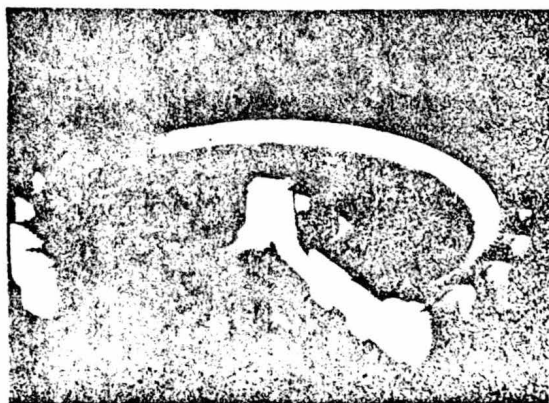
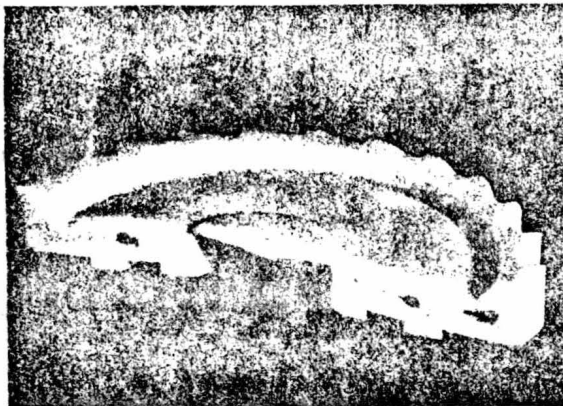


Fig. 36

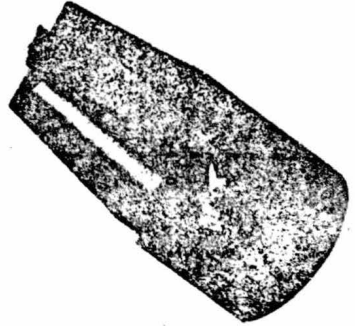
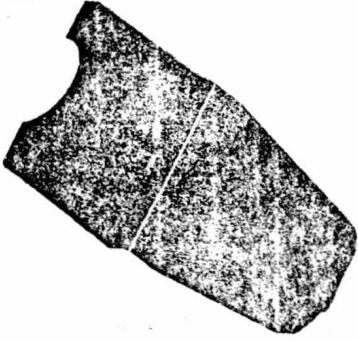


Fig. 37

c). Material descompuesto sobre la superficie de la pieza.

Puede provenir de una ventilación incorrecta, siempre que no existan dificultades relacionadas con la máquina - de inyección, tales como zonas de detención, o un exceso de temperatura.

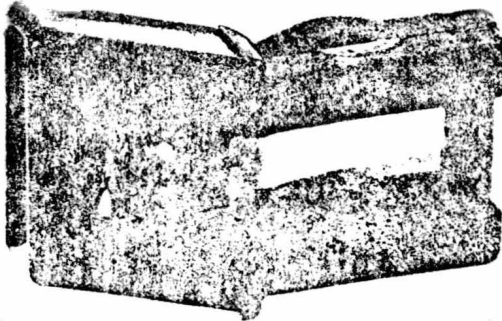
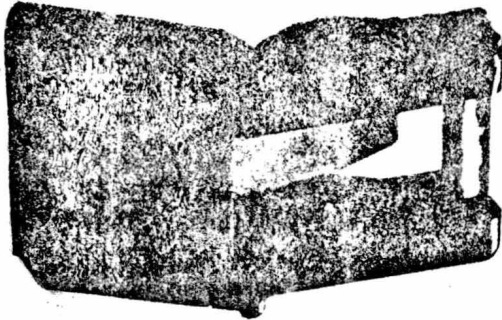


FIG. 38

Causas y Soluciones a los defectos de Superficie.

Las superficies de los artículos moldeados con Delrin, son lustrosas, fuertes y brillantes. Son atrayentes a la -- vista y al tacto. Aquí discutiremos sobre los posibles de-- defectos y soluciones.

Derrames. Rayados. Partículas sin fundir.

En general, estos defectos resultan de un calentamiento impropio. Derrames y rayados cafés, ocurren cuando se sobre calienta la resina. Partículas sin fundir, se encuentran -- cuando ha hecho falta calor a la resina.

Los derrames los podemos encontrar en cualquier termo- plástico, y éstos pueden ser distinguidos como una mancha - burbujeada de gas, viéndose muchas veces, como una "V". Es- tas marcas pueden verse sobre las correderas. Como muchas-- resinas, las causas más probables de derrame son debidas a- la resina húmeda con la mezcla vaporizada en el cilindro -- calentado. Esto puede suceder con Delrin, pero no es una -- causa usual que provoque este derrame. Como una regla general el Delrin, no debe llevar agua para evitar este problema, - por lo que es necesario que vaya seca.

La causa más común del derrame de Delrin, es debido a- un sobrecalentamiento, originando una descomposición a for- maldehído seco. Este derrame es eliminado llevando el proce- so a condiciones medias, por lo que es deseable checar la - temperatura del cilindro, de los termocoples e instrumentos para asegurar que estén funcionando bien. Muchas veces el - derrame causa manchas en el cilindro o en la boquilla. El- uso de un pigmento impropio o una contaminación accidental- de la resina puede resultar en una marcada disminución en - la estabilidad del fundido.

Las rayas o manchas cafés, son debidas a sobrecalentamiento de la resina, las zonas calientes en el cilindro pue- den causar este problema pero el picado en el cilindro de - calentamiento, lo podrá solucionar.

Partículas sin fundir representan el otro extremo, de-

bido a que no han recibido el suficiente calor. Estos defectos pueden ser vistos, dependiendo del tamaño del molde, siendo fácil de observarse al pasarlos a la luz. La opacidad de muchas manchas es diferente a la de sus alrededores. Con la resina pigmentada, muchas partículas pueden pegarse, como pequeñas abolladuras en la superficie. En muchos casos el problema es eliminado, aumentando la temperatura del cilindro o del ciclo.

Si la máquina es operada a capacidad máxima de plastificación, puede ser útil para usar un calentador del tipo túnel-tolva. Estos pueden ser operados arriba de 250° F y reducirán el calor a la pieza, el cual deberá ser añadido al cilindro. En invierno, es útil mantener la resina en un cuarto caliente en bolsas, para evitar la condensación de la mezcla sobre la resina fría.

Con máquinas de tornillo, la plastificación es mucho más uniforme, que con máquinas estándar de pistón, y así las partículas sin fundir raramente existen. Estas pueden ser eliminadas normalmente, aumentando la contrapresión para dar más trabajo mecánico, mezclando la resina. Si las partículas sin fundir aún existen, entonces se deberá incrementar la temperatura del cilindro o del ciclo. Las partículas sin fundir se producen normalmente, con tornillos profundos.

Hoyos. Arrugas.

Estas son causadas por una insuficiente presión de empuje de la resina a las cavidades. Dichas imperfecciones disminuyen el peso al disminuir el volumen, así como con enfriamiento. Sin una presión suficiente, la resina se contraerá de una manera incontrolable con una superficie incompleta en el molde. Un grupo de hoyos juntos, se asemejarán a la cáscara de naranja.

Las soluciones a estas imperfecciones son: usar un molde caliente y establecer un aumento de presión en la superficie del molde. La presión en la cavidad del molde, puede ser aumentada en algunos casos, para llenar rápidamente el molde: aumentando la velocidad de la corredera, usando un

booster o aumentador de presión, limitando el regreso, o -- usando una coraza acolchonada frente a la corredera.

Si ahora, tenemos la velocidad de llenado al máximo, en el molde o máquina, el tiempo en que la resina esté a la -- presión de la cavidad, debería ser aumentado. Esto significa usar una temperatura de cilindro mayor.

La mejor solución para evitar hoyos, superficies tipo-cáscara de naranja y arrugas, es usando Delrin 900 en lugar de Delrin 500. El Delrin 900 que es denso viscoso, por lo -- que logra un llenado más rápido del molde.

El uso de esta resina, es muchas veces una solución -- para evitar estos defectos. Un hoyo como imperfección, puede resultar debido a una ventilación inadecuada. Si el aire -- está atrapado entre la resina y la superficie de la cavidad la velocidad de enfriamiento cambiará, presentándose la de- presión. Un cambio en la velocidad de llenado del molde, -- puede mejorar la ventilación, o un cambio en la localización de la compuerta será recomendable.

Manchas, Embarraduras, Rojeados, Deslustre y Pliegues.

Este tipo de imperfecciones, resulta de la formación de una pequeña película frente a la cavidad del molde, cuando la cavidad está siendo llenada. Luego la película es distribuida durante el resto del llenado.

Si la película es alargada, puede tener a blanquearse, como una mancha colorada o como escarcha. Usualmente estas imperfecciones son pequeñas comparadas con las del moldeo -- completo. Estos defectos se observan cercanos a la compuerta (particularmente cuando la alimentación en la compuerta tiene una zona densa), pero pueden también ser observadas -- en otras áreas donde la resina es distribuida.

Estos defectos son frecuentemente vistos en las seccio- nes delgadas del moldeo, probablemente porque durante el -- moldeo, el fundido es forzado con una presión considerable frente a las cavidades delgadas aún antes de que estén --- llenas.

Este defecto puede ser eliminado disminuyendo las tur-

balencias del flujo en el molde durante el llenado o disminuyendo la formación de la película la cual puede ser desordenada. Un flujo más ordenado es obtenido por disminución de la velocidad de la corredera o acortando el tiempo del booster o aumentador de presión. Esto está en conflicto con los requerimientos para eliminar hoyos, como se discutió antes y por lo tanto es necesario balancear la velocidad de la corredera.

A tiempos de 0.1 seg , la diferencia de tiempo en el booster puede ser importante con respecto a la apariencia de la superficie. Un llenado ordenado y continuo del molde, no tenderá a desordenar en la superficie. Esto puede ser importante en moldes de cavidades múltiples que muchas veces están llenados de una manera errada y repentina. Se requiere que las correderas estén balanceadas y que sea apropiado el tamaño de la compuerta para que se obtenga un mejor llenado en moldes de cavidades múltiples. La disminución en la velocidad de formación en la película es probablemente la mejor solución para evitar estos defectos. Esto es acompañado con un aumento en la temperatura del molde y una disminución de la velocidad del calor removido a través del metal del molde.

La temperatura del molde puede ser aumentada generalmente sobre la superficie entera o puede ser calentada localmente sólo en el área del desperfecto. Usualmente es conveniente calentar todo el molde a una temperatura que no se exceda demasiado de los 240°F, ya que se pueden incrementar otros problemas tales como dobleces o deformaciones, siendo oportuno usar un calentamiento local sobre el problema. Generalmente, para obtener un calentamiento en la zona de defecto, se instala un calentador de cartucho o se añade una pequeña carga eléctrica en la superficie de la cavidad.

La experiencia ha demostrado que un calentador localizado a 3/8" ó hasta 5/8" abajo de la superficie de la cavidad, es satisfactorio. La temperatura del calentador deberá ser controlada con un autotransformador variable, tal como el Powerstat o Variac. La temperatura en un área local de molde, entre 230-270°F eliminará más defectos, especialmente en el área de

cómpuerta.

Una prueba para ver si al incrementar la temperatura del molde sobre la mancha, se elimina el defecto, puede ser aumentando el paso del gas propano. Se obtiene que la mancha está lustrosa pocos segundos después de abierto el molde, y se ve una remarcada diferencia en la apariencia de la pieza. Esto es una evidencia de la utilidad del calentador de cartucho en el molde.

Chorro.

El chorro de la resina dentro de la cavidad, es otro fenómeno que puede deteriorar la apariencia de la pieza. Esto resulta cuando entra la resina áspera y retorcida a lo largo de la cavidad. Entonces el residuo de la cavidad pasa a llenar el derredor del tornillo sinfín de una manera bastante desordenada.

Si la superficie de la resina chorreada se enfría, ésta no será refundida por la resina de los alrededores. Cuando sucede esto, la resina residual del tornillo sinfín se deposita en la superficie de la pieza, deteriorando su apariencia.

Existen dos soluciones generales:

Prevenir el chorro de la resina acercando la compuerta a una pared de la cavidad más cercana, seguida de un llenado ordenado.

También aumentando y ensanchando la compuerta y reduciendo la velocidad de la corredera se pueden remediar estos defectos.

F) MATERIALES PARA LA FABRICACION DE LOS MOLDES.

a) Aceros de bajo contenido en carbono.

La ventaja de estos aceros es que pueden ser fácilmente mecanizados. Sin embargo no deben ser empleados para la fabricación de los moldes para poliformaldehído, ya que su resistencia es baja, y ello lleva a distorsiones o rupturas a las presiones de inyección relativamente altas que se utilizan para el moldeo de dichas resinas.

Además, esta clase de aceros presenta muchas veces defectos estructurales como rugosidades, delaminación, etc, que ocasionarían problemas para la obtención de un buen acabado de las piezas.

b) Aleaciones.

Deben ser elegidas para adaptarse a las condiciones de moldeo. Los diferentes elementos que se agregan (Cromo, Manganeso, Vanadio, Molibdeno, etc.), influyen sobre las propiedades del acero en lo que respecta a dureza, resistencia mecánica y resistencia al calor.

c) Acero inoxidable.

Generalmente sólo debe elegirse un acero inoxidable que pueda ser templado. Esto es debido a que la técnica de molde o por inyección del polioximetileno, recomienda presiones del orden de 1000 kg/cm^2 .

La baja conductividad térmica de este tipo de aceros permite obtener un buen aspecto de superficie de las piezas, aunque la temperatura del molde no sea exactamente la que se ha recomendado (90°C ó más). Al mismo tiempo se elimina el riesgo de corrosión en moldes que no han sido correctamente ventilados.

d) Cobre-Berilio.

Esta aleación de cobre que puede ser templada, contiene 2.5% de berilio y 97.5% de cobre y constituye una buena solu

ción en los casos en los cuales la evacuación del calor dentro de la cavidad es difícil.

e) Cromado de las cavidades del molde.

Este procedimiento generalmente no es recomendado para el moldeo de piezas con POM, ya que la conductividad térmica sumamente baja del cromo, podría causar problemas de sobrecalentamiento de algunas partes en la cavidad.

La mejor solución es pulir correctamente las superficies lo que permitirá obtener piezas moldeadas de excelente aspecto.

IV) PROCESAMIENTO DEL POLIOXIMETILENO.

A) Gufa para moldeadores.

Después de que una pieza ha sido probada y aprobada en una de las composiciones con POM comercial, es considerada confiable para los objetivos de ingeniería y no se puede cam
biar de composición hasta no verificar otras pruebas.

El polioximetileno, debido a su alta contracción de moldeo, debe tener un ciclo adecuado de enfriamiento en el molde para asegurar la estabilidad dimensional.

Reproceso de la resina.-

La remolienda puede ser moldeada sin dificultad y muchas veces no es necesario secarla, si ésto es necesario, 4 horas en el horno de aire circulante a 185°F es lo recomendable pa
ra secarla. Es deseable separar los finos de la molienda por tamizado (malla 12), antes del moldeo. La molienda deberá ser
relubricada cuando alimenta máquinas de pistón, siendo innecesario en equipo de tornillo.

La molienda se debe usar cuando se produce y no debe ser
almacenada. Esto garantiza la limpieza de la resina.

Cargas arriba de 60% de resina virgen son fácilmente procesables, a niveles más grandes se pueden requerir calores más bajos en el cilindro y así minimizar el olor desprendido durante el moldeo.

Estabilidad de la resina.-

El polioximetileno es estable y fácilmente se maneja en toda la etapa del moldeo, sin embargo, la descomposición puede ocurrir si es calentada a una temperatura demasiado alta, o por
un período de tiempo demasiado largo.

Cuando el POM se descompone, se forma el formaldehído, un gas de fuerte olor. Además, los artículos moldeados serán probablemente descoloridos y tendrán algunas marcas extendi-

das sobre la superficie. Los datos del gobierno de Estados Unidos indican que, para todos los propósitos prácticos, -exposiciones imperceptibles y continuas a cantidades peli- grosas de formaldehído son despreciables. Esto es porque el olor produce molestias e irritaciones en los ojos y - nariz, cuando se exceden las concentraciones permisibles- en el aire.

Con un equipo funcionando eficazmente, la operación- de moldeo puede estar sustancialmente libre de olor. Si - hay olor, lo primero que hay que hacer es checar las fugas de la tobera o adaptador enroscado. La resina que se ha - puesto en contacto con las bandas calentadores puede ser- la causa del fuerte olor.

La resina se puede descomponer en la máquina por dos razones: cuando la temperatura es demasiado alta o cuando hay una área muerta dentro del cilindro de calentamiento. Una temperatura demasiado alta generalmente es el resul- tado de un mal funcionamiento del control de calor o de un termocople el cual no esté indicando la temperatura verda- dera. Las áreas más comunes de taponamiento o muertas son las boquillas o toberas y los adaptadores.

A períodos normales de inyección y temperatura, la - contaminación de Delrin con materiales extraños puede dar como resultado una inestabilidad. Particularmente estos-- contaminantes molestos, son resinas tales como el cloruro-- de polivinilo, resinas retardantes a la llama, u otros -- compuestos conteniendo cloro.

Si ocurre una descomposición extensiva, la alimenta- ción de calor deberá ser cortada y la máquina se deberá - purgar con polietileno hasta que el Delrin sea purgado de la máquina. Colectando la purga en agua se minimizará el olor de la resina descompuesta. La causa de la descompo- sición deberá ser corregida antes del siguiente moldeo.

Es aconsejable usar una guía de seguridad para el -- moldeador, ya que indica las precauciones y observaciones basadas en la experiencia.

B. Máquinas de moldeo por inyección.

El Delrin ha sido moldeado en una gran variedad de equipo de moldeo. Naturalmente, la experiencia ha mostrado que algunos equipos trabajan mejor que otros. De hecho, un equipo nuevo dará mejores resultados y rendimientos, que un equipo viejo. La máquina de inyección de Tornillo, dá un excelente trabajo con el Delrin.

Capacidad de Fusión.

La capacidad de fusión o plastificación de equipo de moldeo por inyección, se describe comunmente en términos de lo que la máquina trabajará con el poliestireno. Se puede pensar que, en vista de que el Delrin es una resina cristalina, necesitará mayor calor de proceso, que lo que necesitaría el Poliestireno, el cuál no es una resina cristalina. La experiencia ha demostrado, que en general una máquina puede plastificar alrededor de un 75% de Delrin, en relación con el Poliestireno. Por lo tanto, si una máquina puede fundir 100lb/hr (45 Kg/hr) de Poliestireno, entonces fundirá 75 lb/hr (34 Kg/hr) de Delrin. Esto ---- variará, dependiendo de los detalles de diseño del cilindro. Muchas máquinas de pistón estan calculadas, tomando en consideración la capacidad proyectada en onzas de Poliestireno en las máquinas. Así una máquina de 6 onzas, significará que funde 6 onz./min (170 gr/min) de Delrin. Estas capacidades se aplican a máquinas por inyección de tornillo, dependen del tamaño y diseño del tornillo, así como de la potencia disponible para manejar el tornillo.

Sistema Hidráulico.

Una característica importante, de cualquier máquina de moldeo, es la habilidad para inyectar capacidades rápidas de disparo (Lapso de 2 seg.). De igual importancia, es la habilidad para controlar la velocidad de inyección dentro de límites aproximados o cercanos.

La flexibilidad en la eficiencia de la máquina, en -

las características antes descritas, darán como resultado un mejor control de la apariencia y las propiedades físicas de la pieza de Delrin.

Hay que transmitir las presiones adecuadas, de tal manera que se pueda controlar perfectamente el llenado de la cavidad. La capacidad de la bomba hidráulica en la máquina, debe ser la adecuada, ya que una máquina con un rango de caballaje relativamente alto, frecuentemente está indicando que la capacidad de moldeo es la adecuada. El control de la velocidad de la corredera por medio de una válvula de control de flujo hidráulico, es otra característica recomendable. Con objeto de conseguir una capacidad de llenado completa, el sistema hidráulico deberá estar en buenas condiciones. Escapes o mermas internas en el sistema, pueden disminuir considerablemente la potencia y aumentar el tiempo del ciclo.

Capacidad de Prensado.

Si van a ser transmitidas presiones altas a la cavidad del molde, la capacidad de prensado de la máquina deberá resistir la presión en la cavidad. No hay especificaciones concretas para el Delrin. Como una regla de manejo, se sugiere que la máquina deba tener una fuerza de prensado de 5 Ton/in² sobre el área de disparo proyectada.

Control del ciclo.

Para el Delrin, se han encontrado muchos usos en partes mecánicas de precisión, debido a que se ha obtenido un control preciso del ciclo de moldeo. Esto incluye el lapso de tiempo en el cual se han sacado las piezas del molde abierto. Las máquinas están provistas de controladores de tiempo de ciclo, o estos pueden ser adaptados a las máquinas ya existentes. Este controlador de tiempo ligeramente retarda el cierre del molde después de que la puerta de seguridad se cierra con un margen de tiempo, para que el operador, maneje la máquina con una menor irregularidad en la extracción de la pieza. El control de todos los aspectos de tiempo, en el proceso de moldeo, es el único --

camino para asegurar un procesado consistente de la resina.

Diseño de los Cilindros de Calentamiento.

Los cilindros de calentamiento pueden requerir, algunas atenciones especiales, respecto al diseño. El diseño está basado en el flujo de resina.

La resina, que ha sido impulsada hacia dentro, en forma de picaduras o puntos muertos dentro del cilindro, se descompondrá. Las más comunes picaduras en el cilindro de moldeo están asociadas con una boquilla o una brida no ajustada apropiadamente. Si una boquilla no es atornillada con firmeza se formará un pequeño espaciado por donde la resina escapará y más adelante se descompondrá. Bajo estas condiciones de picaduras, calentamiento y descomposición continúan; el producto descompuesto puede provocar hoyos en los metales en el área de picado o cacarizado. Este, no sucede comunmente, pero sí se debe cuidar ya que el material degradado, puede rayar el molde, por lo que hay que mantener bien cerrada la boquilla.

Puede haber problemas con los espreadores internos o el torpedo si no se diseñan para que ajusten bien, y darán lugar a la presencia de un picado en el material.

Es importante señalar, que las nuevas características añadidas al equipo de moldeo por inyección. Se usan válvulas con preplastificadores, máquinas de tornillo recíprocante o máquinas convencionales. Las válvulas pueden ser causantes de picaduras, pero éstas se evitarán manteniendo un escape o goteo en la válvula, cuidando que esto suceda durante el proceso del Delrin.

La corredera frontal en una máquina de preplastificador puede marcar picaduras. Algunas de estas correderas son diseñadas para el serrame, sin embargo están probadas para el flujo de resinas.

La terminal de la corredera, deberá estar perfilada de tal manera que la resina fluya por la cara limpia de la corredera, por lo que se debe cuidar bien el funciona-

miento de este sistema en el procesado.

Materiales de construcción de Cilindros de Calentamiento.

No hay materiales que se usen universalmente para la construcción de los cilindros de calentamiento y roseadores, pero sí existe una cierta preferencia, por determinados materiales, así como el acero SAE 4140. Algunas máquinas son equipadas con cilindros hechos de acero 420 (acero al Cromo, 11 a 13% de Cr, 1% de Si, 1% de Mn y 0.15% de C máximo). Materiales especiales no han sido requeridos para el procesado del Delrin.

El uso de aleaciones conteniendo cobre, deberán ser evitadas en partes del cilindro y roseadores o válvulas, las cuales estén en contacto con la corriente fundida de la resina, ya que causarían la degradación de la resina.

Estas aclaraciones no se aplican para moldear piezas, las cuales estén en contacto con la resina sólida o fría, así podemos tener: aleación de Cu-Be, la cual puede ser usada en las cavidades de los moldes.

Control de temperatura de los Cilindros de Calentamiento.

Para moldear piezas con precisión, se requiere una temperatura de fusión constante, manteniendo un estricto control del calentamiento incluyendo, el wattaje para las bandas del calentador, para que entre el calor requerido y constante. De tal manera, que así encontramos que algunas máquinas presentan sistemas para abastecer más calor durante el período de calentamiento y menos calor durante el período de operación, siéndonos de mucha ayuda para un estricto control en el procesado del Delrin. La localización de los calentadores es muy importante, ya que deberán cubrir tanta zona como sea posible. Se deberá usar un calentador y un control independiente en la boquilla.

El sistema de control de temperatura varía en diseño y costo. Debemos situar apropiadamente el termocople, ya que si no es así, podemos tener problemas en el control de temperaturas.

Máquinas Inyectoras de Tornillo.

Ambas máquinas, la tornillo reciprocante y la de tornillo preplastificante, se han operado con Delrin. Se ha visto, que en el procesado de Delrin y otras resinas, el equipo de tornillo ha dado mejor rendimiento que las máquinas convencionales. La experiencia ha mostrado que en estas máquinas se debe dar una especial atención al diseño del tornillo de estrujamiento.

Como en el caso de la operación de extrucción, el diseño del tornillo, parece más importante, así como la producción del fundido.

Un diseño impropio del tornillo puede dar lugar a dos condiciones extremas de comportamiento. Un tornillo, el cual penetra mucho, pero no trabaja la suficiente resina, mecánicamente dará por resultado una plastificación incompleta de la resina a altas velocidades. En este caso, los moldes deberán contener partículas que no se fundan. En el otro extremo: El tornillo es poco profundo, y se aplica mucho trabajo mecánico a la resina, puede dar como resultado una temperatura alta de fusión, la cual no es la deseada y posiblemente la resina se descomponga.

El desarrollo del diseño del tornillo, es un procedimiento rápido. Como estos requerimientos son diferentes que para el extrusor, las variaciones en el diseño pueden ser anticipadas. Estas variaciones pueden incluir tornillos cortos o espaciamientos cortos entre las roscas y terminales especiales.

Se ha aceptado satisfactoriamente el diseño del tornillo con los siguientes requerimientos: El diseño está basado sobre un tornillo con una relación de Longitud-Diámetro de aproximadamente 20/1 y puede ser ajustada para tornillos cortos. Tornillos largos no son requeridos para trabajar con Delrin, aunque la longitud y el diámetro del tornillo afectan la producción total.

Se ha encontrado que el tornillo con 4 ó 5 vueltas en la sección penetrante dá buenos rendimientos y que el tornillo con cinco (5) vueltas en la sección de transición

tienen buen comportamiento. El tornillo con un espacio ---
miento entre vueltas igual al diámetro (D), trabajado mejor.
El canal de profundidad de la sección de incrustación o -
penetración es de importancia primaria en la regulación -
de la cantidad de trabajo mecánico aplicado por el torni-
llo. Las dimensiones sugeridas se dan en la fig. 39

En máquinas de tornillo recíprocante, muy frecuentemente el final del tornillo es equipado con una válvula, -
la cual previene que el flujo de la resina regrese, cuando el tornillo actúe como una corredera. Cuando la velocidad no es importante, casi cualquier tornillo puede ser -
usado para piezas.

Una semejanza de muchos tornillos para el equipo de moldeado por inyección, es la habilidad para regular la presión con la cual el tornillo debe bombear la resina. Esta es llamada caída de presión la cual es controlada por una válvula en la corriente fundida, y controla la cantidad de energía mecánica aplicada a la resina por la rotación del tornillo. Entonces, El control de la caída de presión es un camino para controlar la temperatura de fusión de la resina, apropiadamente.

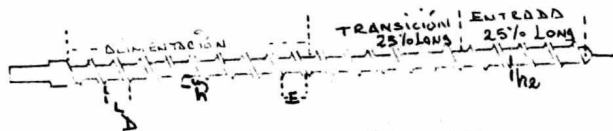
Boquillas o Toberas.

La condición principal para la selección de una ---
boquilla o tobera es, que sea lo suficientemente larga. -
Una boquilla que sea pequeña, restringirá el flujo, y limitará el tiempo en el cual el molde es llenado. Boquillas con las dimensiones dadas en la fig. 45, han dado buenos resultados. Debemos recordar, que en todos los casos, una boquilla en los calentadores, con control de temperatura independiente, es esencial.

Calentadores de Moldes.

La pieza más importante, usada en el equipo auxiliar para moldear Delrin, son los calentadores de Moldes, que nos permiten un absoluto control de la temperatura dentro del molde, la cual es de importancia, como se verá mas --

Fig. 39



DIAMETRO NOMINAL (D) (IN)	POM 100		POM 500,900	
	Profundidad de Sección ↓	SECCION ALIMENTACION ENTRADA	ALIMENTACION	ENTRADA
3 1/2	0.295	0.085	0.270	0.080
2	0.315	0.090	0.295	0.085
2 1/2	0.350	0.100	0.315	0.090
3 1/2	0.455	0.130	0.350	0.100
4 1/2	0.520	0.150	0.385	0.110

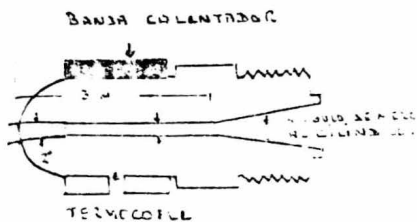
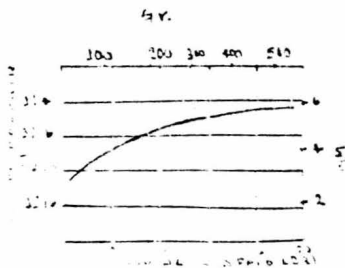


fig. 40



adelante. Para obtener moldes con una superficie brillante es algunas veces deseable, operar las superficies de las cavidades de los moldes en un rango de temperaturas de -- 200 a 270 F (90-130° C). Algunas unidades comerciales, -- utilizan aceite circulante, para controlar la temperatura del molde, a un nivel establecido.

Operación de las Máquinas de Moldeo.

La operación de las máquinas de moldeo para la resina Acetálica Delrin es esencialmente la misma que para -- cualquier otra resina. Como una regla general, la opera -- ción con Delrin, requiere un control más cuidadoso, por -- que es frecuentemente usado para piezas de Ingeniería, -- donde tensiones, dimensiones y superficies, deben satis -- facer las especificaciones requeridas para su uso.

Arranque.

La operación de arranque sugerida para Delrin, es -- propuesta para prevenir sobrecalentamiento y contaminación en el cilindro, con material usado previamente.

Para el arranque, el cilindro debe ser purgado con -- polietileno de bajo índice de fusión o con poliestireno, -- hasta que la cámara se encuentre sin resina procesada.

La temperatura del cilindro debe ser ajustada a más -- o menos 400° F (250° C), en un corto tiempo, mientras que la resina de purga pase a través de la máquina. Cuando el cilindro ha llegado a 400° F, entonces, se puede agregar Delrin por el Tuner, para su procesamiento. El uso de Polietileno o Poliestireno, se basa en el hecho de que son compatibles con el Delrin, de lo contrario podría causar la contaminación del producto, en forma de un fuerte olor.

Recalentamiento de un Cilindro conteniendo Delrin.

El recalentamiento de un cilindro, que contiene Delrin debe ser hecho de una manera segura, como se hace con cualquier otra resina.

El objeto primario es prevenir el centro del cilindro

de un conveniente sobrecalentamiento, antes de que la resina salga y que en la boquilla esté fundida. Si el centro sobrecalentado y la resina degradada antes de que salgan, han fundido, es posible generar altas presiones de gas en el centro del cilindro. Cuando esto sucede, el material sólido en el cilindro, puede ser separado, cuando la presión ha sido aumentada o cuando el émbolo sólido se detiene. Esto sucede con todos los tipos de plásticos.

Esta es la razón por la cual, el Delrin nunca debe ser operado sin un calentador en la boquilla.

El procedimiento para prevenir esto, es calentar el cilindro a una temperatura intermedia exactamente abajo del punto de fusión de la resina y dar a la máquina un nivel para esta temperatura. La boquilla deberá calentarse ligeramente, a una mayor temperatura.

Si se quiere procesar Delrin en cilindros pequeños, se sugiere una temperatura de 350° F (175° C) y para máquinas grandes 300° F (150° C). Un período de espera de 45 minutos, después de que la temperatura haya sido alcanzada. Para máquinas grandes, es necesario llevarlas a una temperatura de 350° F y un período de espera corto. La boquilla deberá ser calentada a 400° F y el cilindro arriba de 400° F. Después de un período corto de espera, se pasa aire para limpiar el cilindro de la resina, la cual está dentro en el transcurso del período de paro y recalentamiento. De tal manera que la resina mantenida caliente durante un período largo de tiempo, puede mostrar signos de descomposición, por lo cual se debe colocar la purga de la resina sobre un balde de agua para prevenir olores desagradables en el área cercana a la máquina. Una vez que el aire ha sido sacado, la operación rutinaria de moldeo puede ser arrancada.

Paro en la operación de la máquina.

La operación de paro con Delrin es muy simple. Lo que se debe hacer en la práctica, es cerrar el calentador del cilindro pero dejando el calentador en la boquilla,

hasta que la resina fría pase a través de la máquina. La prensa se separa entonces, y está lista para el calentamiento antes descrito.

Para el moldeo con maquinaria de tornillo, se sugiere que el tornillo sea bombeado seco antes de la operación de paro. Esto minimiza la cantidad de resina, la cual se va a recalentar. Nunca se debe parar una máquina, con una carga de resina enfrente del tornillo recíprocante o el preplastificante de la corredera. Si esto sucediera, la pieza gruesa solidificaría frente a ellos y entonces requeriríamos un período largo de tiempo para reblandecerla durante el período de arranque.

Paro temporal.

En general, se deberá considerar que una máquina que contenga Delrin no debe ser tratada superficialmente, sino que debemos mantener un cuidado constante. Esto en realidad no es tan cierto, pero si lo es el hecho de que no debemos dejar una máquina que procesa Delrin, por más de 15 minutos (tiempo de picado). Si es necesario parar la máquina para una reparación menor o ajuste, se sugiere que el aire sea sacado o que la temperatura del cilindro sea reducida a un nivel intermedio de aproximadamente 300° F.

Cambio de procesamiento de Delrin a otra resina.

Cuando se cambia Delrin por otra resina, se sugiere purgar con polietileno de bajo índice o poliestireno. La resina purgada deberá ser recorrida por toda la máquina, para establecer un contacto limpio con el nuevo material a procesar y así poder ajustar la máquina para el nuevo plástico.

Condiciones de operación para el Moldeo de Delrin.

Las condiciones generales para operar máquinas del tipo de correderas, son:

Rango de temperaturas del Cilindro.

380 - 470°F (400°F prom.)

195 - 245° (205° prom.)

Temperatura del Molde.

150 - 250°F (175°F prom.)

65 - 120° (80° prom.)

Presión en la corredera.

10,000 a 20,000 psi.

700 a 1,400 kg/cm²

Velocidad de la Corredera.

Ajustada según los requerimientos de la pieza.

Las condiciones generales para operar máquinas del tipo de Tornillo, son:

Rango de Temperaturas en el Cilindro.

380 - 460°F (400°F prom.)

195 - 240°C (205°C prom.)

Para muchas máquinas, la temperatura de fusión es más alta que la temperatura del cilindro.

Velocidad del Tornillo.

Mínima dentro del ciclo.

Contrapresión.

La requerida para controlar la temperatura de fusión.

Con la máquina de Tornillo, se sugiere comunmente operar el tornillo con un mínimo de velocidad así como también que no se use contrapresión, a menos que sea necesario, para aumentar la temperatura de fusión. En la máquina de Tornillo, todas las zonas están usualmente calentadas casi a la misma temperatura. Después de arrancada la operación de moldeo, el moldador deberá recopilar los ajustes que deberá hacer para que la pieza sea aceptada

satisfactoriamente. Si existe algún problema, el moldeador hará pasar una corriente de aire para observar la calidad del fluido. Si no se ven burbujas o resina sin fundir, es que todo se encuentra bien. La mayoría de los efectos se hacen sentir en la apariencia y dimensionamiento de la pieza. Estos problemas se ven más adelante.

Estimación del ciclo de Moldeo.

Una gráfica para estimar el ciclo de moldeo está dada en la fig. 6 . Es una gráfica del tiempo del ciclo contra el espesor de las paredes de las piezas. Cuando una cantidad limitada de plastificante es utilizada, el ciclo mínimo de moldeo será determinado fácilmente, por el tiempo requerido para enfriar la pieza, el cual depende del espesor de la pieza. Las gráficas muestran dos curvas, las cuales están basadas en la experiencia con Delrin. Estas curvas representan límites: la curva de abajo, representa ciclos cortos y la de arriba ciclos largos. La curva de ciclos cortos se aplica a moldes; éstos son simples o no requieren tolerancias en el cierre. Además la experiencia en los E.U. indica que las partes para ingeniería pueden ser moldeadas a la curva más baja, previniendo la cantidad total de producción que justifica la eliminación de tal ciclo largo de moldeo, evitando así:

Unir las partes en el molde.

Hacer perforaciones en la parte durante la eyección.

Deformaciones.

Partes incorrectas en dimensionamiento.

Partes con tolerancia ajustadas o grandes áreas sujetas a deformaciones, probablemente requerirán ciclos cercanos a la vecindad de la curva de arriba.

La curva inferior está basada sobre una temperatura de fusión de 400°F y una temperatura de molde de 175°F .

Los tiempos sugeridos para la corredera se dan abajo. Estos datos están basados sobre una temperatura de 175°F y usando compuertas del tamaño recomendado. Estos tiempos de

corredera se ajustarán a diferentes trabajos particulares.

Espesor de la pared de la pieza	mm	tiempo de la corredera.
0.040	1.0	4
0.060	1.5	6
0.080	2.0	10
0.120	3.0	15
0.160	4.0	24
0.200	5.0	30
0.240	6.0	42
0.300	7.5	60

D). PROCESAMIENTO DEL POM. FLUORO / CARBONADO .

Moldeo.-

El moldeo de la resina con fibras de PTFE, difiere poco del moldeo de otros grados de POM comercial. Las fibras ofrecen poca resistencia al flujo, incluso a través de orificios capilares en un tubo. Pueden ser usados indistintamente con POM. 500, los métodos de inyección por pistón o el de extrusión. El flujo que posee el POM. AF, está entre el POM-500 y el POM. 100. fig. 41

El rango de temperaturas de moldeo del POM AF, es de 370° F a 410° F, insignificamente más bajo que el POM 500. Para evitar la descomposición de la resina, no se deberán usar temperaturas de cilindro excesivas ni tiempos prolongados de sobrecarga.

Se obtiene una mejor estabilidad dimensional y de superficie, usando moldes calientes. Debido al contenido de fibras, el acabado puede no ser igual en lustre o brillo. Consecuentemente, pueden ser usadas temperaturas en la cavidad mayores que aquellas normalmente requeridas para POM 500.

Una temperatura y presión, suficientes en la cavidad del molde, darán por resultado una superficie de acabado brillante y pulimentado.

Estudios cuidadosos de contracción y estabilidad dimensional, así como los relacionados con la dirección del flujo indican similitud entre el POM AF y 500.

En algunos casos dependiendo de la geometría especificada en la pieza, se observo poca contracción en el POM AF en dirección transversa al flujo de la resina. Esta resina se puede procesar en la forma antes descrita. No se obtienen tan buenos resultados en el cortador como en la molienda de POM AF y no es necesario realizar la lubricación en la superficie del triturador o molienda. El reprocesamiento no rompe por completo las fibras de PTFE. Las propiedades físicas parecen ser las mismas en el material virgen y en el procesado, pero en el reproceso se deberá cuidar la limpieza, así como estar libre.

Maquinado.-

El Poliformaldehído AF se encuentra a disposición del usuario en forma de secciones extraídas, tales como, varillas, barras, láminas y planchas. Las piezas pueden ser fabricadas, partiendo de dichas presentaciones, operables en forma normal de maquinado. Por las condiciones de moldeo y donde va a ser producido un número límite de piezas, éste es frecuentemente el método más económico.

Precauciones.-

Se deberá evitar el fumar en las zonas de trabajo ya sea donde se transporta el material o donde se efectúan las operaciones de maquinado y molienda. Se deberán seguir las precauciones normales y recomendables en el inciso F, así como las recomendadas en la resina PTFE.

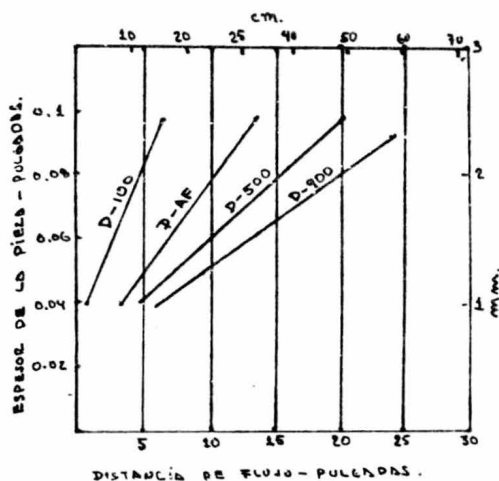


Fig. 41

E). PRECAUCIONES DE SEGURIDAD. ✓

Todas las condiciones normales dictadas para otras resinas, deben tomarse para el procesado del Polioximetileno. En particular, el polímero no deberá ser expuesto por más de 20 min. a temperaturas de 450 ° F. Si hay cualquier sospecha sobre la temperatura de fusión, deberá tomarse una medida -- con cualquier pirómetro, para hacer una prueba.

La descomposición del Polioximetileno, genera vapores de formaldehído, así como las resinas de melamina, urea, etc., por lo que se deberán tomar las mismas precauciones.

Se deben hacer medidas del vapor de formaldehído, el cual deberá estar presente en menos de 1.0 ppm en una operación normal. El boletín del Instituto estandar Americano, indica un promedio aceptable de 3.0 ppm, incluyendo un máximo de 10ppm por ocho horas de operación. De hecho nosotros podemos detectar el formaldehído a 1.0ppm, enrojeciendo los ojos y a las 3ppm, causa molestias en la nariz. En 10 años de experiencia en el moldeo con paraformaldehído, no se ha encontrado casos de dermatitis, en el personal que labora-- esta resina.

El sobrecalentamiento en el cilindro o una exposición larga ó contaminación con materiales extraños, causará olores desagradables. Cuando esto sucede, el calentador del cilindro debe ser cerrado, si es posible se deben hacer pasar de 6 a 8 cargas de aire, para remover el calor y reducir la presión de inyección y así evitar un chapoteo del fundido.-- Este procedimiento enfría el cilindro y reduce la cantidad de vapores contaminados. El área de trabajo deberá estar -- clara y bien ventilada. Se sugiere purgar con polietileno.

Al descomponerse el producto, puede , puede generar vapores, los cuales si estan confinados aumentarán la presión y la temperatura, y si el material no está libre al salir -- por la boquilla, golpeará el tonel.

Las presiones altas, usualmente no aumentan en el cilindro, a menos que la corredera esté adelantada , haciendo que

el gas no pueda escapar por la puerta de alimentación. La presión de descomposición, deberá entrar a una sección de alimentación cerrada o a un tonel cerrado totalmente, para evitar molestias al personal.

Cuando se moldea el Polioximetileno, es aconsejable que el moldeador este familiarizado con todos los problemas que causan degradación de la resina o descomposición; para así poder prevenir éstos y tomar acciones pertinentes para solucionar el problema.

F). RECOMENDACIONES PARA EVITAR PROBLEMAS AL FABRICANTE.

a) Causas de descomposición.

Para evitar esto, debemos arrancar la máquina cuidadosamente, como ya antes se describió. Temperaturas altas, contactos electrónicos fríos, fallas en las conexiones del termocople o lecturas indirectas o incorrectas.

b) Demora del ciclo.

Quemaduras en el calentador o calentadores, con marca caliente. Areas de picado en el cilindro, boquillas, válvula de la boquilla o válvula check del cilindro.

c) Calor en la etapa de Arranque.

Remover cuidadosamente la boquilla y limpiarla. Cobre, Bronce, pueden degradar la resina, al ponerse en contacto con ésta. Uso de aditivos o colorantes no especificados harán lo mismo. La contaminación del Polioximetileno con materiales extraños, tales como PVC u otros, que contengan cloro.

V.- CONSIDERACIONES EN DIMENSIONES

Las piezas moldeadas con Delrin tienen buena estabilidad dimensional, sobre un amplio rango de condiciones fuertes y extremas.

Como con todos los materiales de construcción, desde luego hay muchos factores que afectan la estabilidad dimensional de las piezas elaboradas con Delrin, las cuales se fabrican bajo normas estrictas de tolerancia.

Los cambios dimensionales pueden resultar, de una disminución del volumen después del moldeo, la cual dependerá de las condiciones del moldeo; y aún más, las dimensiones de las piezas pueden ser afectadas durante los cambios de todo el proceso. Los factores que afectan los cambios dimensionales, deben ser evitados para asegurar un perfecto ensamble de piezas.

Dimensiones fundamentales.

Las dimensiones de las piezas moldeadas, están gobernadas por la interacción de varias variables, que se describirán en los párrafos siguientes.

La resina es inyectada dentro de la cavidad del molde bajo presión. Como las piezas externas solidifican, disminuyen su volumen, haciendo posible que entre más material dentro del centro, a una porción interna de la pieza hasta que enfría en la compuerta. Cuando la compuerta enfría, se previene la entrada de resina a la cavidad. Un peso definido de resina es aislada dentro de la cavidad bajo presión. Luego el proceso de enfriamiento determina el tamaño de la pieza.

La cantidad de resina que es forzada dentro de la cavidad depende de la presión. Así, las partes producidas a alta presión son en general más grandes que las producidas a baja presión, ya que la fuerza aumenta en la densidad de fusión, dando un mayor relleno. De otra manera, como la temperatura de fusión aumenta, la densidad de fusión disminuye. Las partes moldeadas a temperaturas de fusión altas, serán menores, a menos que se disminuya la temperatura de fusión en el calenta

dor.

En el caso de muchos plásticos, incluyendo el Delrin, un factor adicional como lo es la cristalización, disminuirá el peso en el molde. En el estado fundido, las cadenas de polímeros están en una masa desordenada, consecuentemente, cuando el termoplástico cristalino tal como la resina Acetal-Delrin, Nylon o polietileno solidifica en el molde, las moléculas se arreglan parcialmente por sí mismas en un estado ordenado cristalino. Dependiendo del grado de ordenamiento cristalino, las causas de rearrreglo incrementan la densidad del sólido sobre una esperada contracción térmica. Por esta razón, las piezas moldeadas de un termoplástico cristalino serán menores que las moldeadas con una resina amorfa, las cuales disminuyen su peso debido a contracción térmica.

De hecho, la solidificación de la resina cristalina se lleva a cabo rápidamente y el arreglo final de las moléculas muchas veces no es óptimo. Variaciones en la estructura cristalina pueden entonces causar diferentes pérdidas. El nivel más bajo de máxima densidad cristalina depende de dos causas: Un mejor conocimiento de la orientación del flujo. Las moléculas grandes tienden a alargarse durante el llenado del molde. Esto ocurre en un molde que tiene un grande y estrecho camino de flujo. Cuando tales moléculas empiezan a enfriarse en el lugar, una gran tensión residual se desarrolla en las partes moldeadas.

La segunda causa menor, es que el rearrreglo molecular también resulta de un enfriamiento rápido en la cavidad. Las moléculas que entran no están en posición alargada, pero porciones de ellas pueden estar completamente retorcidas. Las diferencias en el calor removido de una sección delgada y densa de las piezas del molde, dan como resultado una estructura cristalina diferente.

En el ciclo de moldeo, el centro de la parte densa permanece largamente fundida y la cristalinidad aumenta, permitiendo un decaimiento en las tensiones internas. Ambos factores pueden dar una alta disminución de peso, que ocurre cuando las piezas delgadas se procesan bajo las mismas condiciones.

El efecto de la espesura de la pieza sobre la disminución de peso en el molde, puede ser minimizado aumentando la espesura de la compuerta, para permitir un efectivo relleno de la cavidad. Usualmente una pérdida de peso alta indica un relleno inadecuado, el cual es frecuentemente causado por las compuertas que son pequeñas, mal localizadas o de una inadecuada inyección o también de un tiempo de tornillo adelantado.

La pérdida de peso en el molde, es también controlada por la temperatura de la cavidad durante la solidificación de la resina fundida.

Una cavidad fría, enfría la resina más rápidamente y las piezas resultantes son más grandes que otras en un molde caliente. Controlando la velocidad de transferencia de calor por variación de temperatura en la cavidad, se obtiene una significativa preservación de la pérdida de peso en el molde dentro de un rango deseable.

Otra consideración en la estabilidad dimensional de las partes, es que los cambios de dimensionamiento en el moldeo, pueden ser reversibles e irreversibles. Cambios reversibles, resultan de una expansión térmica o una contracción. También pueden ocurrir, debido a una variación en la mezcla o en el solvente. Las partes pueden ser diseñadas y moldeadas para tener cambios reversibles.

Debe tomarse en cuenta, que las tolerancias requeridas para un cumplimiento satisfactorio de la pieza no deben estar muy ajustadas, y que las variaciones causadas por las condiciones al final del uso de la pieza, deben ser mayores que las tolerancias de moldeo.

Los cambios irreversibles en las dimensiones de la parte moldeada, toman lugar cuando las moléculas enfriadas en una condición inestable se mueven a un estado estable.

Aprovechamiento básico ajustando la cavidad.

El proceso de pérdida de peso que empieza en el molde, y el cual puede continuar en la componente ensamblada, es el mismo y es el típico de todos los termoplásticos cristalinos. Este proceso es el mismo e incluye el rearrreglo y progresión

de la tensión relajante a un punto de equilibrio donde los cambios no tengan ningun efecto. El tiempo para llegar a este punto de equilibrio es controlado por las condiciones de moldeo. Consecuentemente las tolerancias dimensionales requeridas son la base para el diseño de la pieza y también para el diseño y operación del molde.

Los factores en los cambios irreversibles de peso que resultan en la pérdida total de peso, son usados en el ajustamiento de la cavidad, y se expresan así:

$$S_t = S_{pm} + S_m$$

donde:

S_t = Pérdida de peso total a partir del tiempo de llenado de la cavidad a través de la vida útil de la pieza.

S_{pm} = Pérdida de peso de moldeo debido a los efectos irreversibles que rodean el proceso.

S_m = Medida de la pérdida de peso en el molde a la temperatura de expulsión.

La pérdida de peso en el molde (S_m), es el factor más grande de la ecuación y puede ser de 75 a 95% de la pérdida total (S_t). Pero considerando el 5.25% de pérdidas en las condiciones del proceso, puede ser más crítica y puede resultar una pieza menor. La temperatura del molde controla la magnitud S_{pm} .

El primer paso en el ajustamiento de la cavidad debería ser determinado por la contracción admisible después del moldeo (S_{pm}). Basado en esto, seleccionamos la temperatura a la cual va a ser operada la cavidad durante el moldeo, para controlar el encogimiento después del moldeo. Cuando la temperatura de moldeo ha sido escogida propiamente, la pérdida de peso en el molde puede ser estimada, pudiéndose calcular la pérdida total de peso. Todos estos requerimientos deben ser aprovechados por el que va a usar la pieza de Delrin, el moldeador y el constructor. Esto nos permitirá tener una mayor seguridad

si la parte va a ser pintada, y que la pieza de buen servicio.

Contracción después del moldeo a temperatura de almacenamiento.

Cuando la contracción en el molde (S_m), ocurre en la cavidad y la pieza alcanza la temperatura de almacenamiento, la contracción puede ocurrir al pasar el tiempo.

Como se ha discutido previamente, la temperatura del molde es una influencia primaria que controla la contracción después del moldeo. Moldes calentados a 200°F o a una temperatura más alta en la superficie de la cavidad, tienen el efecto más grande en la estabilidad térmica de las dimensiones, reduciendo la contracción después del moldeo (S_{pm}), a una cantidad insignificante.

La figura 42 ilustra la ventaja de usar una temperatura alta de moldeo para reducir la contracción después del moldeo, a la temperatura de almacenamiento. Nótese que las partes fuera de 200°F , tienen solamente una contracción de 0.0007 in-in, después de 5 años. Extendiendo la curva a 10 años, indica que ocurre menos de 0.001 in-in de contracción.

En contraste, la estabilidad de las piezas en un molde frío a 85°F , es vista en la fig. 42. De una hora a un año, la contracción es de 0.004 in-in. Más aún, las piezas después de 6 semanas, se han contraído 0.003 in-in. Como consecuencia de esto, el comprador puede rechazar las piezas si el tiempo de entrega es tal, que éstas se han contraído, perdiendo las especificaciones requeridas. Las figuras 42 y siguientes, están graficadas en términos de la relación in-in y no de la contracción total.

Las relaciones de dimensiones son útiles, pero deben ser correctamente aplicadas ya que puede haber errores.

Por ejemplo, en una pieza de 2 in de longitud, la contracción es de 0.020 in-in y la contracción total será de 0.040 in-in.

Efecto del espesor de la pieza en contracciones posteriores al moldeo.

Como la temperatura del molde controla la velocidad de enfriamiento y consecuentemente, la afectará la contracción posterior al moldeo (Δ_{pm}). Esta contracción, es también afectada por el espesor de la pieza. Esto es debido a que piezas de diferentes espesores, enfrían a velocidades diferentes. El efecto de la contracción en el espesor de la pieza se ve en la fig. 43. La contracción de las piezas fue medida de una hora a un año fuera del molde. Luego se graficó la contracción contra el espesor de la pieza a dos temperaturas de molde (160 y 200°F). Nótese que las piezas delgadas tienen una mayor contracción que las piezas gruesas a la misma temperatura de molde. El calor es removido más rápidamente de las piezas delgadas -en el molde- que en las piezas densas. Consecuentemente, EL USO DE UNA TEMPERATURA DE MOLDE ALTA, es imperativo para controlar la velocidad de transferencia de calor, y a su vez es mínima la contracción después del moldeo a la temperatura de almacenaje, con piezas de paredes delgadas.

Encogimientos posteriores a temperaturas elevadas.

Reduciendo la velocidad de enfriamiento de la resina durante la operación de moldeo, también se estabilizan las dimensiones a temperaturas elevadas. La magnitud de los cambios dimensionales, depende de la temperatura y del tiempo de exposición.

La reacción dimensional, es el resultado del proceso de rearrreglo molecular, que causa un cambio dimensional lento, a la temperatura de almacenaje. A temperatura alta, el proceso es acelerado. La fig. 44 muestra la contracción de las piezas en las cavidades frías y calientes, expuestas a temperaturas altas de aire. Estos datos fueron obtenidos a cuatro diferentes temperaturas. Cada pieza medida a diferentes temperaturas con horno de aire circulante.

Los hechos más significativos, ilustrados por la fig. 20 son:

A) Una buena estabilidad de las piezas a una temperatura de

Fig 42

CONTRACCIÓN TOTAL DEL Detein
A LA T° DE ALMACENAMIENTO.

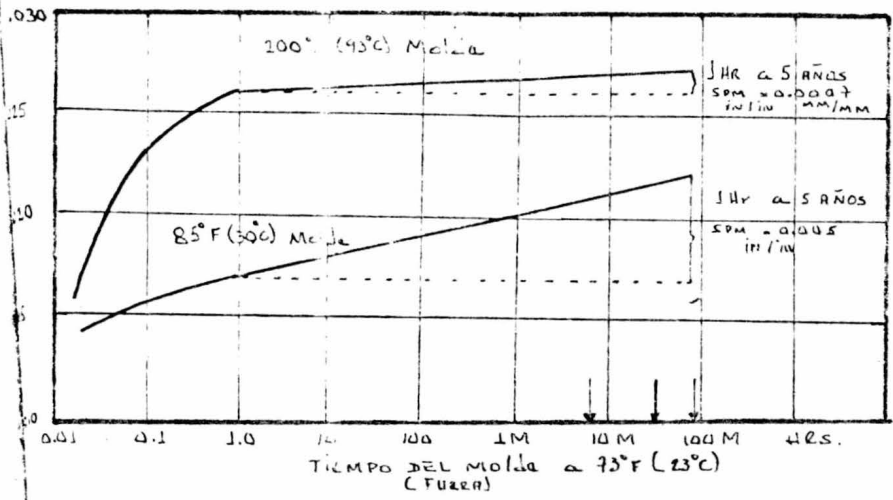


Fig 43

EFFECTO DEL ESPESOR DE LA PIERA A LA T° DE
ALMACENAMIENTO sobre la CONTRACCIÓN DE Detein.

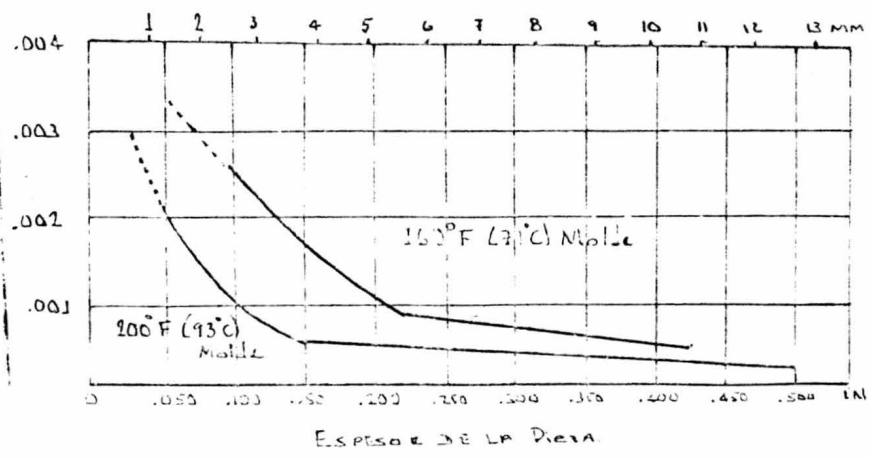


Fig. 44

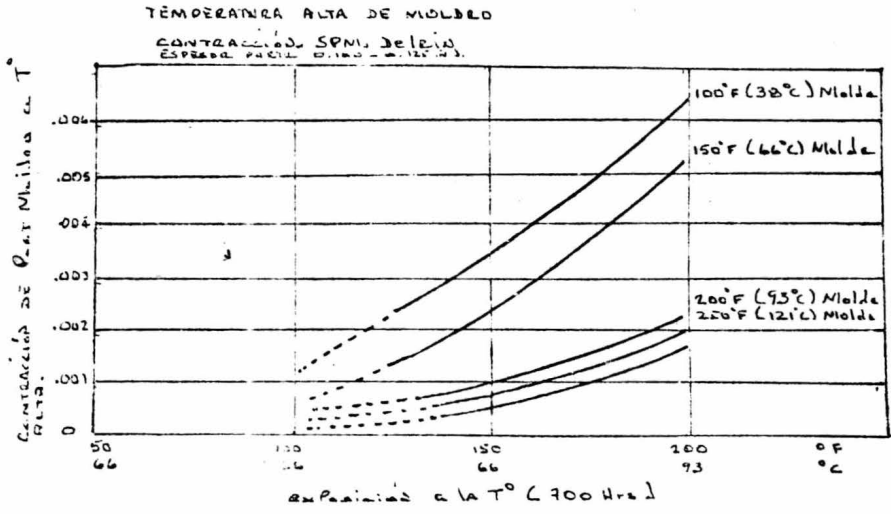


fig 45

TAMAÑO DESPUES DE ALMACENADO
A 23°C (73°F).

ESPEZOR DE PIEZA	TIEMPO FUERA DEL MOLDE : 3hr	24hr	3 AÑO	T° MOLDE
0.050 in (0.126 mm)	2.585 in (58.579 mm)	2.384 in (58.554)	2.380 in (58.439 mm)	200°F (93°C)
0.125 in (3.18 mm)	8.290 in (210.566 mm)	8.288 in (210.546 mm)	8.281 in (210.491 mm)	200°F (93°C)
0.200 in (5.08 mm)	1.883 in (47.818 mm)	1.882 in (47.818 mm)	1.882 in (47.793 mm)	200°F (93°C)
0.250 in (6.32 mm)	16.276 in (313.410 mm)	16.264 in (313.110 mm)	16.264 in (313.110 mm)	150°F (65°C)
0.500 in (12.64 mm)	8.569 in (217.663 mm)	8.568 in (217.638 mm)	8.568 in (217.658 mm)	200°F (93°C)

CONTRACCIÓN in/in mm/mm

TEMPERATURA MOLDE	MOLDE	DESTEMPLADO	Molde y Destempe
100°F (38°C)	0.015	0.011	0.026
150°F (65°C)	0.016	0.010	0.026
200°F (93°C)	0.023	0.006	0.029
250°F (121°C)	0.030	0.004	0.034

DESTEMPLE EN ACEITE CON UNA TEMPERATURA de 320°F (160°C) 20 minutos.

fig 46

200 y 250°F para el uso o almacenaje.

B) Aunque el proceso de templado mejora la estabilidad dimensional de las piezas producidas a cada temperatura de molde, el mejoramiento no fue significativamente mejor que los especímenes no templados a 200 y 250°F en los moldes.

Los datos graficados en la fig. 20, a partir de las formas simples examinadas, demuestran la magnitud de los cambios dimensionales que pueden ser encontrados. Los cambios pueden ser de mayor o menor importancia, dependiendo de las dimensiones totales de las piezas y de las tolerancias permitidas. Ciertamente el efecto de la temperatura de molde es importante. Si las piezas van a ser usadas a temperaturas altas y si las dimensiones son críticas, se sugiere estrictamente, hacer una estricta prueba simulada, bajo estas condiciones, con prototipos. Esto es parcialmente verdadero, para piezas con una geometría compleja.

Estimación de la contracción en el molde (S_m).

Una vez entendido todo el proceso de Delrin, con las temperaturas seleccionadas, es ahora posible seguir un proceso lógico, para determinar todos los factores de contracción, de los cuales dependerá el ajuste de la cavidad.

Habiendo determinado la contracción admisible después del moldeo (S_{pm}), y la temperatura requerida en el molde, el moldeador puede ahora determinar la contracción en el molde (S_m), siendo el segundo factor de la ecuación para estimar la contracción total durante el moldeo y la vida de la pieza después del moldeo. El método para estimar la contracción en el molde (S_m), usualmente resulta en piezas con las dimensiones requeridas.

Los nomogramas de la fig. 48, para unidades térmicas, así como la fig. 46 que estiman la contracción en el molde, fueron hechas mediante un programa de análisis dimensional, del moldeo de Delrin. Los nomogramas relacionan la contracción en el molde, combinando los efectos del espesor de la pieza y el área de compuerta a una temperatura promedio de molde de 200°F y una presión de inyección de 15,000 a 20,000 psi y a una tem

peratura de fusión de 410°F. Más aún, se debe hacer énfasis en que la validéz del nomograma también asuma, que el espesor mínimo de la compuerta es igual a la mitad del espesor de la pared, y que la inyección o el tiempo de funcionamiento del tornillo, es igual al tiempo requerido para que se enfríe la compuerta.

Recalcando los fundamentos, ambas, espesor de la compuerta y presión son significativos en la determinación del volumen de la resina bombada dentro de la cavidad antes del cierre de la compuerta. El nomograma es construido, sobre la base de una presión hidráulica de 15,000 a 20,000 psi. Las medidas de presión en la cavidad cuando se moldea Delrin, han indicado que hay aproximadamente 0.0025 in-in menos contracción en el molde, por 1000 psi de aumento de presión en la cavidad.

Por lo tanto, aumentando la presión hidráulica a 17,500-20,000 psi para el ejemplo de la fig. 22,23, causará una reducción considerable en la contracción estimada. Suponiendo una pérdida del 20% en la presión transmitida a la cavidad, en el caso de una máquina de tornillo, el incremento a 20,000 psi en la presión hidráulica causaría una reducción aproximada de 0.005 in-in y la contracción en el molde sería de 0.020 in-in.

Usando compuertas más grandes que las sugeridas, combinadas con una presión alta, la contracción de 0.019 in-in ó menor, es de esperarse. Hay que tomar en cuenta, que el beneficio de las compuertas más grandes, está frecuentemente balanceado por la necesidad de ciclos más grandes de moldeo, para asegurar el cierre de la compuerta.

La contracción en los moldes de 0.002 a 0.004 in-in ó mayores, se pueden esperar cuando se moldea Delrin 100, bajo las mismas condiciones. Aumentando el espesor de la compuerta, se pueden estimar los mismos factores de contracción para Delrin 500 y 900. Contracciones equivalentes en los moldes, pueden ser satisfactorias para moldear a altas presiones.

En la práctica, las contracciones en los moldes pueden variar, en valores ya establecidos en los nomogramas, por las siguientes razones:

- 1.- Una máquina pequeña que no se ajusta al llenado y veloci-

dad de producción.

- 2.- Insuficiente capacidad de abrasado.
- 3.- Temperaturas de fusión demasiado altas o bajas.
- 4.- Inyección o tiempo de acción del tornillo más corto que el tiempo de sellado de la compuerta.
- 5.- Un enfriamiento rápido o una compuerta demasiado delgada.
- 6.- Operando con una temperatura de molde que no sea de 200°F.
- 7.- Descuido en el control de temperatura de las cavidades.
- 8.- Mala colocación de la compuerta para el llenado del molde.

Aunque la estimación de la contracción en los moldes no pueda ser controlada, sobre las variables antes descritas, se pueden evitar moldeando las piezas a condiciones preferentes.

Selección del espesor de la pieza.

Como la contracción es una función del espesor de la pieza, para estimarlo, hay que seleccionar el espesor que controla la contracción. Para piezas de espesor uniforme, no hay problema. Para partes que comprendan segmentos de diferentes espesores, cada segmento gobernará la contracción en cada sección. Así, S_m para el ajustamiento de la cavidad, debería ser calculado, con el nomograma, para cada segmento de espesor diferente. Para geometrías tales como engranes, de diferentes diámetros moldeados alrededor del centro del fondo, la contracción diametral de cada sección del engrane será controlada por el espesor mínimo de cada sección.

Selección del área efectiva de compuerta.

Para compuertas rectangulares, circulares o de túnel, el área seccional transversal, será el área a usar en el nomograma. Seleccionando el área efectiva de compuerta, para el bebedero, diafragma o puertas de anillo, el área no se podrá usar con el nomograma. El área efectiva de este tipo de compuertas, deberá ser calculada por el factor $3t^2$, donde t es el espesor de la pieza enfriada, y el más separado del flujo de la cavidad. Las áreas calculadas por este método, han dado factores de contracción consistentes con las medidas actuales de las

piezas.

Estimación del diámetro interno y externo.

Para anillos, chumaceras y geometrías similares, la contracción relativa en los diámetros externos e internos lo dá la velocidad relativa del calor transferido a la cavidad y la fuerza de las superficies. La contracción estimada por el diámetro promedio de una pieza, es más exacta que considerando diámetro externo o interno, por las diferencias en el calor re movido de la cavidad, y las fuerzas de la superficie.

Temperatura propia de molde.

Operando a una temperatura de molde diferente a aquella que se tomó en cuenta para el diseño del molde, puede dar como resultado piezas fundidas que no estén de acuerdo con el tamaño especificado. Diferencias amplias en la temperatura de molde, pueden causar error en el tamaño de la pieza; corrigiéndolo por ajustes de presión o ciclo. Dependiendo de los requerimientos de aplicación, es deseable operar el molde a otras tem peraturas de 200°F, que es la base del monograma. Un factor de corrección de ± 0.020 in-in por cada 25°F de temperatura de molde, puede ser usada. Arriba de 200°F, el factor es sumado; abajo de 200°F, se resta.

Encogimiento alrededor de insertaciones.

Las contracciones en el molde de Delrin 500 y 900, alrededor de las insertaciones, parecen seguir las mismas reglas generales de la contracción de la pieza contra el espesor.

El espesor de los materiales alrededor de las insertaciones y la velocidad de enfriamiento en los moldes, gobierna la contracción. El cracking puede ocurrir en las insertaciones del moldeado, en partes de Delrin, como en otros plásticos. No es posible generalizar con respecto al espesor requerido alrededor de las insertaciones, para evitar el cracking. Por lo tanto un programa de pruebas debería ser hecho, para rectificar el uso de las piezas insertadas en el moldeo de Delrin.

La experiencia indica, que las siguientes sugerencias pueden ser usadas cuando existen problemas de cracking.

- 1.- Se pueden hacer insertaciones a 200°F.
- 2.- Se pueden usar temperaturas en las cavidades de 200°F.
- 3.- Las insertaciones deben estar limpias.
- 4.- Las insertaciones no deben tener esquinas, y cualquier imperfección debe estar redondeada.
- 5.- Se deberá usar Delrin 100.

Si el cracking no se puede evitar, por el uso de las medidas antes mencionadas, las consideraciones se deberán hacer para un prensado o insertaciones de filamentos después del moldeo.

Tolerancias.

El moldeo por inyección está sujeto a variaciones dimensionales de pieza a pieza. Cuando los componentes moldeados deben ser llenados con otros componentes, se ha visto que las tolerancias específicas son la tarea principal del moldeador.

Para encontrar las tolerancias específicas en el moldeo, estas consideraciones se deben tomar al empezar el diseño del molde. El molde recibe más importancia en este aspecto, a medida que el número de cavidades se aumenta. Para un sistema de múltiples cavidades, cada cavidad debe ser idéntica a las otras. La compuerta de cada una debe ser precisamente dimensionada y maquinada, para asegurar que cada cavidad se llenará con la misma cantidad de resina. La localización de la compuerta, puede ser crítica para asegurar el llenado de todas las cavidades de la pieza a una velocidad uniforme. Los corredores deben estar bien diseñados, de tal manera que el flujo fluya lo más uniforme posible. De hecho, la contracción en los moldes depende en mucho de la velocidad de enfriamiento de la resina, debiendo existir una temperatura uniforme en el molde, sobre todas las superficies de las cavidades simples, así como en todas las cavidades. El proceso de moldeo por inyección, puede ser considerado como una operación de estado permanente, interrumpido regularmente para controlar adecuadamente el tiempo de secuencia.

A partir de un tiempo exacto o uniformidad en cualesquiera de las variables de los procesos desordenados, en las condiciones del estado estacionario, lo cual resultaría una pobre

reproductibilidad de pieza a pieza.

Consecuentemente, es imperativo que las variables específicas de operación sean controladas tan rigurosamente como sea posible, si se están obteniendo las tolerancias deseadas. Esto incluye variables como velocidad de alimentación de la resina al cilindro, temperatura de fusión y velocidad de la corredera, del tornillo, presión y ciclo completo.

Las tolerancias se pueden resumir en:

- 1.- Tolerancias refinadas, que no deberán ser especificadas para partes que tengan bruscas variaciones de espesor de pared.
- 2.- Las tolerancias no deben ser concluyentes en el buen rendimiento de las piezas.
- 3.- tolerancias sobre diversas dimensiones de las piezas, dan como resultado un aumento en el costo.
- 4.- Las tolerancias no deberán ser especificadas através de la línea de partición, ni para partes formadas por machos móviles o engranes.

El uso del Apéndice de flujo (fig. 44) es de mucha utilidad, para mantener una operación consistente. El Apéndice de flujo, es hecho maquinando ranuras tan grandes, que el flujo esperado este cercano a 0.25 in de ancho y 0.035 in de espesor, extendido fuera del corredor.

Como en el caso de cualquier proceso de fabricación, las tolerancias más fuertes y más complejas, aumentan el costo de fabricación. La fig. 44 da una sugerencia para las tolerancias dimensionales para piezas de plástico. Basándose en la experiencia, la habilidad de Delrin para dar una reproductibilidad de pieza a pieza, se muestra en la fig. 49-50. Las muestras fueron tomadas de una corrida rutinaria, sin olvidar las condiciones de mantenimiento para una óptima uniformidad dimensional.

Temple de la máquina para especificaciones en dimensiones.

Las dimensiones de las piezas, son comunmente medidas 24 horas después de su expulsión del molde. Este intervalo de tiempo puede no ser satisfactorio en todos los casos. Como se ve en la fig. 18, solamente piezas calentadas a 200°F en el molde,

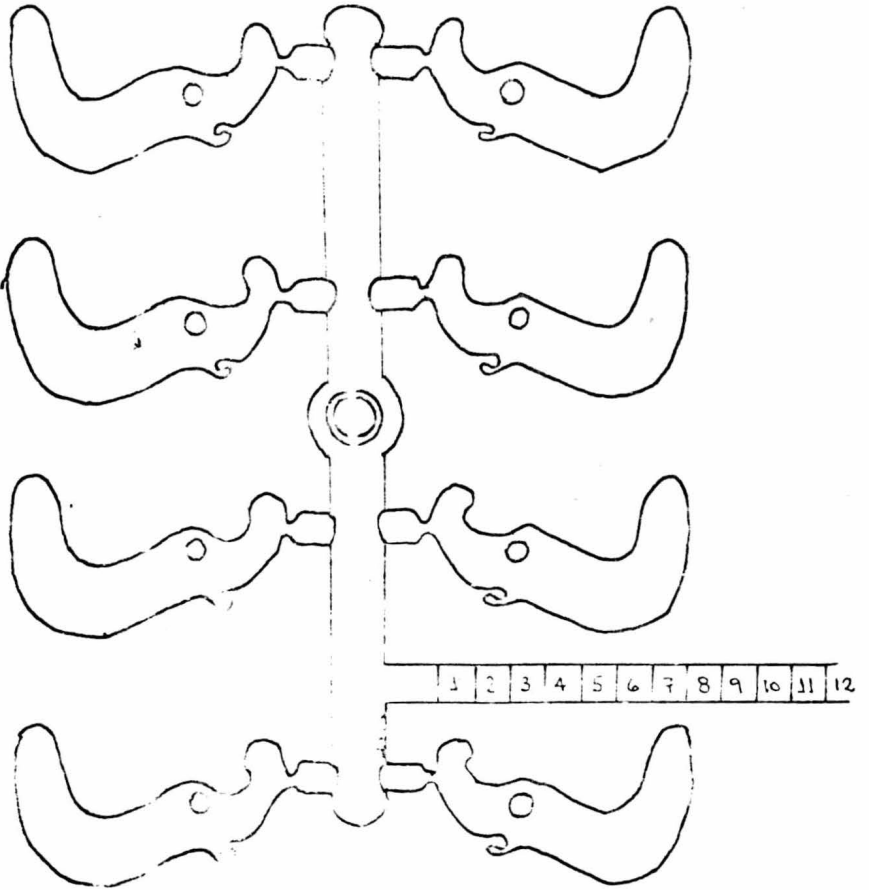


FIGURA 4B

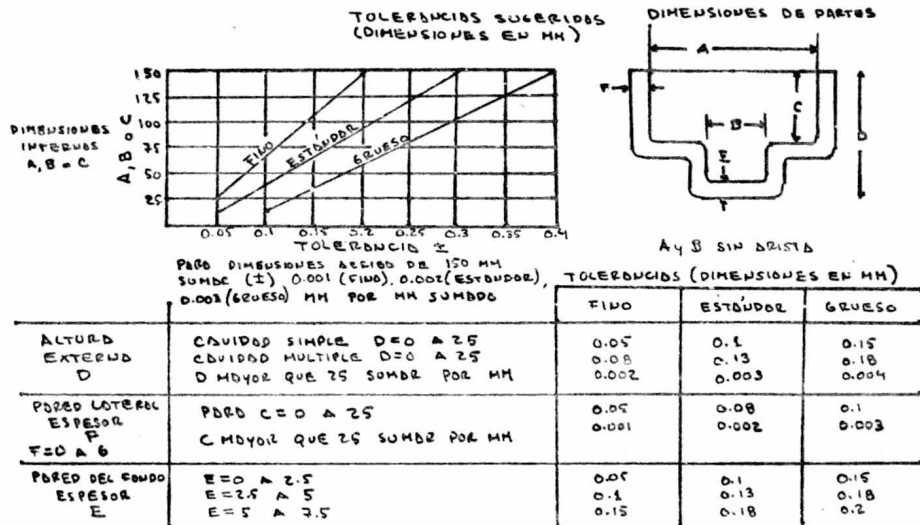
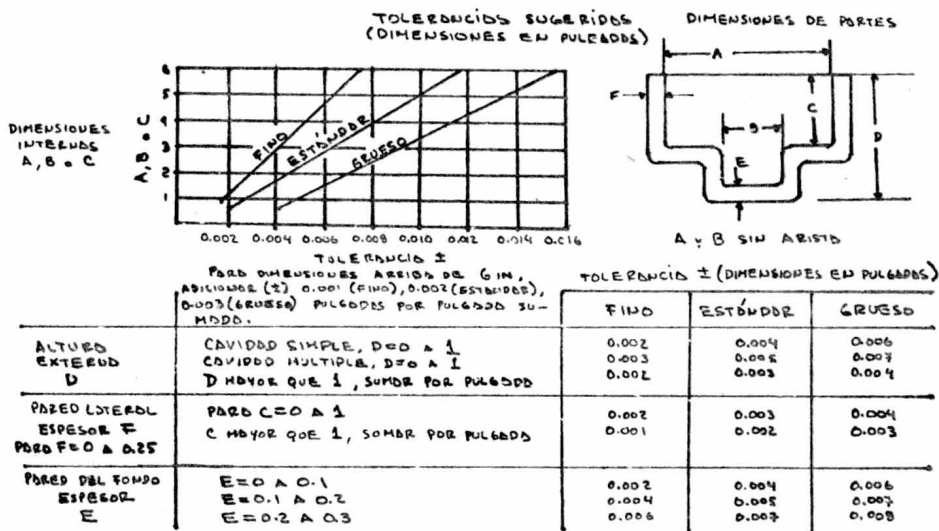


FIGURA 49

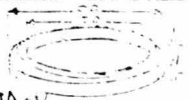


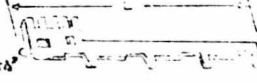
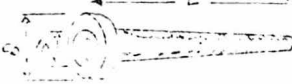



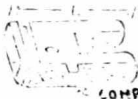
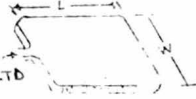
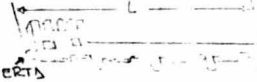
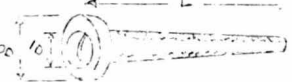
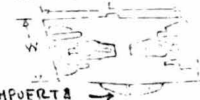

CONTROL DIMENSIONAL PARA PARTES DE DELRIN (UNIDADES BRITÁNICAS)				
PARTE	TIPO	DIMENSIONES (PULGADAS)		TOLERANCIAS DE PRECISION SUGERIDAS (PULGADAS) ±
		VALOR PROMEDIO	VARIACION DIMENSIONAL TOTAL ±	
 COMPUERTA 100 PARTES MEDIDAS PESO: 19.85 g	Ø D H ALTURA	0.941 0.941 0.2775	0.004 0.004 0.007	0.004 0.004 0.003
 COMPUERTA 50 PARTES MEDIDAS PESO: 2.0 g	L-CAVIDAD A L-CAVIDAD B L-CAVIDAD C L-CAVIDAD D	0.975 0.975 0.953 0.953	0.0005 0.0015 0.001 0.0005	0.002 0.002 0.002 0.002
 COMPUERTA 50 PARTES MEDIDAS PESO: 103.5 g	LONGITUD ANCHO	6.945 4.42	0.0035 0.001	0.008 0.007
 COMPUERTA 50 PARTES MEDIDAS PESO: 1.0 g	LONGITUD	2.177	0.002	0.004
 COMPUERTA 50 PARTES MEDIDAS PESO: 35 g	LONGITUD	7.11 7.11 7.11	0.01 0.005 0.005	0.005 0.004 0.004
 COMPUERTA 16 PARTES MEDIDAS PESO: 2.8 g	LONGITUD ANCHO	2.94 2.94	0.001 0.0005	0.001 0.001
 COMPUERTA 12 PARTES MEDIDAS PESO: 17.11 g	LONGITUD	7.08 7.08 7.08	0.001 0.0005 0.0005	0.003 0.017 0.003

FIGURA 50

CONTROL DIMENSIONAL PARA PARTES DE DELRIN (UNIDADES METRICAS)				
PARTE	TIPO	DIMENSIONES (MM)		TOLERANCIAS DE PRECISION CUBIERTOS (MM) ±
		VALOR PROMEDIO	VARIACION DIMENSIONAL TOTAL ±	
 COMPUERTA	Ø D.	70.05	±0.02	±0.02
	EP	12.7	±0.02	±0.02
 COMPUERTA	CAVIDAD A	12.7	±0.02	±0.02
	CAVIDAD B	12.7	±0.02	±0.02
	CAVIDAD C	25.4	±0.02	±0.02
	CAVIDAD D	25.4	±0.02	±0.02
 COMPUERTA	LONGITUD	125.02	±0.02	±0.02
	ANCHO	125.02	±0.02	±0.02
 COMPUERTA	LONGITUD	100.02	±0.02	±0.02
 COMPUERTA	LONGITUD	125.02	±0.02	±0.02
		125.02	±0.02	±0.02
		125.02	±0.02	±0.02
 COMPUERTA	LONGITUD	100.02	±0.02	±0.02
	ANCHO	125.02	±0.02	±0.02
 COMPUERTA	LONGITUD	125.02	±0.02	±0.02
		125.02	±0.02	±0.02
		125.02	±0.02	±0.02

tendrán estabilidad dimensional dentro de las 24 horas. Muchas piezas de Delrin, moldeadas a condiciones que dan una máxima estabilidad dimensional, se estabilizan en 1/2 ó 1 1/2 horas, después de la expulsión. Tales piezas pueden ser medidas, para determinar si hay que cambiar las condiciones de moldeo, para encontrar el tamaño especificado. Moldeando a condiciones de máxima estabilidad, se ahorra tiempo, sin necesidad de la espera de 24 horas.

Templado y temperatura alta de contracción.

Como se mencionó previamente, las moléculas en un sólido cristalino pueden ser enfriadas en una masa disociada. Los grados de disociación, inducen cambios dimensionales irreversibles durante la vida de la pieza. La tendencia del moldeo para soportar tales cambios dimensionales, dependen del calor transferido durante el enfriamiento, el cual es controlado por la temperatura del molde usada en la fabricación de la pieza. La magnitud de los cambios depende de:

- 1) La temperatura de exposición.
- 2) El tiempo de exposición.

Debemos recordar que el templado, reduce la cantidad de cambio inducido por la temperatura y el tiempo de exposición. Algunas veces el templado es considerado como un proceso por el cual el plástico es llevado a un estado completo de relajamiento, libre de todas sus tensiones internas. Por tal definición, el templado es un proceso ideal, pero en la experiencia se ha visto que esto no es tan cierto.

Comunmente el tratamiento con aceite caliente, utilizado para el templado, relajará las tensiones pero en una forma aislada. Así, los diferentes cambios dimensionales en las cantidades templadas, son de esperarse cuando se tiemplan piezas moldeadas bajo condiciones diferentes. Las partes moldeadas bajo diferentes condiciones, no son por regla general, llevadas al mismo tamaño por el templado, aunque ellas pueden acercarse al mismo tamaño.

Cuando se debe templar.

Por la selección de una temperatura de molde caliente, fue visto (fig 20), que un destemplado en piezas moldeadas, puede tener buena estabilidad dimensional, tanto como un templado en el molde. De hecho la necesidad del templado se debe al uso de moldes calientes, pero la pregunta es: ¿Cuándo debemos usar el proceso de templado?.

El templado puede ser una buena ayuda para corregir el tamaño de una pieza. Aquí también, los factores de contracción pueden haber sido usados; las piezas moldeadas quedan sobradas en dimensión, pero con el temple pueden ser llevadas a las dimensiones requeridas. El templado puede ser usado también ventajosamente para relajar tensiones que pueden ser inducidas por un enframamiento desigual, aligerando el bombeo.

Partes de geometría compleja, teniendo miembros estructurales de diferentes anchos de espesor de paredes, pueden tener aún un alto nivel de tensión al usar una temperatura alta en el molde. El templado puede ser útil para reducir tales tensiones, en las áreas críticas de las piezas. Donde hay una excesiva presión de inyección, se causa una sobre-empaquetación y áreas tensionadas; el templado puede mejorar las fuerzas de impacto en estas áreas.

La contracción aumenta con una temperatura alta de templado. Cuando se ha decidido que la operación de templado es necesaria, se debe hacer una selección apropiada de las condiciones de templado.

Procedimiento de templado.

El templado de Delrin puede ser hecho en aire o en aceite. En ambos casos, la temperatura media de templado deberá ser controlada dentro de una variación de $\pm 5^{\circ}\text{F}$.

Templado en aire.

Cuando se tiempla en aire circulante a una temperatura de 320°F , se observa una buena operación de conducción. Para una pieza de espesor arriba de 0.25 in aproximadamente, se requerirá para el templado, una temperatura de 320°F y 30 min. Por otro lado, se requerirán tiempos excesivamente largos para obtener

un templado equivalente a temperaturas bajo 320°F. El período de templado debe ser considerado desde el momento en que la pieza alcanza la temperatura deseada de templado, más el período propio de templado.

Templado en aceite.

Se puede templar en aceite, como en el Primol 355, Chevron blanco y Nujol. Los tiempos de templado son de 30 min., a una temperatura de 320°F ó hasta 3 1/2 horas a una temperatura menor, para obtener los mismos resultados. Se debe prevenir una buena agitación, un calor uniforme y evitar sobrecalentados.

Procedimiento de enfriamiento.

Cuando se tiempla en aceite, o aire, las piezas removidas del medio de templado, deberán ser enfriadas lentamente a una temperatura de almacenaje, sin alteraciones bruscas. Se pueden suspender al medio ambiente, hasta que se encuentren frías al tacto. Fig 51

Operaciones auxiliares.

Manejo del material.

La resina acetal Delrin puede ser empacada en bolsas de 50 lb de capacidad. La resina se maneja seca y no será necesario secarla antes del moldeo. Los polvos de la resina Delrin 100, 500 y 900 son lubricados con Acrawx. Se puede usar una tolva para cargar el Delrin.

Reproceso de la resina.

Espreadores y corredores se pueden usar en el proceso. El Delrin puede ser reprocesado muchas veces sin cambio apreciable en sus propiedades físicas. Lo que puede suceder con el uso de una resina reprocesada, dependerá de las condiciones utilizadas en el proceso, si hubo o no contaminación, si la resina tuvo una exposición normal con respecto al tiempo y la temperatura. Si las condiciones en la máquina fueron tales, que la resina fuese parcialmente degradada, el reproceso puede dificultarse.

Se sugiere mezclar la resina reprocesada con la resina

virgen, para asegurar un mejor rendimiento. El material reprocesado deberá ser guardado en recipientes secos y limpios. Cuando una pequeña parte de resina no virgen es añadida, es necesario lubricar la superficie para muchos trabajos de moldeo, pero comunmente no se añade lubricante para no dificultar el llenado.

Secado.

Aunque el secado de la resina virgen no se requiere, ya que el proceso es manejado normalmente sin el secado, estas sugerencias son hechas para excepciones: Las velocidades de adsorción de agua bajo varias condiciones, están dadas en la fig. 52. Si el reproceso o la resina virgen empiezan a contaminarse con agua, se secan fácilmente con aire circulante en 4 horas o menos a una temperatura de 185°F.

Coloreado.

El Delrin es útil en una línea completa de servicios que requieren exactitud dimensional, y puede ser perfectamente coloreado. Estos colores fueron probados de tal manera que la resina tuviese la mejor estabilidad, uniformidad y procesabilidad. Los datos que se han obtenido, demuestran que estos colores tienen bastante demanda para el área de mercado de Delrin y tienen una buena aceptación en el consumidor.

Para muchas piezas, la estabilidad de los colores de Delrin probará ser la mejor y prácticamente significa la producción más económica del coloreado de las piezas. Las composiciones coloreadas en general tienen las mismas propiedades que las composiciones naturales. Como es posible en muchos casos, puede haber diferencias. Ocasionalmente son notadas diferencias menores en flujo y contracción. Por esta razón, cuando una resina va a ser coloreada y va a ser usada la pieza, para que cumpla los requerimientos especificados es importante que la resina coloreada sea usada en corridas, para ajustar bien la cavidad.

Fig 50

CAMBIO DIMENSIONAL AMBIENTAL DE DELFIN.

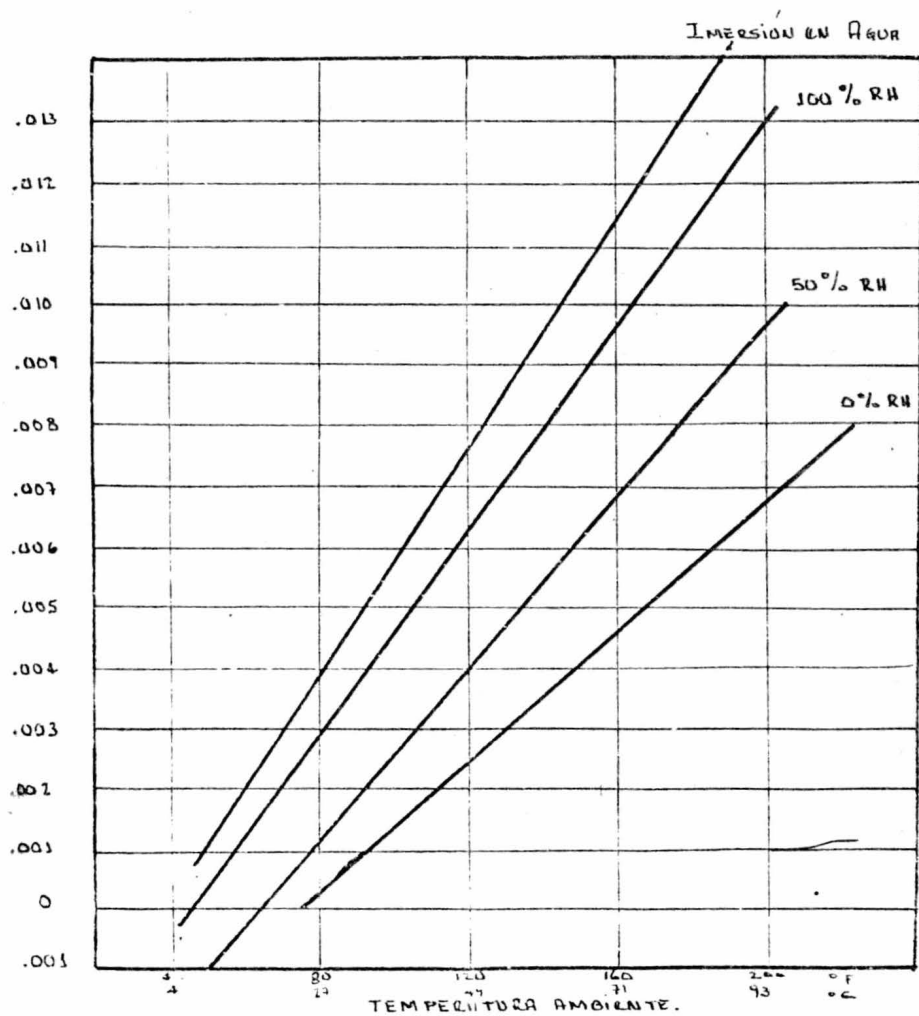
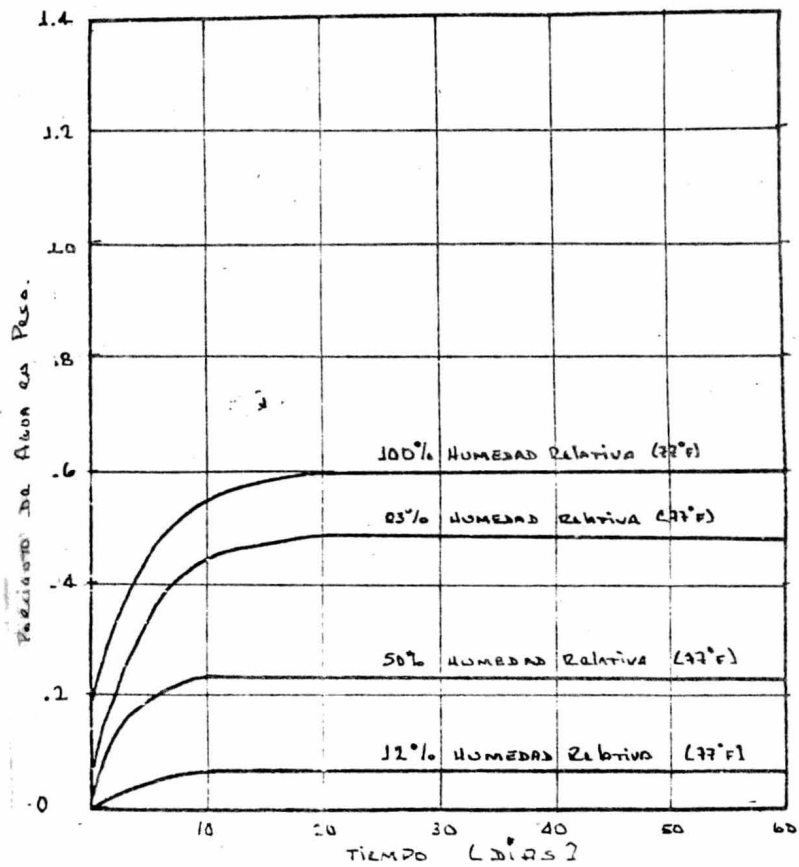


fig. 52

ABSORCIÓN DE AGUA A VARIAS CONDICIONES.



El Delrin puede ser coloreado en seco con pigmentos y moldeado directamente, o coloreado dentro del molde para una mayor uniformidad.

El equipo de inyección con tornillo da un mejor trabajo para mezclar y obtener un buen coloreado.

Los pigmentos sugeridos se enlistan más adelante. Estos son considerados satisfactorios usados en una concentración de 0.1% con excepción del Monastral de Dupont, que se limita a concentraciones de 0.0025%.) Muchos otros pigmentos fueron descartados, ya que originan descomposición durante el moldeo. Cuando se usan máquinas de extrusión o de tornillo, se pueden emplear altas concentraciones de pigmento.

Las siguientes sugerencias se pueden tomar como guía para el coloreado:

- 1.- Los tintes en general no son considerados satisfactoriamente. Cuando se quieran otros pigmentos inorgánicos, éstos deben ser probados antes de aceptarlos.
- 2.- Cuando se usen mezclas de pigmentos, la concentración total del pigmento se deberá limitar a un máximo dado en la tabla.
- 3.- Los pigmentos blancos y negros, son los más críticos en color y/o compatibilidad, por lo que se les sugiere usarlos solos.

VI.- OPERACIONES DE POST - MOLDEO

Tratamiento de la superficie para acabado satinado o semi--mate.

Tratamiento de la superficie para piezas de Delrin. Este artículo cubre los recientes desarrollos del tratamiento de superficie llamado "satinizado" el cual fue desarrollado en los laboratorios de la Dupont para simplificar la preparación de superficies de la resina acetálica Delrin en el proceso de aplicación de pintura o metalizado.

El proceso de "satinizado", Prepara la superficie de Delrin por medio de un tratamiento químico ligero para recibir pintura u otros revestimientos. El satinizado hace al Delrin extraordinariamente receptivo para baños de acabado y es una técnica práctica de cadena de producción para molduras de todos tamaños y -- formas, tales como las usadas en la industria automotriz. El uso del "satinizado" en la aplicación de pintura sobre Delrin, resulta que es en algunos casos superior a la pintura sobre plancha de acero. Los nuevos procesos hacen posible una considerable reducción en costo, cuando se comparan con métodos recomendados anteriormente para pinturas sobre Delrin.

Principios generales del proceso.-

El pretratamiento del satinizado produce puntos de anclaje uniformemente distribuidos sobre toda la superficie de la pieza. Esos puntos de anclaje son firmemente acabados o adhesivos. Este método de unión ofrece la posibilidad de cualquier acabado; sea pintura, laca o esmalte, sin necesidad de "primer". También permite el uso de adhesivos convencionales para la aglutinación de Delrin con diversos sustratos. El satinizado da mejores resultados que cualquiera de las técnicas de raspado mecánico seco o mojado, para producir superficies adherentes sobre Delrin.

Un componente de Delrin es preparado para el acabado o adherencia después de las cuatro etapas del proceso satinado. Existen

algunas variaciones en estas etapas, ya que el tiempo y la temperatura pueden ser variadas considerablemente para obtener los efectos deseados y para satisfacer y facilitar el manejo. La formulación para el baño empleado en el satinizado se da a continuación. También se describen las condiciones típicas apropiadas para la resina acética Delrin.

Formulación de satinizado.-

Ingredientes	Concentración (% en peso)
Kieselguhr	0.5
Dioxano	3.0
Acido para toluensulfónico (p-TSA)	0.3
"Perclene" percloroetileno	96.2

No se requiere ningún método preferencial para mezclar los ingredientes. El Kieselguhr, dioxano y p-TSA pueden ser combinados en una premezcla a la cual se le añade el perclene cuando se va a efectuar el satinizado.

Proceso de tratamiento.-

Etapas: Inmersión.

El artículo es sumergido en el baño por 10 a 30 segundos y de 175° a 250°F. El lavado de la pieza es simultáneamente acompañado por la acción desengrasadora del perclene. Esta etapa de inmersión, inicia la acción del satinizado. Las piezas no deberán tocarse unas con otras o con otros objetos excepto los ganchos por los cuales están sujetas.

Etapas: Acción química y Cocimiento.

Las piezas se pasan inmediatamente del tratamiento de inmersión a un horno de aire caliente ajustado a la temperatura de 100° a 250°F. Esta etapa completa el tratamiento de satinizado. El grado y la calidad del tratamiento son fácilmente controlados por el tiempo de exposición y la temperatura del aire. El máximo período de tiempo a 250°F deberá ser de 1 minuto. A bajas temperaturas, el tiempo en el horno debe ser ampliado para dar resultados comparables a 250°F por 1 minuto.

Etapa Tres: Deslavado con agua.

El deslavado con agua "apaga" la reacción química por enjuague químico de la superficie, se puede usar agua fría, aunque será más eficiente agua de 160° a 175°F. Un procedimiento conveniente es el de sujetar el artículo tratado momentáneamente en agua y entonces deslavarlo con un rociador de agua caliente. El lavado minucioso es esencial para conseguir una uniformidad suave, superficies bien satinadas las cuales son necesarias para producir acabados altamente reflectivos como en los tubos metalizados. Para la pintura de rutina, sin embargo, no será necesario remover las trazas de la formulación de satinizado.

Etapa Cuatro: Aire seco.

Ajustar la rapidez de secado para satisfacer el programa de producción. La rapidez depende de la temperatura del aire y de la humedad. Después del secado, el artículo está listo para su uso inmediato o para empacarlo y embarcarlo.

Precauciones.-

Agitación mecánica.

La uniformidad y la reproducibilidad de la superficie satinada depende del grado de mezclado en el tratamiento del baño. Por consiguiente, el baño debe ser continuamente agitado durante la etapa de inmersión (Etapa Uno) para asegurar una mezcla homogénea.

Ventilación.

El equipo usado en el proceso de satinizado deberá estar localizado en una área con ventilación forzada. Como los gases de formaldehído podrían ser desprendidos en las etapas de inmersión y calentamiento, la ventilación del baño y el horno deberá ser diseñada para vaciar cualquier gas en el área de trabajo.

La ventilación sobre el tratamiento del baño deberá ser bastante buena para eliminar los gases de formaldehído, pero también deberá ser controlada para prevenir pérdidas excesivas de percleno por evaporación. Una velocidad del aire sobre el tanque de 60 ft³/min fue probada como satisfactoria. Para el resto del área de trabajo una rapidez de eliminación de 150 a 200 ft³/min es la conve-

niente. La ventilación para la Etapa Dos y la Etapa Tres deberá ser separada por baffles (deflectores) apropiados, no obstante, para prevenir posibles retrocesos de agua arrastrada por la acción de la neutralización química durante el tratamiento de aire caliente.

Equipo.-

El diagrama esquemático muestra (ver ilustración), una disposición del equipo sugerida para la producción a gran escala. Para una producción que involucre menos piezas, fácilmente puede ser mucho más simplificado. Los artículos moldeados de todas las formas pueden ser tratados con el baño con los siguientes requerimientos mínimos:

- 1.- Un tanque conteniendo la composición del tratamineto equipado con calentadores de vapor o eléctricos, agitador y serpentines para condensación de vapor.
- 2.- Un horno de aire circulante o cualesquier otros medios de retención de piezas en aire caliente para completar la acción química.
- 3.- Un recipiente con conducto de desagüe para la inmersión de deslavado con agua, un sistema de deslavado por rociador de agua, o ambos.
- 4.- Un enrejado o mesa para el secado por aire a temperatura ambiente o una cámara apropiada para el secado rápido con aire caliente.
- 5.- El equipo de ventilación de tipo succión para remover trazas de benceno y formaldehído vaporizados durante las Etapas Uno, Dos y Tres.

Tratamiento de la superficie y revestimientos.-

El tratamiento de superficie de las piezas de Delrin está caracterizado por una distribución uniforme de resistentes picos y valles microscópicos los cuales proporcionan magníficos puntos de anclaje para la adherencia.

La claridad de esta superficie se distingue de otras superficies ásperas obtenidas por otros medios químicos o mecánicos.

A simple vista la superficie tiene una apariencia semimate, lo cual sugirió el nombre de proceso de satinizado.

La aspereza de la superficie puede ser controlada por las condiciones del proceso, el grado deseado depende de la naturaleza de la operación de adherencia señalada. El rango de valores de aspereza de 20 a 60 micropulgadas (medidas por el indicador de superficie Brush) puede ser producido por el satinizado. En este rango se garantiza una unión bastante fuerte de los adhesivos y cemento para ambos revestimientos. Se recomienda para obtener una brillantez parecida a la de la superficie de tubo metalizado, una aspereza de 20 a 30 micropulgadas. Para la aplicación de pintura y cementado, es deseable que el límite de aspereza sea alto. La textura de las superficies satinizadas, es controlada principalmente por la severidad del tratamiento de aire caliente descrito en la Etapa Dos.

Muchos tipos de acabados se adhieren fácilmente a la superficie de Delrin después de satinizado e incluyen:

- 1) Laca de nitrocelulosa.
- 2) Laca acrílica.
- 3) Esmalte alquídico.
- 4) Esmalte de poliuretano.
- 5) Esmalte epóxico y
- 6) Esmalte fenólico.

Estos revestimientos pueden ser de calidad comercial, formulada para servicios interiores o exteriores.

La resistencia al calor de Delrin hace posible el horneado a temperaturas generalmente usadas para metales. La laca acrílica, por ejemplo, es horneada a 250°F; que es una temperatura bastante baja comparada con los 338°F que se requieren para alcanzar el punto de distorsión de Delrin.

La calidad de la superficie se aprecia mejor por la fuerte ad-

herencia seguida de la aplicación del acabado. Los revestimientos sobre la superficie satinizada de Delrin se adhieren extraordinariamente después de la aplicación del aire a 250°F del horno. Las películas de pintura tienen del mismo modo una fuerte adherencia después de 100 horas de exposición al aire a 100°F y 100% RH. La retención del color y lustre es excelente después de las pruebas de intemperismo acelerado.

Las propiedades mecánicas de Delrin permanecen inalterables después del satinizado. La experiencia indica que materiales de construcción tales como hule neopreno, acero enchapado con cadmio, fierro forjado, acero dulce y acero inoxidable no son afectados o dañados por el tratamiento del baño. Consecuentemente, los insertos de estos materiales en las piezas moldeadas no son dañados durante el proceso. Los consumidores lo recomiendan por la conducta que presenta ante las pruebas a que se somete.

Fórmula para la durabilidad de Delrin.-

El satinizado de Delrin es económico así como eficiente para los propósitos a que se destina. Pequeñas cantidades como 0.3 onzas de los ingredientes activos (Kieselguhr y p-TSA) son consumidas por 100 ft² de superficie tratada. La estabilidad de la fórmula es excelente y económica siguiendo las consideraciones que se mencionan:

- Mantener el enfriamiento fijo en el tratamiento del tanque empleando el mismo tipo de control recomendado para la operación de desengrasado en los baños de líquido-vapor.

El control óptimo de condensación, minimiza las pérdidas de vapor del percleno.

- Controlar la aspiración de aire del equipo de ventilación para prevenir excesiva vaporización del percleno y pérdidas por arrastre.

- Controlar las temperaturas dentro de los límites recomendados.

- Evitar la contaminación en el baño del tratamiento debida a aceites, silicones o grasas (lubricantes de moldeo), los cuales pueden causar marcas localizadas de pobre adherencia en el acabado.

5.- Checar la actividad de la fórmula periódicamente por medio de:

a) Pruebas de adherencia sobre partes terminadas.

b) Análisis químico:

(1) Análisis del porcentaje de p-TSA - Titular con hidróxido de sodio (NaOH) estándar.

$$\% \text{ p-TSA} = \frac{(\text{ml NaOH} \times \text{N.F.}) \times 172}{W \times 10}$$

donde: ml= mililitros de NaOH.

N.F.= factor de normalidad del NaOH.

W= peso de la muestra.

(2) Porcentaje de Kieselguhr - Evaporar el peso conocido de la muestra por secado para determinar el peso del residuo.

$$\% \text{ Kieselguhr} = \frac{\text{peso del residuo}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

Antes de tomar muestras para el análisis, se adiciona percleno hasta el nivel original del líquido en el baño para compensar las pérdidas por evaporación. La cantidad de p-TSA calculada que se adiciona al baño será combinada con diez veces su cantidad de dioxano para la solubilización completa del ácido.

Defectos de superficie, jaspeado o supercrisis.-

El satinizado como un medio de hacer adherente al Delrin, también altera su superficie de manera que absorbe fácilmente el agua. Por lo tanto, la efectividad del tratamiento puede ser fácilmente apreciada observando la mojabilidad de la superficie tratada. Una superficie completamente mojable se aprecia cuando después de la inmersión de la pieza, el agua residual forma una capa continua, la cual se escurre y seca uniformemente sin romperse o encogerse en la superficie. Si el tratamiento es insuficiente o diparejo se nota por esta prueba o por pruebas de adhesión actuales. Si la superficie áspera de la pieza está fuera de los límites deseados, se sugieren las medidas siguientes para corregir el problema:

Problema	Causa probable	Acción correctiva
Áreas localizadas de pobre adherencia.	Contaminación en el baño por el desmoldante de silicona.	Eliminación de la fuente.
	Contaminación polimérica de los moldes en la operación de moldeo.	Eliminación de la fuente.
	Depósitos de la formulación de satinizado que protegen la capa inferior de la acción química de secado de la Etapa Dos.	Elevar la temperatura en el tratamiento del baño para vaporizar todo el líquido de la parte anterior (Etapa Dos).
	Mezclado pobre.	Mayor rapidez de agitación.
	Retroceso del rocío de agua en el tanque de deslavado en el tratamiento de la Etapa de aire caliente.	Controlar la ventilación del tanque de deslavado con baffles u otros medios apropiados.
Adherencia uniformemente pobre- aspereza de superficie baja.	Actividad de la formulación demasiado baja.	Analizar los componentes y reajustar concentraciones.
	Temperatura del baño demasiado baja- Tiempo de contacto demasiado corto.	Incrementar el tiempo de inmersión y la temperatura del baño.
	Tiempo en el horno de aire circulante demasiado corto- Temperatura demasiado baja o ambos.	Reajustar tiempo y/o temperatura.
Aspereza de la superficie demasiado alta.	Temperatura de la formulación alta y/o tiempo de inmersión demasiado largo en la Etapa Uno.	Bajar el calor en el baño Reducir el período de inmersión.
	Condiciones demasiado severas en la Etapa Dos.	Bajar la temperatura del horno. Acortar el tiempo de contacto hasta el requerido.

VII . - U S O S G E N E R A L E S .

Tomando en cuenta, la maquinaria del moldeador, así - como las especificaciones requeridas en la pieza , dadas - por el usuario, se selecciona el tipo idoneo de POM comercial dentro de su amplia gama de presentaciones. Aunado a - esto, es de primordial importancia considerar las propieda - des, físicas, químicas y costo de producción para obtener - una mayor eficiencia en la pieza final.

De acuerdo a este criterio, se han fabricado las si - guientes partes :

Anillos para cámaras fotográficas.

Articulaciones de Transportador.

Bloques de Soporte.

Boquillas para pastas.

Cajas para taladro.

Caja de reguladores de gas.

Cepillos dentales.

Cerraduras automáticas.

Cojinétes.

Componentes de carretes para pezca.

Chumaceras.

Encendedores.

Engranés.

Guías de platina.

Herramienta realzada.

Horquillas.

Interruptores.

Manivelas para válvulas.

Mecanismos de mesas de dibujo.

Moldes de caramelos.

Partes de bombas.

Ruedas de impresión.

Soporte de balínes.

Tanques de combustible.

Válvulas de Flotador.

Etc.

La resina Delrin AP se empieza a usar en chumaceras de varios diseños básicos, en una amplia variedad de aplicaciones. Otras áreas de uso son para engranes, levas y otras partes en movimiento que necesiten excelentes propiedades friccionales, resistencia al desgaste y de fácil fabricación. Es de hacer notar que las propiedades de Delrin vacío (y no del PTFE) están gobernando con respecto a la temperatura y agentes químicos.

Chumaceras sin lubricar.-

Debido a su bajo coeficiente de fricción, las chumaceras y partes móviles hechas con Delrin AP muestran uno de los más altos grados de resistencia al desgaste obtenibles en un material termoplástico para este fin.

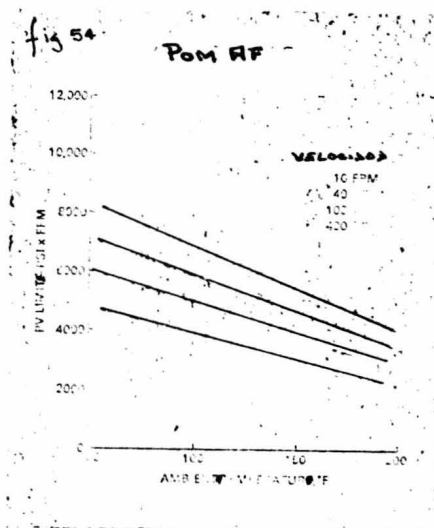
Cuando se analiza el rendimiento de la chumacera, es conveniente utilizar el método de comportamiento de los valores de "PV" (factor presión y velocidad). El valor de "PV" se define como el producto de la carga por pulgada cuadrada del área proyectada, P, que soporta y la velocidad de superficie en el soporte en pies por minuto. El límite PV es el más alto valor de PV que puede ser tolerado para la operación sustentada satisfactoriamente de una chumacera. Donde la temperatura de la chumacera y el coeficiente de fricción se mantiene en cada uno en valores fijos. Aunque las chumaceras pueden algunas veces operar por corto tiempo en valores cercanos al límite de PV, la operación sustentada cerca del límite causaría el aumento de la temperatura, mayor fricción, rápido desgaste y la deformación de la chumacera. Los límites PV son determinados por pruebas estándar en las cuales las chumaceras son sometidas a etapas prudentes de incremento de carga a velocidad constante. Para una velocidad dada el calor de fricción aumenta al aumentar la carga. Cuando esta rapidez de producción de calor excede a la rapidez con la cual puede ser disipado el calor a través del sistema de la chumacera, ocurre una elevación de temperatura. 43 53-54

Los límites de Delrin AP y Delrin 500 aparecen en la siguiente tabla:

fig 53

VELOCIDAD DEL EJE Ft./Min.	PV Límite (PSI x Ft./Min.)	
	DELRIN 500	DELRIN AF
10	4,000	7,500
40	3,000	6,500
100	2,500	5,500
400	2,000	4,000

Estos límites PV representan la operación continua de una chumacera sin lubricación a temperatura ambiente con un eje giratorio de acero de dureza Rockwell C22 y una superficie áspera de 16 micropuldas y con un buen control y alineamiento. Cuando ocurren cargas y vibraciones inesperadas y cambios en la temperatura ambiente, un buen diseño incluye la reducción de los límites PV con un factor de seguridad consistente con la operación y los requerimientos de desgaste. Por ejemplo se puede decir que el límite de PV es efectivamente determinado por la condición en la cual se desmenuza la operación cuando la rapidez de la producción de calor en la chumacera iguala a la rapidez de disipación de calor a través del sistema. Un incremento en la temperatura ambiente reducirá la rapidez de disipación de calor, causando una reducción en los límites de PV. Esto se muestra en la gráfica:



Ocasionalmente las chumaceras deben soportar momentáneamente las sobrecargas. La retención de la resistencia en un alto punto de fusión cristalino hace esto posible. De hecho, las chumaceras hechas con POM AF han soportado periodos cortos de operación a valores de PV tan altos como 60,000. Por supuesto, la operación continua a tales extremos no es posible.

El factor más importante y singular acostumbrado en el diseño de chumaceras de plástico, es la especificación de propio juego de funcionamiento sobre el eje. Este juego o espacio libre de funcionamiento se define como la diferencia entre el diámetro de eje y el diámetro de la chumacera. Este espacio libre debe ser mayor que el normalmente especificado para chumaceras de metal. Las posibles desventajas de este mayor espacio libre son generalmente recompensadas por los efectos de recuperación elástica (resiliencia) y amortiguamiento de las vibraciones del plástico. El espacio libre mínimo sugerido es de 0.004 in/in. Todos los ejes menores de una pulgada de diámetro, requieren un espacio libre mínimo de 0.003 pulgadas.

Es de primordial importancia para el material de una chumacera, su coeficiente de fricción. En el caso del POM éste tiene un valor bajo de 0.05 a 0.15 (medio sobre acero con el método del plano inclinado) Para POM 500 el rango del coeficiente es de 0.1 a 0.3. Como con otros materiales el coeficiente de fricción en una aplicación particular depende de factores tales como velocidad, carga y la naturaleza de las superficies rozantes.

Un factor importante que gobierna la vida al desgaste de las chumaceras, es el acabado de la superficie del eje o flecha el cual es el componente más duro que existe en el sistema de la chumacera.

Un acabado en la flecha de 25 rms. micropulgada se considera el acabado aceptable más áspero para buenas características de desgaste, y uno de 16 rms. o menor es preferible. No se requieren materiales especiales para la flecha, pero la resistencia al desgaste parece mejorarse con el incremento de la dureza. Además, la rapidez de desgaste depende grandemente del medio ambiente; humedad y -

temperatura.

Chumaceras Lubricadas.-

Puesto que las chumaceras de POM no necesitan lubricación, la información ya mencionada es descrita para chumaceras sin lubricación. Sin embargo, la lubricación inicial durante el ensamble de la pieza elimina las rupturas debidas a la reducción por desgaste sobre la superficie de la chumacera, y permite la operación a altos límites de PV.

Componentes de interruptores eléctricos.-

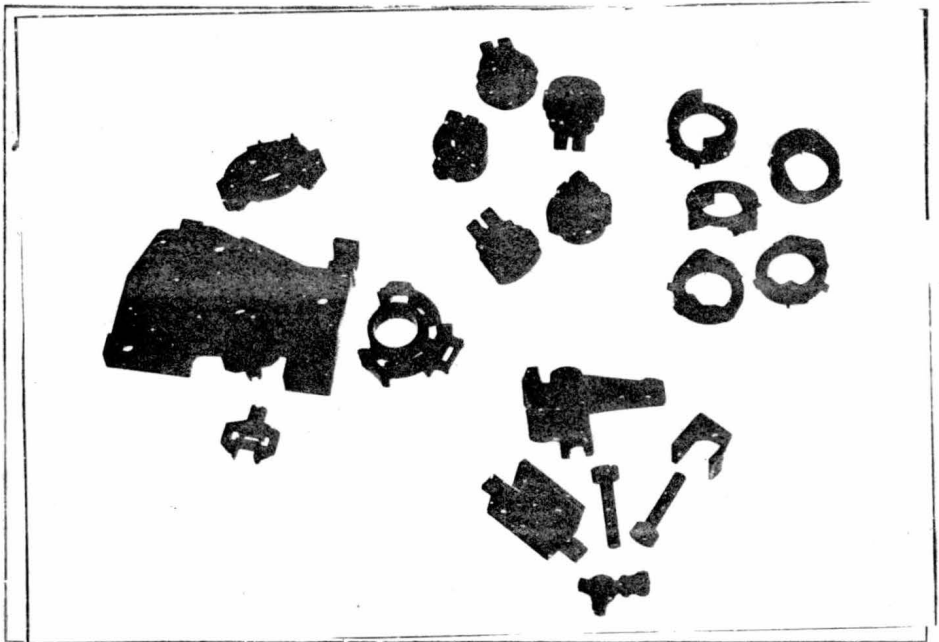
Estas partes son usadas en una línea de aparatos de control eléctrico. La mayoría de ellos funciona como levas en los interruptores de botón selector, donde ellos pasan la carga aplicada por el botón del interruptor hacia la placa en operación localizada después del botón.

Estas levas son usadas en los interruptores de botón-selector miniaturas, en muchos interruptores de gran resistencia, y como horquilla elevadora de carretilla en los interruptores principales. Una superficie de contacto de cobre se monta sobre una saliente en la pieza de POM AF en la aplicación del interruptor principal.

Los interruptores pueden ser usados individualmente o en series. Además se aplica en chumaceras en forma de U como anillos de retención en una palanca de balín para maniobra. Otra palanca de maniobra (para un regulador de aceleración mecánico), se monta con un anillo de ajuste de retención sobre un vástago de acero inoxidable. Otras partes son interruptores de pasador y una palanca de maniobra para un circuito eléctrico fig.55°

El POM AF fue elegido para esta variedad de componentes principalmente por sus excelentes características de comportamiento, así como estabilidad dimensional (necesaria para aguantar tolerancia de ± 0.002 pulgadas), buena dureza de superficie, y resiliencia o recuperación elástica (necesarios para el ensamble del anillo de ajuste de retención).

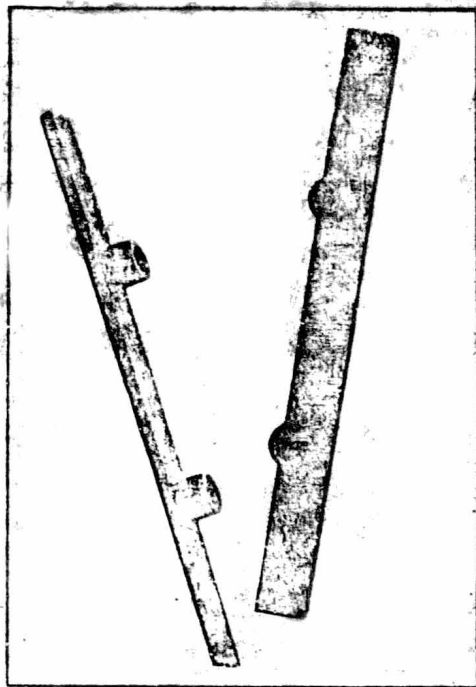
fig 55



Guías de platina corrediza.-

Dos de estas guías de platina corrediza están incluidas en los hechos registrados los cuales transfieren un sello de garantía e información de venta sobre una variedad de diseños especiales de formas industriales. Su función en la imprenta es la de guiar el tirador a lo largo de la longitud de la base.

El Delrin AF fue especificado para las guías por su rigidez, y resistencia al desgaste. Se requiere también lubricarlo para proteger el mecanismo del tirador suavizando el rodamiento y obteniendo un mínimo de 100,000 recorridos. 43 56



Chumacera para flecha de transmisión.-

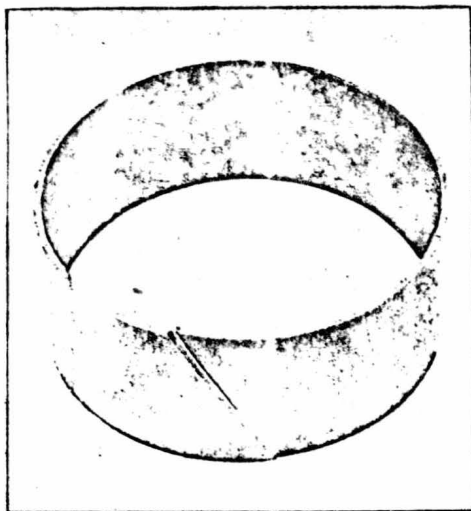
Esta chumacera es parte de una unidad operadora la cual controla a distancia la válvula usada en una variedad de instalaciones de tubería industriales.

La chumacera para flecha de transmisión se moldea a ± 0.003 pulgadas y no se necesita pulido o acabado. En el juego de piezas, la chumacera es acomodada al rededor de una flecha y se ponen dentro de una caja.

Muchas de las propiedades de Delrin AF son esenciales para esta operación. Buenas propiedades de comportamiento son obligatorias especialmente porque soportan grandes cargas a bajas velocidades.

La resistencia a la hidrólisis es también importante, a fin de que se mantenga un buen comportamiento bajo variadas condiciones medioambientales. La habilidad para ser moldeada en rigurosas tolerancias, combinada con su recuperación elástica que son necesarias para su instalación, asimismo son razones que favorecen la elección de Delrin AF.

Fig 57



Caja soporte de balines.-

Este componente, una caja soporte de balines, se encuentra en la tapa indicadores de computadoras y en unidades punzonadoras. Ayuda a la posición de la tapa de punzonadoras o indicadores, una corona dentada que mueve el engrane a través de la unidad.

Como una corona dentada de metal que gira libremente en la caja, su diseño necesita una combinación de excelente estabilidad dimensional (con tolerancias de moldeo de ± 0.002 in/in), propiedades superiores de comportamiento y resistencia al desgaste. La elección por lo tanto, fue Delrin AF.

Seis insertos de metal, cada uno con circunferencia roscada interior, contienen balines con resorte regulador los cuales se mantienen en la posición correcta dentro de la rueda fijadora.

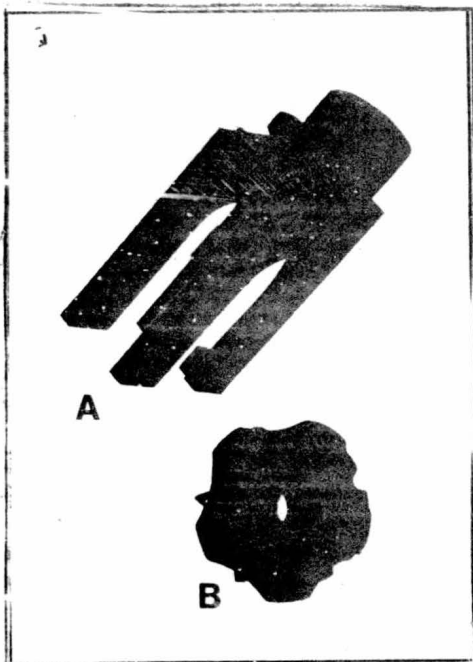
fig 58



Horquillas y levas.-

Estas dos partes, una horquilla (A) y una leva (B) son usadas entre las unidades de control de asiento de los nuevos superjets de la línea aérea. Estas piezas son parte de los interruptores de botón de mando los cuales permiten a los pasajeros regular el dispositivo de confort personal localizado en los compartimientos generales. Son usadas tres levas en cada unidad.

El Delrin AF fue especificado por su rigidez, buenas características de comportamiento, resistencia al desgaste y moldeabilidad. La estabilidad dimensional fue también una consideración importante, ya que es necesario mantener tolerancias de 0.002 pulgadas en ciertas áreas. 413 53



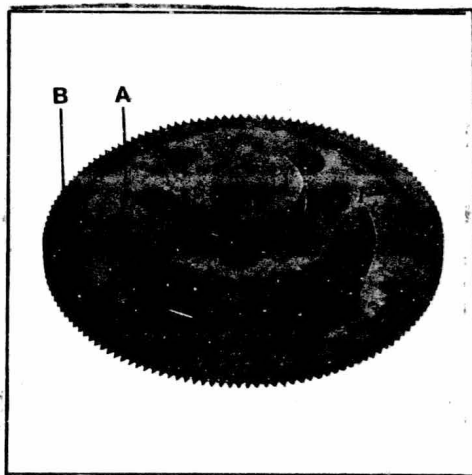
Componentes del carrete para pescar -

Este componente multifuncional moldeado de Delrin AF es incorporado dentro de una batería operadora del carrete para pescar.

También los elementos de su diseño son:

matracas (A) que son transversales a un trinquete de muelle (moldeado con Delrin 500), engranajes helicoidales (B) por medio de los cuales se transmite la potencia del motor a un piñón cónico o de ángulo (no se muestra) el cual es conectado por un engranaje cónico (moldeado con Delrin 500).

El Delrin AF fue escogido para los componentes por su lubricidad o aceitocidad, estabilidad dimensional y resistencia a la corrosión. La habilidad de Delrin AF para ser moldeado en configuraciones complejas con tolerancias limitadas y requerimientos de resistencia es importante también en la elección de materiales para esta parte crítica. fig 60



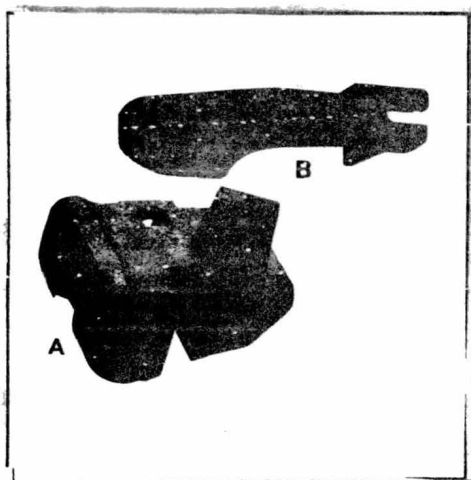
Partes de herramienta realizada.-

Estos dos componentes, una palanca de freno (A) y un retén de avance (B) son incorporados a una tapa realizada de herramienta. Aunque cada parte ejecuta una función completamente diferente, ambas deben operar continuamente bajo cargas extremas cuando se usa la herramienta.

La palanca de freno la cual conecta el pie del realce de la rueda con una carga de varios cientos de libras, fuerzas que físicamente se insertan en la tapa.

El retén de avance adelanta el trinquete de avance (moldeado con Delrin 500), según sea usado cada mecanismo o espacio.

El Delrin AF fue preferido por este soportamiento de carga, piezas de sensible fricción además de su estabilidad dimensional, alta lubricidad, resistencia a la abrasión y habilidad para ser moldeada en componentes de tolerancias limitadas. fig 60

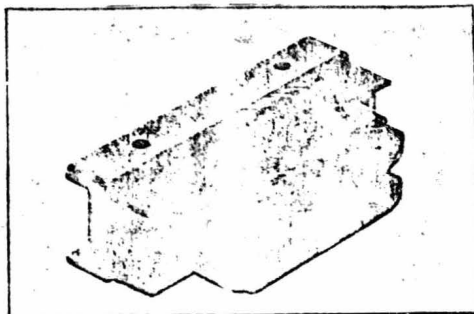


Bloque soporte de tractor en la impresora.-

Un bloque soporte como éste, moldeado con Delrin AF se encuentra en la computadora impresora de los mecanismos de tractor. Estos son usados para controlar marginalmente las formas de trabajo punzonador que se mueve dentro y fuera del impresor.

Los bloques soportan una cadena transportadora la cual físicamente conduce las formas de trabajo a través de la impresora, piezas guías de Nylon reforzado con fibra de vidrio Zytel.

El Delrin AF fue seleccionado para esta aplicación principalmente por su resistencia a la abrasión o desgaste, y su amplio rango de excelentes propiedades, las cuales son obligatorias para prolongar la operación a alta velocidad de la impresora. fig 62

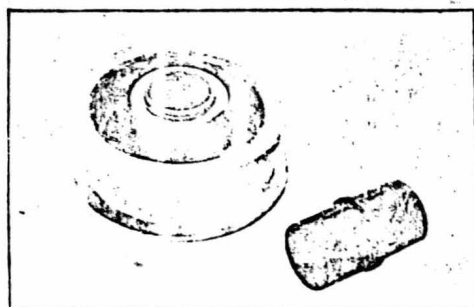


Cojinete guía para secador de ropa.-

Este cojinete de Delrin AF es un componente de una secadora doméstica de ropa; mantiene en tensión una correa por medio de una polea guía. Este cojinete sustituye una unidad de plástico--bronce que cuesta el doble. Además de que se reduce el costo del cojinete a la mitad, las fibras de Teflón en el Delrin AF eliminan una posible lubricación periódica.

La superior resistencia al desgaste de Delrin AF contribuye para alargar la vida de la pieza, y además, su bajo coeficiente de fricción permite operar a la máquina más silenciosamente.

fig 63



Pruebas de válvulas de flotador 7 años en servicio establecen esta cada eficiencia de "Delrin".-

Una de las primeras aplicaciones comerciales de la resina acética Delrin fue la de los sombreretes y espigas de las válvulas de flotador fabricados por la Coast Foundry and Manufacturing Company, Pomona, California (EUA). El trabajo se desarrollo y se llevó a cabo en 1959 con cantidades experimentales de Delrin. La producción en masa comenzó en 1960, a poco de iniciarse la producción continua en la planta de Delrin.

Varias fueron las propiedades claves que influenciaron la selección de Delrin para estas válvulas de flotador: su resistencia a la abrasión y a la corrosión, rigidez y gran resistencia de rosca; superficie dura y lisa; bajo coeficiente de fricción que impide el "agarrotamiento" de juntas roscadas.

Para obtener datos sobre el comportamiento de Delrin en servicio a largo plazo se consiguió un buen número de válvulas de flotador, en servicio en hogares de la localidad. Las válvulas tenían siete años en uso y estaban funcionando perfectamente cuando se desmontaron. Un examen de estas válvulas de flotador tan usadas reveló que los componentes de Delrin se hallaban aún con excelentes condiciones. De hecho, era aparente que la duración útil de la unidad sería sólo limitada por el deterioro de las empaquetaduras y diafragmas de caucho.

Se comprobó la resistencia de rosca de los sombreretes y espigas de los componentes siete años en uso, comparándose los resultados con los de las nuevas piezas en producción. Luego se condujeron pruebas de deformación de rosca en los tornillos de latón autorroscantes empleados para el montaje del sombrerete.

Especímen de ensayo	Deformación de rosca (varios especímenes)
Muestras usadas 7 años	625 a 751 kg/m
Muestras nuevas sin usar	751 a 804 kg/m

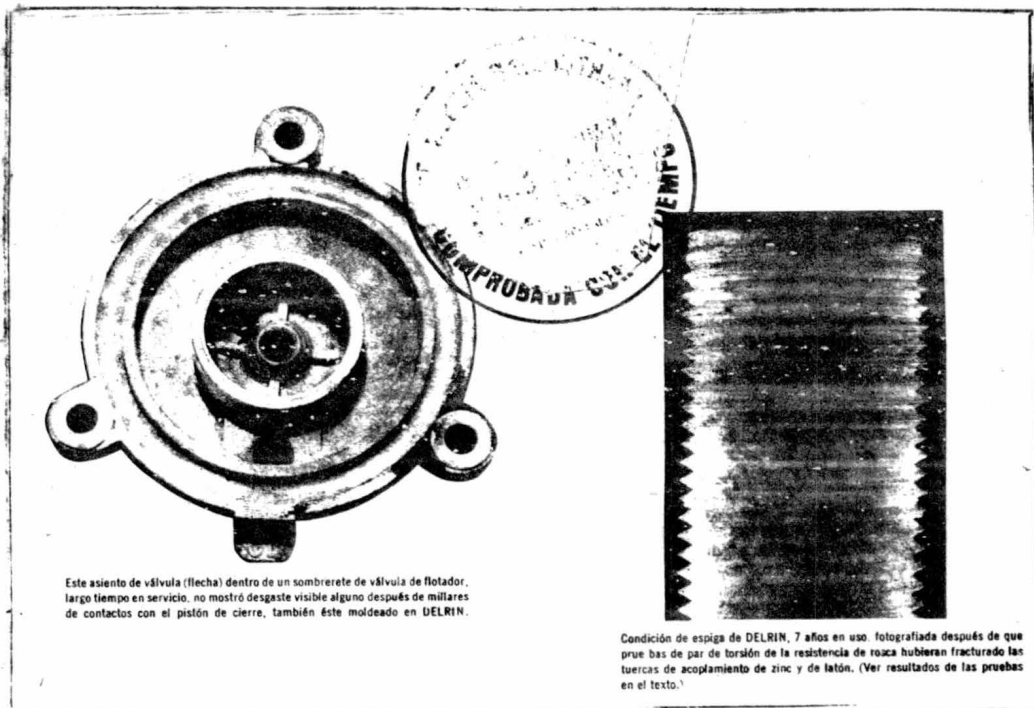
Iguals ensayos de par de torsión se hicieron con las espigas de Delrin empleando unidades de acoplamiento troqueladas de latón y de zinc. Tanto en las espigas 7 años en servicio como en las nuevas, las tuercas de zinc fallaron a pares de torsión entre 43 y 45 kg/m; y las tuercas de latón, entre 55 y 58 kg/m. Sometidas a igual

les pruebas, las roscas de las espigas de Delrin quedaron enteramente en buen estado de servicio (Ver foto).

Esencial al buen comportamiento en servicio es el asiento de válvula de Delrin en el sombrerete. Un examen de esta parte crítica en las válvulas de flotador de 7 años de servicio no reveló señales de desgaste visibles o mensurables ocasionadas por los miles de ciclos de abre y cierre o por la gran velocidad del chorro de agua a presión.

Otros ensayos, inclusive los de la velocidad del flujo de fusión y absorción infrarroja dejaron definitivamente establecida la ausencia de todo cambio deteriorante o inesperado en la naturaleza básica del material durante el tiempo en uso de esta aplicación.

Tan destacado comportamiento ha influido en la adopción de Delrin para la fabricación de las tuercas de acoplamiento y de fijación. *fig 6A*



Dimensiones originales de articulaciones de "Delrin" para transportador muestran cambios insignificantes a los 6700 Km. de recorrido.-

Las articulaciones de cadenas transportadoras son una de las aplicaciones de la resina Delrin (1960). Aunque instaladas más recientemente, las descritas aquí han resistido un servicio particularmente pesado.

Después de dos años de servicio en la cervecería P. Ballentine & Sons, Newark, N.J. (EUA), una cadena transportadora, hecha de Delrin, había recorrido más de 6700 km, trabajando continuamente de 600 a 700 turnos, a una velocidad de 46 m por minuto, utilizando agua de derrame como único medio de lubricación. Las articulaciones de Delrin funcionaban más silenciosamente que las de metal. Su bajo coeficiente de fricción y peso liviano posibilitan una reducción de 60% en fuerza motriz. fig 65

Para establecer datos de funcionamiento en servicio actual, se obtuvieron de la cervecería Ballentine algunas muestras de la cadena usada. Al inspeccionarse éstas se observó un desgaste normal de la mitad superior, por donde habían sido expuestas a la mayor abrasión. El desgaste del diámetro interior crítico de los cubos en los que encajan los pasadores de acoplamiento de las articulaciones era casi nulo, debido principalmente a las excepcionales características soportantes de Delrin. Un desgaste excesivo en este lugar hubiera afectado la resistencia de la pieza y ocasionado su falla con el tiempo.

Más adelante damos los resultados de las pruebas físicas y químicas realizadas con las articulaciones usadas de Delrin del transportador.

Prueba de resistencia a la tracción.-

Cuatro muestras de articulaciones usadas, comprobadas al punto de rotura por tracción, exhibieron resistencia a la rotura de 485 a 608kg, valores iguales a los de las muestras sin usar.

Espeor de placa superior de articulación

Muestras usadas

3,78 mm.

Controles

4,14 mm.

La pérdida de sólo 6% de espeor demuestra la extraordinaria resistencia a la abrasión de las piezas de Delrin expuestas a más

de 6500 km. de fricción por deslizamiento, bajo carga.

Diám. interior del cubo de soporte del
pasador de acoplamiento

Muestras usadas

6,5

Controles

6,52

Los datos obtenidos confirman que no habí notable desgaste de piezas usadas, comparado con las piezas no usadas. Un desgaste excesivo en este lugar hubiera afectado la resistencia de las piezas.

Las pruebas químicas demostraron que Delrin puede resistir eficientemente las condiciones en servicio de aplicaciones de transportadores sin tener que cambiar la naturaleza básica del material.

fig 65

Articulaciones de transportador, hechas de DELRIN, muestran algunas señales de desgaste, después de acarrear millones de latas de cerveza, más de 6700 km, durante 2 años de servicio. La resistencia a la tracción y diámetro crítico de los cubos que danan intactos, comparados con los de las articulaciones sin usar, en primer plano.



VIII.- CONCLUSIONES .

Como fue posible observar en este trabajo, el polioximetileno cumple con las características físicas y químicas necesarias para poderlo clasificar dentro de los plásticos de ingeniería.

Esta resina tiene una amplia demanda en el mercado nacional, respaldada entre otras cosas por su facilidad para ser procesada. Es necesario mencionar que este plástico no se puede moldear por medio de las técnicas de transferencia y compresión, debido a sus propiedades hidrodinámicas. En el moldeo por extrusión, el POM se utiliza muy poco, quedando restringido su uso principalmente para las diversas técnicas por inyección.

De acuerdo con los objetivos de esta monografía se reunió la información técnica sobre las propiedades, síntesis, moldeo, diseño de moldes, condiciones de operación y usos principales de esta resina. Todo esto proporcionará los conocimientos necesarios para el tecnólogo y moldeador.

Con respecto a la síntesis del polioximetileno de elevado peso molecular, se recopiló la información técnica más reciente y sobresaliente. Gran parte de esta información, se cita como referencia en el desarrollo del Capítulo II, F).

IX.- RECONOCIMIENTOS .

La realización de este trabajo fue posible gracias a la dirección técnica del Químico Julio Terán Zavaleta, así como a los atinados consejos y sugerencias de los Ings. Fernando_ Iturbe Hermann y Antonio Reyes Chumacero. Los trabajos de investigación bibliográfica fueron realizados gracias a la cooperación de la Biblioteca de la Facultad de Química (UNAM). La información técnica sobre el polioximetileno fue recopilada gracias a E.I. Du Pont de Nemours & Co. (INC.) en México.

X.- BIBLIOGRAFIA .

La siguiente literatura proporcionará todos los detalles sobre el polioximetileno comercial (Delrin⁺). La información es dada por el Plastics Department, E.I. du Pont de Nemours & Co. (Inc.) Wilmington, Delaware 19898, o por cualquiera de las oficinas distritales representantes de la Compañía Du Pont.

- 1.- Consideraciones generales sobre los moldes para piezas de precesión en Resina Acetálica Delrin.
E. Haberer. Departamento de Plásticos. Plastics Technical Center Dupont. Agosto 1967. P.T.I. TR. D6010
- 2.- Delrin Resina Acetálica.
 - a) Pruebas de Válvula de Flotador. A- 72549
 - b) Articulaciones de Delrin para Transportador. A- 72548
Plastics Department Foreign Sales Section. Dupont. _
Agosto 1970.
- 3.- Molder's Guide. Processing of Delrin. A- 60723. Mayo _
1968.
- 4.- Delrin Acetal Resins. Post Molding Operations. "Satinizing", Surface Treatment. A- 22794. Octubre 1970.
- 5.- Esto es Delrin Resina Acetálica. A- 60726. Sep. 1968.
- 6.- This is Delrin AF Fiber Resin. A- 71619 5M Octubre 1970.
- 7.- Delrin DE-8010 Acetal Delrin. A-78037. Marzo 1971.
- 8.- Delrin Acetal Resins. A- 62045. Octubre 1965.
- 9.- Delrin Glass- Filled Compositions. Mayo 1970.
- 10.- Delrin Color Chart. Julio 1970.

- 11.- Delrin- Price List. Agosto 1970.
- 12.- Molding Manual Sections.
- | | |
|------------------------------|-----------|
| a) Estimating Section | A- 15055 |
| b) Post Molding Section | A- 11505 |
| c) Molding Operation Section | A- 13629 |
| d) Quality Control Section | A- 15054 |
| e) Mold Desing Section | A-15056-1 |
- 13.- Furukawa J. and Seaguasa T., "Polimerization of Aldehydes and Oxides, Polymer Reviews No. 3 1963, Interscience Publishers. John Wiley & Sons, New York, London, Sydney.
- 14.- Tesis Síntesis del Polioximetileno mediante el uso de Rayos Gamma. Lozano Peña Edgar Francisco. Facultad de Química UNAM. 1974.
- 15.- Mac. Donal, R.N., U.S. Pat. 2 828286 (mar. 25, 1958), Brit. Pat. 742,135 (Dec. 21, 1955).
- 16.- Starr, F.C., U.S. Pat. 2,734,889 (Feb. 14, 1956); Brit. Pat. 766524 (Jan. 23, 1975).
- 17.- Deutsche Gold-und Silber- Scheideanstalt, Vormals Roessler, Brit. Pat. 868899 (May. 25, 1961).
- 18.- Mac. Donald R.N., US. Pat. 2,768, 994 (May. 25, 1956).
- 19.- E.I. Du Pont Neumors & Co., Brit. Pat. 793,673 (April 23, 1958).
- 20.- Grander, F.W., U.S. Pat. 2,780,652 (Feb. 5, 1957)
- 21.- Osugi; Jiro; Hamanouve, Kumao; Polimerization of Trioxane under high pressure. Ohtani, Tsukio (Kyoto Univ. Kyoto, Japan) Nippon Kagaku zasshi 1968, 89 (5), 532-3 (Japan).

- 22.- Okamura, S., S. Nakashio, K., Hayashi, and I. Sakurada
Isotopes and Radiation (Tokyo), 3,242 (1959).
- 23.- Japan Atomic Energy Research Institute Fr. Demande -
2,001,510 (CI. C 08g), 26 sept. 1969, Japan. Appl. 08
Feb. 1968; 13 pp.