



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"CUAUTITLAN"**

**"RECUBRIMIENTO DE TORONES CON UN
TERMOPLASTICO (TEFZEL), POR
EXTRUSION"
SOLUCION A LOS PROBLEMAS MAS COMUNES**

T E S I S

PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A :

JOSE JAIME MALDONADO GONZALEZ

**DIRECTOR DE TESIS;
I. Q. ADOLFO OBAYA VALDIVIA**

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

1984



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.

C O N T E N I D O

1.- OBJETIVO

2.- SINOPSIS

3.- CAPÍTULO I

- ° GENERALIDADES SOBRE TORONES
- ° CÁLCULO DE LA LONGITUD DE PASO
- ° CÁLCULO DE LA MASA/LONGITUD DE TORÓN
- ° RESISTENCIA ELÉCTRICA DE LOS TORONES

4.- CAPÍTULO II

- ° GENERALIDADES SOBRE EL FLUOROPOLÍMERO
- ° POLIMERIZACIÓN
- ° PROPIEDADES GENERALES

5.- CAPÍTULO III

- ° GENERALIDADES Y EQUIPO DE EXTRUSIÓN
- ° TÉCNICA DE RECUBRIMIENTO DE TORONES

6.- CAPÍTULO IV

- ° PARTE EXPERIMENTAL
- ° GUÍA PRÁCTICA EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS.

7.- CAPÍTULO V

° PESOS DE AISLAMIENTO EN EL CONDUCTOR POR UNIDAD DE LONGITUD

8.- CONCLUSIONES.

9.- BIBLIOGRAFÍA.

S I N O P S I S

EN LA TRANSMISIÓN DE SEÑALES ELÉCTRICAS EL MEDIO MÁS UTILIZADO HA SIDO EL DE CABLES ELÉCTRICOS. UN CABLE ELÉCTRICO ESTA CONSTITUIDO POR UN CONDUCTOR ELÉCTRICO Y POR UN RECUBRIMIENTO AISLANTE.

AL CONDUCTOR ELÉCTRICO FORMADO POR UN GRUPO DE ALAMBRES TORCIDOS ENTRE SI SE LE DENOMINA TORÓN, EN EL CAPÍTULO I SE PRESENTAN ALGUNAS DE SUS CARÁCTERISTICAS Y FÓRMULAS DESARROLLADAS PARA EL CÁLCULO DE LA RESISTENCIA Y MASA POR UNIDAD DE LONGITUD.

EL RECUBRIMIENTO PLÁSTICO DETERMINA LAS CARACTERÍSTICAS DE RESISTENCIA DE LOS CABLES ELÉCTRICOS. EN EL CAPÍTULO II SE ESPECIFICAN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS, ELÉCTRICAS, TÉRMICAS Y QUÍMICAS DEL COPOLÍMERO DE FLUORO ETILEN-PROPILENO QUE ES EL PLÁSTICO UTILIZADO.

EL PROCESO DE EXTRUSIÓN ES EL ADECUADO PARA RECUBRIR DE FORMA CONTÍNUA A LOS TORONES DE ACUERDO A SU GEOMETRÍA, PARA EXPLICAR BREVEMENTE LAS CARACTERÍSTICAS Y COMPORTAMIENTO DE ESTE PLÁSTICO SE REVISA BREVEMENTE LA EXTRUSIÓN EN EL CAPÍTULO III.

EN EL CAPÍTULO IV SE PRESENTAN LAS CONCLUSIONES QUE SE OBTUVIERON AL ADECUAR AL PROCESO DE EXTRUSIÓN EL TEFZEL. USANDO LA TÉCNICA DE EXTRUSIÓN A VACÍO O POR CONO, SE PRESENTAN UNA SERIE DE PROBLEMAS, POR LO QUE SE PROPONEN ALGU

NAS SOLUCIONES DE ACUERDO A RESULTADOS EXPERIMENTALES Y SE PRESENTAN EN FORMA ORDENADA. EN ESTA PARTE EXPERIMENTAL - SE ADECUA EL PROCESO DE EXTRUSIÓN DEL TEFZEL EN EQUIPOS - CONVENCIONALES.

EL CAPÍTULO V CONSTITUYE UN AUXILIAR PARA FINES DE CONTROL COSTOS, ETC. ES UN DESARROLLO QUE PERMITE DETERMINAR LA MASA DE PLÁSTICO EMPLEADA EN CADA CONDUCTOR.

OBJETIVO

DEBIDO A LA CRISIS POR LA QUE ACTUALMENTE ATRAVIESA EL PAÍS Y A LA DIFICULTAD QUE IMPLICARÍA EN ESTOS MOMENTOS ADQUIRIR TECNOLOGÍA EXTRANJERA, SE PRESENTA ESTE TRABAJO CON OBJETO DE HACER ACCESIBLE LA BIBLIOGRAFÍA NECESARIA EN LA OPTIMIZACIÓN DEL USO DE PLÁSTICOS EN LA INDUSTRIA MEXICANA, AVOCADA A LA FABRICACIÓN DE CONDUCTORES Y CABLES ELÉCTRICOS.

LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA ALGUNOS TIPOS DE CONDUCTORES SON MUY ESPECIALES Y REQUIEREN DE CARACTERÍSTICAS DE ALTA RESISTENCIA MECÁNICA, ELÉCTRICA, TÉRMICA Y QUÍMICA.

ESTAS CARACTERÍSTICAS ESPECIALES SE OBTIENEN A PARTIR DEL TIPO DE AISLAMIENTO UTILIZADO, POR LO QUE LA INTENCIÓN DE ESTA TESIS ES LA DE PROVEER DE UNA GUÍA ADECUADA EN EL PROCESAMIENTO DE RECUBRIMIENTOS DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS, MEDIANTE EXTRUSIÓN DE UN PLÁSTICO (TEFZEL), QUE REÚNA ÉSTAS CARACTERÍSTICAS.

*TEFZEL- NOMBRE COMERCIAL DEL COPOLÍMERO FLUORINADO DE ETILEN-PROPILENO.

CAPITULO I

GENERALIDADES SOBRE TORONES.

PARA EL DESARROLLO DEL SIGUIENTE TRABAJO, ES CONVENIENTE DE FINIR LOS SIGUIENTES TÉRMINOS:

ALAMBRE

ES UN TUBO O FILAMENTO METÁLICO CUYA LONGITUD AXIAL ES MUCHO MAYOR QUE EL MAYOR DE SUS EJES EN LA SECCIÓN TRANSVERSAL:

CONDUCTOR ELECTRICO

UN CONDUCTOR ELÉCTRICO ES UNA SUSTANCIA O MATERIAL QUE PERMITE EL PASO CONTÍNUO DE UNA CORRIENTE ELÉCTRICA A TRAVÉS DE ÉL, CUANDO ESTÁ SOMETIDO A UNA DIFERENCIA DE POTENCIAL ELÉCTRICO. EN ÉSTE TRABAJO SE DENOMINA CONDUCTOR A LA UNIDAD -- FORMADA POR UN TORÓN DE COBRE RECUBIERTO POR UNA CAPA AISLANTE DE PLÁSTICO.

TORON

ES UN CONDUCTOR ELÉCTRICO FORMADO POR UN GRUPO DE ALAMERES -- TORCIDOS ENTRE SÍ. SE UTILIZAN DEBIDO A SU GRAN FLEXIBILIDAD Y POR TANTO FACILIDAD DE MANEJO. EN GENERAL PARA UN TORÓN, A MAYOR NÚMERO DE ALAMBRES EN UN ÁREA TRANSVERSAL CONSTANTE, MAYOR FLEXIBILIDAD.

TORONES FLEXIBLES CONCENTRICOS

SON TORONES FORMADOS POR ALAMBRES DEL MISMO DIÁMETRO Y MATERIALES TORCIDOS UNIFORMEMENTE, CON UN ALAMBRE COMO CENTRAL, RODEADO POR UNA O MÁS CAPAS DE ALAMBRES ALREDEDOR. CADA CAPA SUCESIVA CONTIENE SEIS ALAMBRES MÁS QUE LA ANTERIOR. PARA --

DETERMINAR EL NÚMERO DE ALAMBRES UTILIZADOS EN UN TORÓN DE ÉSTE TIPO SE UTILIZA LA SIGUIENTE FÓRMULA:

$$\begin{aligned} \# \text{ DE ALAMBRES} &= 3 N (N + 1) + 1 \\ \text{NÚMERO DE CAPAS} &= N ; 1, 2, 3, \dots, N \end{aligned}$$

TORÓN CONCÉNTRICO DE DOS CAPAS. FORMADO POR 19 ALAMBRES, 18 TORCIDOS ALREDEDOR DE UN ALAMBRE CENTRAL.

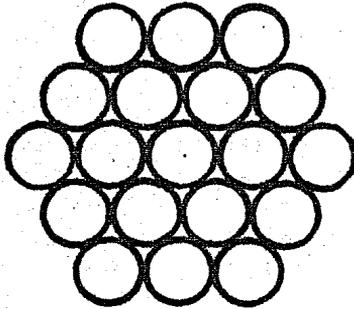


FIG. 1

LONGITUD DE PASO

ES LA LONGITUD AXIAL DE UNA VUELTA COMPLETA DE LA HÉLICE QUE FORMA UN ALAMBRE TORCIDO EN EL TORÓN.

$$L = \text{LONGITUD DE PASO}$$

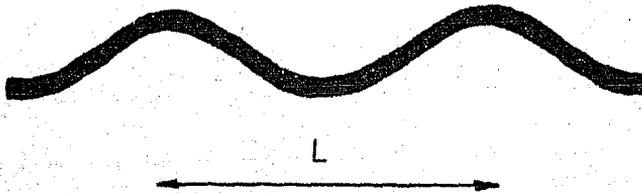


FIG. 2

DIÁMETRO DE PASO

ES EL DIÁMETRO DE LA HÉLICE Y PASA A TRAVÉS DEL EJE CENTRAL DE CADA UNO DE LOS ALAMBRES DE UNA MISMA CAPA. ES IGUAL AL DIÁMETRO DEL TORÓN MENUS EL DIÁMETRO DEL ALAMBRE:

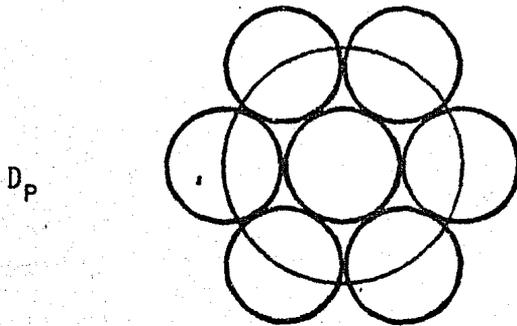


FIG. 3

$$D_p = D_T - D_A$$

$$D_p = \text{DIÁMETRO DE PASO}$$

$$D_T = \text{DIÁMETRO DEL TORÓN}$$

$$D_A = \text{DIÁMETRO DEL ALAMBRE}$$

ÁNGULO DE PASO EN TORONES DE CAPAS CONCENTRICAS

EN CADA CAPA DE ALAMBRES TORCIDOS EN UN TORÓN SE UTILIZA EL MISMO ÁNGULO DE PASO, CON EL FIN DE OBTENER LA MÁXIMA FLEXIBILIDAD. ESTE ÁNGULO VARÍA ALREDEDOR DE 16° EN LA CONSTRUCCIÓN DE TORONES MÁS USADOS.

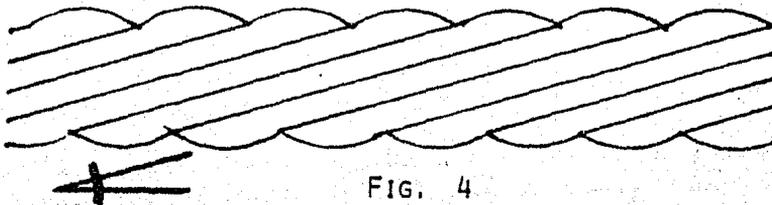


FIG. 4

EN LA SIGUIENTE FIGURA SE MUESTRA LA RELACIÓN QUE EXISTE ENTRE EL ÁNGULO DE PASO, LONGITUD DE PASO Y LONGITUD DE UN ALAMBRE TORCIDO EN UN PASO. EXISTE UN INCREMENTO EN LA LONGITUD DE LOS ALAMBRES EXTERIORES TORCIDOS DEL TORÓN CON RESPECTO AL CENTRAL.

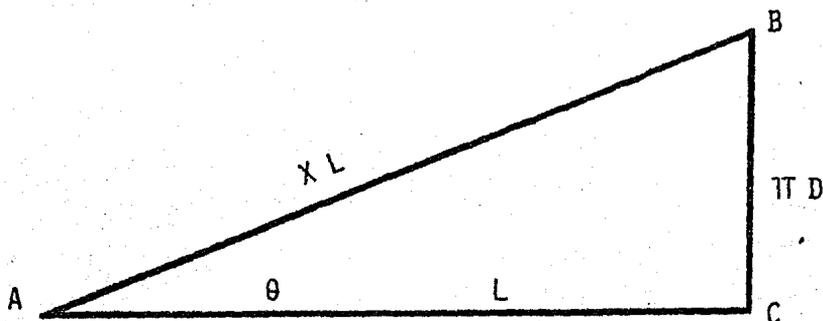


FIG. 5

- AC = LONGITUD DEL EJE AXIAL DEL TORÓN
- L = LONGITUD DE PASO
- AB = LONGITUD DEL EJE AXIAL DE UN ALAMBRE TORCIDO
- XL = LONGITUD DE UN ALAMBRE TORCIDO, EN UNA VUELTA
- BC = PERÍMETRO DEL CÍRCULO CON DIÁMETRO DE PASO
- BAC = ÁNGULO DE PASO

EL ÁNGULO DE PASO SE OBTIENE A PARTIR DE LA SIGUIENTE RELACIÓN:

$$\tan \theta = \frac{\pi D}{L} \quad \theta = \tan^{-1} \frac{\pi D}{L}$$

EL INCREMENTO DE LONGITUD DE LOS ALAMBRES EXTERIORES CON RESPECTO AL ALAMBRE CENTRAL ES IGUAL A:

$$\sec \theta = \frac{1}{\cos \theta} = XL$$

RESISTENCIA ELECTRICA EN LOS TORONES

LA RESISTENCIA ELÉCTRICA EN UN CONDUCTOR ELÉCTRICO ES LA VELOCIDAD PROMEDIO EN QUE LA ENERGÍA ELÉCTRICA ES CONVERTIDA A ENERGÍA CALORÍFICA, Y DETERMINA LA DIFICULTAD DE UNA CORRIENTE ELÉCTRICA A PASAR A TRAVÉS DE UN CONDUCTOR. DEBIDO A QUE LA FUNCIÓN PRINCIPAL DEL TORÓN ES CONducIR SEÑALES ELÉCTRICAS ES CONVENIENTE CONOCER UN MÉTODO APROXIMADO PARA CALCULAR LA RESISTENCIA ELÉCTRICA DE UN TORÓN.

PARA UN ALAMBRE METÁLICO LA RESISTENCIA ELÉCTRICA ES DIRECTAMENTE PROPORCIONAL A LA LONGITUD, E INVERSAMENTE PROPORCIONAL A LA SECCIÓN TRANSVERSAL.

$$\text{RESISTENCIA ELÉCTRICA} = K \frac{L}{A}$$

K PARA EL COBRE ES IGUAL A: $0.017241 \text{ MM}^2 / \text{M} \quad (1/58)$

AREA TRANSVERSAL PARA UN ALAMBRE: $\pi D^2 / 4$

SUPONIENDO QUE EL CONTACTO ENTRE LOS ALAMBRES ES PERFECTO, SE PUEDE OBTENER EL SIGUIENTE DESARROLLO APROXIMADO:

RESISTENCIA ELÉCTRICA POR CADA MIL PIES DE TORÓN:

TORÓN DE CONSTRUCCIÓN 6 / 1 ALAMBRES

$$R / L = \frac{1 + 6x}{214.9 \pi D_A^2}$$

$$x = \text{SEC } \theta, \quad \theta \text{ SE OBTIENE CON UN } D_p = 2 D_A$$

TORÓN DE CONSTRUCCIÓN 12 / 6 / 1 ALAMBRES

$$R / L = \frac{1 + 6x + 12 x'}{583.3 \pi D_A^2}$$

$$x = \text{SEC } \theta, \quad \theta \text{ SE OBTIENE CON UN } D_p = 2 D_A$$

$$x' = \text{SEC } \theta', \quad \theta' \text{ SE OBTIENE CON } D_p = 4 D_A$$

DIAMETRO DE ALAMBRE

UNA MEDIDA UTILIZADA PARA DEFINIR DIÁMETROS DE ALAMBRE ES LA AWG (AMERICAN WIRE GAGE), DONDE EN GENERAL A MAYOR NÚMERO - AWG, MENOR DIÁMETRO DE ALAMBRE. SIN EMBARGO, LA MEDIDA MÁS UTILIZADA ES A PARTIR DE MILS. UN MIL ES UNA MILÉSIMA DE - PULGADA. ES MUY USADA PORQUE SE PUEDE DEFINIR UN CIRCULAR MIL COMO EL ÁREA DE UN CÍRCULO CON DIÁMETRO DE UN MIL, ES - POR LO TANTO PRÁCTICO PASAR RÁPIDAMENTE DE DIÁMETRO A ÁREA CIRCULAR DEL ALAMBRE CON ESTE MÉTODO, SOBRE TODO EN EL CASO DE TORONES DONDE SE UTILIZAN VARIOS ALAMBRES.

$$1 \text{ MIL} = 1 / 1000 \text{ PULGADA}$$

$$1 \text{ CIRCULAR MIL} = 0.7854 \text{ MIL}^2 = \frac{\pi}{4}$$

PESO DE LOS TORONES CONCENTRICOS

ASÍ COMO LA RESISTENCIA ELÉCTRICA PARA UN TORÓN ES MAYOR, - COMPARADA CON UN GRUPO DE ALAMBRES SIN TORCER EN UNA MISMA LONGITUD, EL PESO DE UN TORÓN ES MAYOR, DEBIDO AL INCREMENTO EN LONGITUD DE LOS ALAMBRES EXTERNOS TORCIDOS. SE PUEDE CALCULAR DE LA SIGUIENTE MANERA:

$$\text{DENSIDAD DEL COBRE} = 8.89 \text{ G} / \text{CM}^3$$

PESO ES IGUAL A: PARA UN ALAMBRE.

$$\left[8.89 \frac{\text{G}}{\text{CM}^3} \right] \left[\frac{\pi D^2}{4} \text{ IN}^2 \right] \left[2.54 \frac{\text{CM}}{\text{IN}} \right]^2 \left[10^5 \text{ CM} \right] \left[10^{-3} \text{ KG} \right] = W$$

$$W = 4504.63 D^2 \quad [=] \frac{\text{KG}}{1000 \text{ M}}$$

TORÓN DE CONSTRUCCIÓN 6 / 1 ALAMBRES:

$$W = 4\ 504.63\ D^2\ (1 + 6X)$$

$$X = \text{SEC } \theta, \theta \text{ SE OBTIENE CON } D_p = 2\ D_A$$

TORÓN DE CONSTRUCCIÓN 12 / 6 / 1 ALAMBRES:

$$W = 4\ 504.63\ D^2\ (1 + 6X + 12\ X')$$

$$X = \text{SEC } \theta, \theta \text{ SE OBTIENE CON } D_p = 2\ D_A$$

$$X' = \text{SEC } \theta, \theta \text{ SE OBTIENE CON } D_p = 4\ D_A$$

EN BASE A LA GEOMETRÍA DEL SISTEMA Y A LAS RELACIONES MATEMÁTICAS QUE SE OBTUVIERON A PARTIR DE ÉSTA, SE PUEDE CONOCER LA RESISTENCIA ELÉCTRICA DE LOS TORONES Y LA MASA DE LOS MISMOS POR UNIDAD DE LONGITUD.

CAPITULO II. COPOLIMERO FLUORINADO DE ETILENO Y PROPILENO

- TEFZEL -

TOMÓ LA MAYORÍA DEL SIGLO XIX EL AISLAR EL FLÚOR EN SU FORMA ELEMENTAL, HASTA QUE EN 1886, H. MOISSAN LO LOGRÓ. CINCUENTA Y DOS AÑOS MÁS TARDE ES REPORTADA LA PREPARACIÓN DEL TETRAFLUORETILENO, EN 1938, R. J. PLUNKETT DE DU PONT REPORTA LA PRIMERA POLIMERIZACIÓN DEL TETRAFLUORETILENO, LO QUE CONDUJO A LA PREPARACIÓN DE UNO DE LOS POLÍMEROS SINTÉTICOS CON MEJOR COMBINACIÓN DE PROPIEDADES QUE SE CONOCEN EN LA ACTUALIDAD. SE LE CONOCE BAJO UN NÚMERO DE MARCAS A SABER: ALGOFLÓN (MONTECATINI), FLUÓN (I.C.I.), FOUOROPLAST POLYFLÓN (DAIKIN KOYGO), TEFLÓN (DUPONT, MITSUI FLUORO-CHEMICALS CO.). LAS LIMITACIONES EN EL PROCESAMIENTO DEL TEFLÓN CONDUJERON A DUPONT AL DESARROLLO DE LOS FLUROQUÍMICOS, DE LOS QUE SE OBTUVO EL TEFZEL, QUE ES UN COPOLÍMERO FLUORINADO DE ETILENO Y PROPILENO. EL TEFZEL PUEDE DESCRIBIRSE COMO UN TERMOPLÁSTICO LEVEMENTE RUGOSO CON UN EXCELENTE BALANCE DE PROPIEDADES. MECÁNICAMENTE ES RESISTENTE A LA TENSIÓN, ES FLEXIBLE Y RESISTENTE A LA ABRASIÓN. TIENE UN COEFICIENTE DIELECTRICO MUY BAJO, ES RESISTENTE A RADIACIONES DE ALTA ENERGÍA Y NO ES ADHESIVO. QUÍMICAMENTE, ES CASI INERTE A LA MAYORÍA DE LOS SOLVENTES Y SÓLO REACCIONA CON METALES ALCALINOS PULVERIZADOS; FLÚOR Y AGENTES FLUORINANTES (TRIFLUORURO DE CLORO ClF_3 , DIFLUORURO DE OXÍGENO OF_2) A ALTAS TEMPERATURAS. ESTAS PROPIEDADES SON HOMOGÉNEAS DE - 273°C A 200 °C. TODAS ÉSTAS PRO

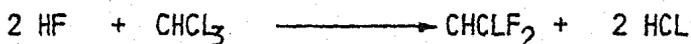
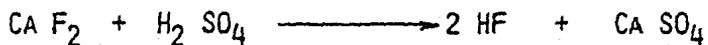
PIEDADES LO HACEN ESPECIALMENTE CUIDADOSO EN SU PROCESAMIENTO POR LO QUE SE DEBE CONTAR CON UNA GUÍA QUE AYUDE A RESOLVER LOS PROBLEMAS QUE SE PRESENTE DURANTE SU FABRICACIÓN.

POLIMERIZACION

MONOMEROS

TETRAFLUOROETILENO

DE LOS PRIMEROS INTENTOS PARA OBTENER TETRAFLUOROETILENO EN 1890 POR HUMISTON Y EN 1933 POR RUFF Y BRETSCHNEIDER, HASTA LOS MÁS RECIENTES DE HANPSTCHEIN DE PIRÓLISIS DEL FLUOROFORMO, LA FORMA MÁS COMERCIAL DE PREPARARLO ES LA DESCRITA POR DOWNING DE PIRÓLISIS DEL CLORODIFLUOROMETANO, EL CUAL SE OBTIENE A PARTIR DE LA FLUORITA (CaF_2 , DE LA QUE EXISTEN IMPORTANTES YACIMIENTOS EN MÉXICO, U.S.A., Y ESPAÑA) Y ÁCIDO SULFÚRICO PARA OBTENER EL ÁCIDO FLUORHÍDRICO QUE CUANDO ES TRATADO CON CLOROFORMO SE OBTIENE EL CLORODIFLUOROMETANO.



LA PIRÓLISIS DEL CLORODIFLUOROMETANO A ALTAS TEMPERATURAS DA COMO RESULTADO EL TETRAFLUOROETILENO. $\text{CF}_2 = \text{CF}_2$.



LA PIRÓLISIS SE LLEVA A CABO A TRAVÉS DEL INTERMEDIARIO $\overset{\cdot\cdot}{\text{C}}\text{F}_2$ A TEMPERATURAS ENTRE 590 Y 800°C PARA OBTENER RENDIMIENTOS DEL 90%, Y EN UNA ATMÓSFERA DE VAPOR SOBRECALENTADO USANDO UNA RELACIÓN VAPOR - CLORODIFLUOROMETANO DE 7, 10 : 1.

A LOS PRODUCTOS DE LA PIRÓLISIS SE LES ENFRÍA EN UNA SOLUCIÓN ALCALINA PARA SEPARAR EL HCL, DESPUÉS SE DESTILA PARA RECUPERAR EL CHClF_2 QUE NO REACCIONÓ Y PURIFICAR EL $\text{CF}=\text{CF}_2$. ESTE PRODUCTO ES SUMAMENTE EXPLOSIVO BAJO PRESIÓN, PARA AL-

MACENARLO SE LE AÑADEN INHIBIDORES QUE ADEMÁS EVITAN SU PROPIA POLIMERIZACIÓN. ES UN GAS INODORO, INCOLORO, QUE EBULLE A -76.3°C Y SOLIDIFICA A -142.5°C . SU TEMPERATURA Y PRESIÓN CRÍTICA SON 33.3°C Y 572 PSIA. NO ES FLAMABLE NI TÓXICO, - SIN EMBARGO, DEBIDO A LOS SUBPRODUCTOS QUE SE OBTIENEN EN - SU PREPARACIÓN QUE SON TÓXICOS Y FLAMABLES, SE DEBE TENER CUIDADO AL MANEJARLO. SE SABE QUE SU OBTENCIÓN ES DIFÍCIL DEBIDO A QUE EXISTE UN EQUILIBRIO LÍQUIDO-VAPOR SUMAMENTE - COMPLEJO,

ALGUNAS DE SUS PROPIEDADES SON:

PESO MOLECULAR		100.02
PUNTO DE EBULLICIÓN	$^{\circ}\text{C}$	- 76.3
PUNTO DE FUSIÓN	$^{\circ}\text{C}$	-142.5
TEMPERATURA CRÍTICA	$^{\circ}\text{C}$	33.3
PRESIÓN CRÍTICA	PSI	572
CONSTANTE DIELECTRICA		1.0017
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	CAL $^{\circ}\text{C}$ CM/SEG CM^2	3.7×10^{-5}
LÍMITES DE FLAMABILIDAD	% VOLUMEN	NO FLAMABLE

TETRAFLUOROPROPILENO

LA PREPARACIÓN DEL TETRAFLUOROPROPILENO Y LA IDENTIFICACIÓN - DEL MISMO LA REALIZARON D.I. MC CANE E I.M. ROBINSON DE DU PONT Y SE ENCUENTRA PATENTADO. SE SABE QUE REACCIONA CON - HIDRÓGENO, HF, HCL, HBR, PERO NÓ CON HI. ES ESTABLE TÉRMI- CAMENTE HASTA 400°C . FÓRMULA $\text{CH}_2\text{F} - \text{CF} = \text{CF}_2$.

ALGUNAS DE SUS PROPIEDADES SON:

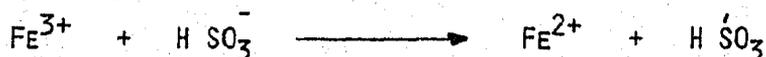
PUNTO DE EBULLICIÓN	$^{\circ}\text{C}$	- 29.4
PUNTO DE FUSIÓN	$^{\circ}\text{C}$	-156.2
TEMPERATURA CRÍTICA	$^{\circ}\text{C}$	85
PRESIÓN CRÍTICA	PSI	472
DENSIDAD CRÍTICA	G / CM^3	0.60

POLIMERIZACION

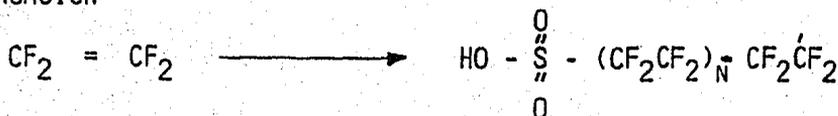
SE SABE QUE LA PRIMERA COPOLIMERIZACIÓN FUE REALIZADA POR H. J. MILLER, EL CUAL USÓ UNA RELACIÓN TETRAFLUROETILENO-TETRAFLUROPROPILENO DE 6 : 1, A -16°C DURANTE 10 DÍAS Y UTILIZANDO COMO CATALIZADOR EL $(\text{Cl}_3\text{CO})_2\text{O}_2$. EN LA ACTUALIDAD SE HAN MEJORADO SUSTANCIALMENTE ESTAS CONDICIONES EN LA COPOLIMERIZACIÓN, QUE SE ENCUENTRAN PATENTADAS POR DU PONT; SE SABE QUE UTILIZAN TEMPERATURAS DESDE 0 A 150°C UTILIZANDO CATALIZADORES COMO EL PbF_4 , AgF_2 , CoF_3 Y AsF_3 .

EL MÉTODO MÁS CONOCIDO DE POLIMERIZACIÓN DEL TEFLÓN, EL CUAL POSÉE UNA ESTRUCTURA MUY SIMILAR AL TEFZEL, SE REALIZA EN MEDIO ACUOSO A PRESIONES SUPERATMOSFÉRICAS EN EL RANGO DE 100 A 1 000 PSI, USANDO OXÍGENO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO COMO INICIADORES. LA POLIMERIZACIÓN SE LLEVA A CABO POR MEDIO DE RADICALES LIBRES, NO SE HA REGISTRADO ESTA POLIMERIZACIÓN POR OTRO MEDIO, CON ETAPAS DE INICIACIÓN Y PROPAGACIÓN. LA TERMINACIÓN SE LLEVA A CABO POR COMBINACIÓN. COMO EJEMPLO, SE TIENE EL MECANISMO DE POLIMERIZACIÓN DEL TEFLÓN A PARTIR DE INICIADORES REDOX:

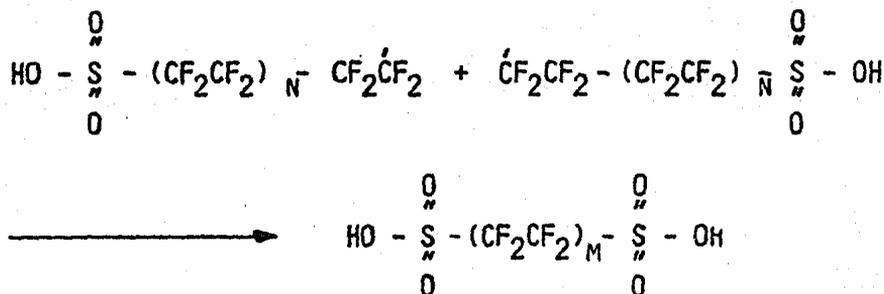
INICIACION



PROPAGACION

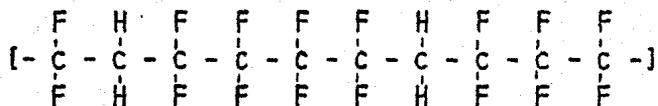


TERMINACION



RELACION ENTRE ESTRUCTURA Y PROPIEDADES

LA ESTRUCTURA PARA EL TEFZEL ES LA SIGUIENTE:



SE TIENEN EVIDENCIAS DE QUE EL TEFZEL ES UN POLÍMERO COMPLETAMENTE LINEAR Y SIN RAMIFICACIONES, DEBIDO A QUE SU ÍNDICE DE CRISTALINIDAD ES DE ALREDEDOR DEL 90% ADEMÁS DE TENER UN PUNTO DE FUSIÓN MUY DEFINIDO Y GRAN HABILIDAD DE ORIENTACIÓN. ESTE POLÍMERO DEBE SU GRAN COMBINACIÓN DE PROPIEDADES EN UN AMPLIO RANGO DE TEMPERATURA A SU ESTRUCTURA DE PERFLUOROCARBONO. EL FLÚOR QUE ES EL ELEMENTO QUÍMICO MÁS REACTIVO QUE SE CONOCE, UNA VEZ QUE REACCIONA FORMA COMPUESTOS DE GRAN ESTABILIDAD. POR LO QUE LA ESTRUCTURA DE PERFLUOROCARBONO, QUE ES EL ENLACE DE FLUOR-CARBONO, UNO DE LOS ENLACES MÁS FUERTES EN QUÍMICA ORGÁNICA, HACE QUE EL TEFZEL SEA MUY RESISTENTE A ATAQUES QUÍMICOS. OTRA DE LAS CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DEL TEFZEL ES EL TAMAÑO EFECTIVO DE LOS ÁTOMOS DE FLÚOR CON RESPECTO A LOS DE CARBONO E HIDRÓGENO QUE ES MUCHO MAYOR Y QUE FORMAN UNA CAPA HOMOGÉNEA PROTECTORA ALREDEDOR DEL ESQUELETO DE ÁTOMOS DE CARBONO Y QUE EVITA QUE AGENTES REATIVOS PUEDAN ATACAR EL ENLACE CARBONO-CARBONO.

ES CONVENIENTE QUE PARA ENTENDER LAS PROPIEDADES DEL TEFZEL QUE SE ENUMERAN EN SEGUIDA, SE DEBA TENER EN CUENTA LO SIGUIENTE:

- 1.- LOS ENLACES PRIMARIOS ENTRE LOS ÁTOMOS DEL POLÍMERO: C - C, C - F SON DE LOS MÁS FUERTES QUE SE CONOCEN EN COMPUESTOS ORGÁNICOS.
- 2.- EL ARREGLO SIMÉTRICO DE LOS ÁTOMOS DE FLÚOR (ÁTOMOS - GRANDES), ALREDEDOR DEL ESQUELETO DE CARBONO FORMA UNA CAPA PROTECTORA CASI IMPENETRABLE PARA AGENTES REACTIVOS.
- 3.- LAS FUERZAS DE ATRACCIÓN ENTRE LAS CADENAS DEL POLÍMERO SON RELATIVAMENTE DÉBILES.

PROPIEDADES GENERALES DEL TEFZEL

PROPIEDADES	UNIDADES	VALOR
RESISTENCIA A LA TENSIÓN	PSI	6 500
	N/MM ²	44.8
ELONGACIÓN	%	200
ESFUERZO DE COMPRESIÓN	PSI	7 100
	N/MM ²	48.9
ESFUERZO CORTANTE MÁXIMO	PSI	6 000
	N/MM ²	41.3
CALOR ESPECÍFICO		0.46 - 0.47
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	BTU IN/HR FT ² °F	1.65
	KCAL/HR M °C	0.205
MÓDULO DE TENSIÓN	PSI	120 000
	N/MM ²	827
MÓDULO DE FLEXIÓN	PSI	200 000
	N/MM ²	965
GRAVEDAD ESPECÍFICA		1.7

PUNTO DE FUSIÓN	°F	520
	°C	270
ABSORCIÓN DE HUMEDAD	%	0,029
DUREZA	ROCKWELL	R 50
CONSTANTE DIELECTRICA		2,6
RESISTIVIDAD VOLUMÉTRICA	OHM - CM	MÁS DE 10^{16}
RESISTIVIDAD SUPERFICIAL	OHM	5×10^{14}
FLAMABILIDAD	* OI (30)	94 V - O

* OI: CANTIDAD DE OXÍGENO (% EN VOLUMEN) QUE SE REQUIERE - EN LA ATMÓSFERA PARA QUE SE LLEVE A CABO LA COMBUSTIÓN DE - MATERIAL. EL TEFZEL NECESITA 30% EN VOLUMEN DE OXÍGENO EN LA ATMÓSFERA PARA QUEMARSE. OI SIGLAS DE GENERAL ELECTRIC LIMITING OXIGEN INDEX.

ALGUNOS DATOS TERMODINÁMICOS DEL TEFZEL:

PUNTO DE FUSIÓN	520°F - 270°C
CALOR DE SUBLIMACIÓN	-100 CAL/G
	-180 BTU/LB
	112 KCAL/MOL*
CALOR DE FUSIÓN	11 CAL/G
	19.3 BTU/LB
CALOR DE COMBUSTIÓN (OI-30)	3 278 CAL/G
	5 900 BTU/LB
CALOR ESPECÍFICO	0.46 - 0.47 CAL/G °C
	0.46 - 0.47 BTU/LB °F
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	1.65 BTU IN/HR °F FT ²
	0.000571 CAL/SEG CM °C
TENSIÓN SUPERFICIAL	22 DINAS/CM

DE LOS DATOS OBSERVADOS SE SABE QUE EL TEFZEL POSÉE PROPIEDADES MUY VENTAJOSAS DESDE EL PUNTO DE VISTA DE APLICACIÓN TÉCNICA, COMO LO ES EL RECUBRIMIENTO EN LÍNEAS CONDUCTORAS ELÉCTRICAS. MECÁNICAMENTE ES RESISTENTE, EXISTEN ALGUNOS PLÁSTICOS MÁS RESISTENTES PERO NO EN UN RANGO DE TEMPERATURAS TAN AMPLIO. ES ADEMÁS SUMAMENTE RESISTENTE A LA ABRA--SIÓN, YA QUE SU COEFICIENTE DE FRICCIÓN ES REALMENTE BAJO - DEL ORDEN DE 0.07 - 0.14 SOBRE METALES. LA ENERGÍA LIBRE - SUPERFICIAL ES MUY BAJA, PARA UN MATERIAL SÓLIDO, POR LO QUE POCOS LÍQUIDOS MOJAN ESTE MATERIAL, TALES COMO EL ÉTER ETÍLICO, HEXANO E ISOPENTENO. EL TEFZEL ES SUMAMENTE ESTABLE A ALTAS TEMPERATURAS Y PUEDE SER USADO CONTÍNUAMENTE A 200°C SIN SUFRIR NINGUNA ALTERACIÓN DE SUS PROPIEDADES. LA RESISTENCIA QUÍMICA DEL TEFZEL PERSISTE AÚN A ALTAS TEMPERATURAS Y A PERÍODOS PROLONGADOS DE TIEMPO, AGENTES TALES COMO EL ÁCIDO SULFÚRICO FUMANTE, AGUA REGIA, ÁCIDO NÍTRICO, CLORHÍDRICO, HIDRÓXIDO DE SODIO Y PERÓXIDO DE SODIO NO AFECTAN IMPORTANTEMENTE AL POLÍMERO. DEBIDO A SU SIMETRÍA NO POLAR, EL TEFZEL TIENE EXCELENTES PROPIEDADES ELÉCTRICAS, COMO ALTA RESISTENCIA, BAJO COEFICIENTE DIELECTRICO, ADEMÁS DE SER SUMAMENTE RESISTENTE A RADIACIONES DE ALTA ENERGÍA.

CAPITULO III

EXTRUSION

EL TEFZEL FUNDE A 520°F (271°C). EN GENERAL SE PUEDE DECIR QUE LAS TEMPERATURAS DE EXTRUSIÓN DEL TEFZEL SE ENCUENTRAN DE 50 A 150°F (28 A 83°C) ARRIBA DE ÉSTA TEMPERATURA Y EN - ALGUNOS CASOS MÁS ARRIBA PARA TIEMPOS DE RESIDENCIA MUY CORTOS. COMO EN LA MAYORÍA DE LOS TERMOPLÁSTICOS EL TEFZEL - FUNDIDO SE FRACTURA CUANDO SE EXCEDE UNA VELOCIDAD CRÍTICA DE EXTRUSIÓN, LA CUAL SE ENCUENTRA DEFINIDA POR LA TEMPERATURA, PRESIÓN Y GEOMETRÍA DE DATOS UTILIZADOS. EL TEFZEL - PULVERIZADO ES SUMAMENTE CORROSIVO POR LO QUE LAS PARTES DEL EXTRUSOR QUE SE ENCUENTREN EN CONTACTO CON ÉL, COMO SON: BARRIL, TORNILLO, ADAPTADOR, PORTAMALLAS, MALLAS, CABEZA Y DATOS, DEBEN ESTAR FABRICADOS DE ALEACIONES ESPECIALES RESISTENTES A LA CORROSIÓN. ENTRE LOS MATERIALES MÁS UTILIZADOS SE ENCUENTRA EL "HASTELLOY C" Y EL "MONEL 400". LA CORROSIÓN SE ACELERA A MEDIDA QU SE DEGRADA LA RESINA, ÉSTO SUCEDE - CUANDO SE UTILIZAN TEMPERATURAS MUY ALTAS, TIEMPOS DE RESIDENCIA MUY CORTOS O EXISTEN ZONAS DE ESTANCAMIENTO DENTRO - DEL BARRIL.

EQUIPO DE EXTRUSION

EXTRUSOR

PARA FABRICAR CONDUCTORES DE ESPESORES EN EL AISLAMIENTO DE HASTA 0.500 PULGADAS, SE PUEDE UTILIZAR UN EXTRUSOR DE 2 IN. DE DIÁMETRO EN EL BARRIL Y UNA RELACIÓN LONGITUD-DIÁMETRO - DE 20 : 1. DEBIDO A LAS ALTAS TEMPERATURAS UTILIZADAS EN - LA EXTRUSIÓN DEL TEFZEL ES NECESARIO CONTAR EN EL EXTRUSOR CON CUATRO ZONAS DE CALENTAMIENTO CON CONTROLADORES DE TEM

PERATURA CON CAPACIDAD DE HASTA 800°F (425°C) Y PRECISIÓN - DE $\pm 5^\circ\text{F}$ (3°C).

NO ES NECESARIO TENER UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DENTRO DEL BARRIL, AUNQUE ES RECOMENDABLE COMO MEDIDA PREVENTIVA.

EL SISTEMA MOTRIZ DEL TORNILLO DEBE REGULAR LA VELOCIDAD ANGULAR DE ÉSTE HASTA EN 1 RPM. LAS VELOCIDADES VARÍAN ALREDEDOR DE 3 A 50 RPM. SE PUEDE UTILIZAR UN MOTOR DE 15 HP - CON BUENOS RESULTADOS.

TORNILLO

EL TORNILLO CONDUCE AL PLÁSTICO A TRAVÉS DEL BARRIL Y EL ESFUERZO O TRABAJO QUE EJERCE SOBRE ÉL, HACE QUE LAS TEMPERATURAS DE EXTRUSIÓN SEAN MAYORES QUE LAS MARCADAS POR LOS REGISTRADORES DE TEMPERATURA. EL BARRIL ESTÁ DISEÑADO PARA RECOGER EL TEFZEL EN FORMA SÓLIDA (PELETIZADO) Y ENTREGARLO FUNDIDO HOMOGÉNEAMENTE A LA SALIDA DEL EXTRUSOR. TIENE UN PASO DE LA MISMA MAGNITUD QUE SU DIÁMETRO COMO SE MUESTRA EN LA SIGUIENTE TABLA DE MEDIDAS PARA ALGUNOS TORNILLOS:

DIÁMETRO	PASO	PROFUNDIDAD ZONA 1	PROFUNDIDAD ZONA 3	ANCHO DEL DIENTE
1 1/2	1 1/2	0.255	0.085	0.150
1 3/4	1 3/4	0.290	0.097	0.175
2	2	0.330	0.110	0.200
2 1/2	2 1/2	0.420	0.140	0.250

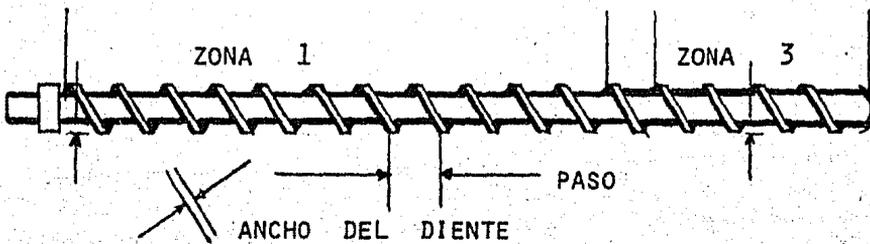


FIG. 6

EL TORNILLO TAL COMO SE MUESTRA EN LA FIGURA CONSISTE EN:

- 1.- UNA SECCIÓN DE ALIMENTACIÓN (ZONA 1), QUE ES LA PARTE DEL TORNILLO QUE RECOGE AL PLÁSTICO EN FORMA PELETIZADA. LOS CANALES DEL TORNILLO EN ESTA ZONA SON LOS MÁS PROFUNDOS.
- 2.- UNA ZONA DE TRANSICIÓN (ZONA 2), QUE CONECTA LAS ZONAS DE ALIMENTACIÓN Y DE HOMOGENEIZACIÓN. ES AQUÍ DONDE SE FUNDE EL PLÁSTICO EN APROXIMADAMENTE MEDIA VUELTA - DEL TORNILLO EN UNA COMPRESIÓN DEL PLÁSTICO.
- 3.- UNA ZONA DE HOMOGENEIZACIÓN (ZONA 3), QUE COMPRENDE APROXIMADAMENTE EL 25% DE LA LONGITUD DEL TORNILLO. EN ESTA ZONA SE IMPULSA AL PLÁSTICO CON UNA VELOCIDAD Y PRESIÓN UNIFORMES. LA PRESIÓN GENERADA ES TAL QUE PERMITE AL PLÁSTICO ATRAVESAR LOS DADOS. LA PROFUNDIDAD DEL CANAL DEL TORNILLO EN ESTA ZONA ES DE UN TERCIO DE LA PRIMERA ZONA.

EL TORNILLO TIENE LA PUNTA REDONDEADA CON EL FIN DE QUE EN ESE PUNTO EL PLÁSTICO NO SE ESTANQUE, LO QUE PROVOCARÍA DEGRADACIÓN Y VARIACIÓN EN LA PRESIÓN Y FLUJO DEL PLÁSTICO.

TEMPERATURA DE MEZCLA O DE FUNDIDO

ESTA ES UNA DE LAS VARIABLES A LAS QUE SE LE DEBE TENER MÁS ATENCIÓN, YA QUE DETERMINA LA TEMPERATURA DEL PLÁSTICO A LA SALIDA DEL EXTRUSOR Y QUE NO ES NECESARIAMENTE LA MISMA QUE MARCAN LOS MEDIDORES, DEBIDO A QUE LA ENERGÍA MECÁNICA RECIBIDA DEL TORNILLO HACE QUE LA TEMPERATURA DEL PLÁSTICO AUMENTE. CON ESTA TEMPERATURA SE AJUSTAN LAS TEMPERATURAS DE LA CABEZA, MORDAZA Y DADOS, DE TAL MANERA QUE NO EXISTAN GRANDES DIFERENCIAS QUE CAUSEN PÉRDIDAS DE CALOR, ENFRIAMIENTO DEL PLÁSTICO QUE CAUSA UN ESTANCAMIENTO Y DEGRADACIÓN DEL MISMO Y VARIACIONES EN LA PRESIÓN DEL EQUIPO. UN PERFIL DE TEMPERATURAS TÍPICO EN LA EXTRUSIÓN DEL TEFZEL Y QUE PUEDE

SERVIR COMO GUÍA ES EL SIGUIENTE:

SECCIÓN DE ALIMENTACIÓN	525 - 575°F	274 - 302°C
SECCIÓN DE TRANSICIÓN	550 - 600°F	288 - 316°C
SECCIÓN DE HOMOGENEIZACIÓN	575 - 625°F	302 - 329°C
TEMPERATURA DE MEZCLA	575 - 625°F	302 - 329°C
TEMPERATURA DE LA CABEZA	575 - 625°F	302 - 329°C
TEMPERATURA DEL DADO	625 - 675°F	329 - 357°C

LA TEMPERATURA DE LA CABEZA DEBE SER LA MISMA QUE LA TEMPERATURA DE MEZCLA PARA QUE NO HAYA PÉRDIDAS DE CALOR. DEBIDO A QUE LA RESINA ESTÁ EN EL DADO POR UN TIEMPO DE RESIDENCIA MUY CORTO, LA TEMPERATURA DEL PLÁSTICO SE PUEDE ELEVAR PARA AUMENTAR LAS VELOCIDADES DE EXTRUSIÓN SIN AFECTAR MAYORMENTE AL PLÁSTICO.

TECNOLOGIA DE EXTRUSION

COMO PARA LA MAYORÍA DE LOS TERMOPLÁSTICOS, LAS VELOCIDADES DE EXTRUSIÓN PARA EL TEFZEL SE ENCUENTRAN LIMITADAS POR: FRACTURA O RUGOSIDAD DEL EXTRUIDO, COMO LÍMITE SUPERIOR Y DEGRADACIÓN DEL PLÁSTICO, COMO LÍMITE INFERIOR. LA VENTAJA EN EL PROCESAMIENTO DE ESTE PLÁSTICO ES QUE DEBIDO A SU GRAN RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE LOS LÍMITES SON MÁS AMPLIOS. ENTONCES ES POSIBLE UTILIZAR ALTAS VELOCIDADES Y GRANDES REDUCCIONES DE ÁREA EN EL CONO DE TEFZEL ANTES DE CUBRIR AL TORÓN. A LA SALIDA DE LOS DADOS EL TEFZEL PUEDE TENER UNA APARIENCIA RUGOSA, A ESTA RUGOSIDAD SE LE CONOCE COMO MELT FRACTURE (RASGAMIENTO DEL PLÁSTICO CUANDO ESTÁ FUNDIDO), QUE EN REALIDAD ES UN ESCURRIMIENTO DEL PLÁSTICO FUNDIDO SOBRE SÍ MISMO DEBIDO AL EXCESIVO ESFUERZO DE CORTE REALIZADO POR EL TEFZEL A LA SALIDA DE LOS DADOS. ÉSTA FRACTURA PUEDE TENER VARIOS GRADOS DE RUGOSIDAD, LOS QUE DEBEN ESTAR BIEN IDENTIFICADOS PARA EVITAR CONFUNDIRLOS CON DEFECTOS CAUSADOS POR BURBUJAS O DEGRADACIÓN DEL PLÁSTICO. PARA IDENTIFICAR LA CONDICIÓN DE FRACTURA SE DEBE DE OBSERVAR LA SUPERFICIE

DEL EXTRUIDO, SI ES RUGOSA SE PROCEDE A DISMINUIR LA VELOCIDAD DE EXTRUSIÓN; SI A MEDIDA QUE SE REDUCE LA VELOCIDAD LA RUGOSIDAD DESAPARECE, LA CONDICIÓN DE FRACTURA ESTABA PRESENTE. SI POR EL CONTRARIO LA RUGOSIDAD PERSISTE O SE INCREMENTA LA CAUSA ES DEGRADACIÓN DE LA RESINA. CUANDO SE TIENEN TEMPERATURAS, GEOMETRÍA DE DADOS Y ENFRIAMIENTO CONSTANTES, LA SIGUIENTE FIGURA MUESTRA LA RELACIÓN ENTRE VELOCIDAD DE EXTRUSIÓN Y ESFUERZO CORTANTE. SE PODRÍA DECIR QUE YA QUE EL ESFUERZO CORTANTE ES PROPORCIONAL AL DIFERENCIAL DE PRESIONES DEL EXTRUSOR CON RESPECTO A LA ATMOSFÉRICA, ENTONCES LA FIGURA REPRESENTA VELOCIDAD DE EXTRUSIÓN VS. PRESIÓN DE EXTRUSIÓN.

REGION	I	II	III	IV	V
APARIENCIA DE LA SUPERFICIE	BURBUJAS	LISA	MUY RUGOSA	LISA RASGADA	

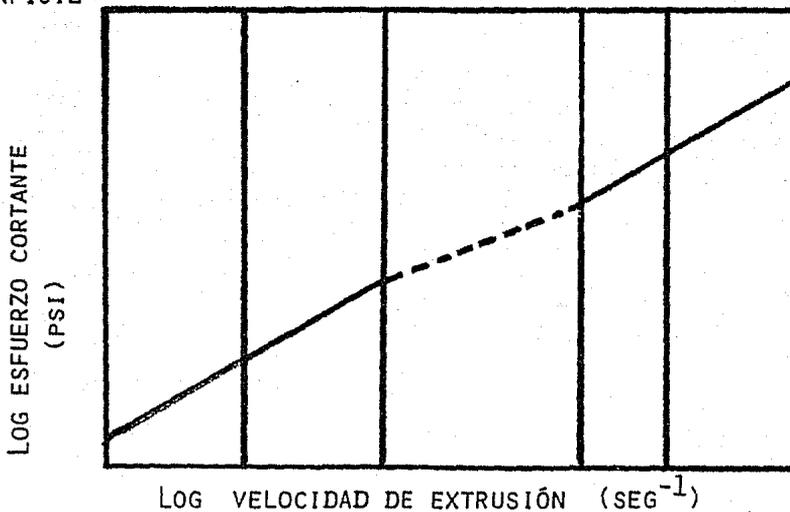


FIG. 7

EN ESTA FIGURA SE OBSERVA QUE A MEDIDA QUE AUMENTA LA VELOCIDAD DE EXTRUSIÓN, AUMENTA EL ESFUERZO CORTANTE DEL PLÁSTICO A LA SALIDAD DE LOS DADOS. SE OBSERVA QUE EXISTEN CINCO

ZONAS DE EXTRUSIÓN. LA REGIÓN I, REPRESENTA VELOCIDADES TAN BAJAS O TIEMPOS DE RESIDENCIA TAN LARGOS QUE SE DEGRADA LA RESINA A LAS TEMPERATURAS UTILIZADAS. LA REGIÓN II ES UNA REGIÓN BASTANTE AMPLIA DE OPERACIÓN DONDE SE EFECTÚAN LA MAYORÍA DE LAS EXTRUSIONES. LA REGIÓN III ES UNA ZONA DE EXTRUIDO RUGOSO QUE ES MÁ S AFECTADO POR UN AUMENTO DE VELOCIDAD QUE POR UN AUMENTO DE PRESIÓN (LA PENDIENTE DE LA RECTA ES MENOR). LA REGIÓN IV ES UNA ZONA DE EXTRUIDO LISO PERO ES TAN PEQUEÑA Y LAS VELOCIDADES REQUERIDAS TAN ALTAS QUE ES DIFÍCIL CONTROLAR LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL EXTRUSOR PARA UN EXTRUIDO ADECUADO. LA ZONA V ES DE UNA RUGOSIDAD TAN GRANDE QUE EL AISLAMIENTO DEL PLÁSTICO SOBRE EL TORÓN SE RASGA. LOS RANGOS DE ESTA GRÁFICA SON DE 570 A 800°F (299 A 427°C) Y DE 2 000 A 3 000 PSI (140 A 210 KG./CM²).

EN LA SIGUIENTE FIGURA SE MUESTRA LA RELACIÓN ENTRE ESFUERZO CORTANTE Y VELOCIDAD DE EXTRUSIÓN CON LA GEOMETRÍA DE DA DOS Y PRESIÓN DE OPERACIÓN.

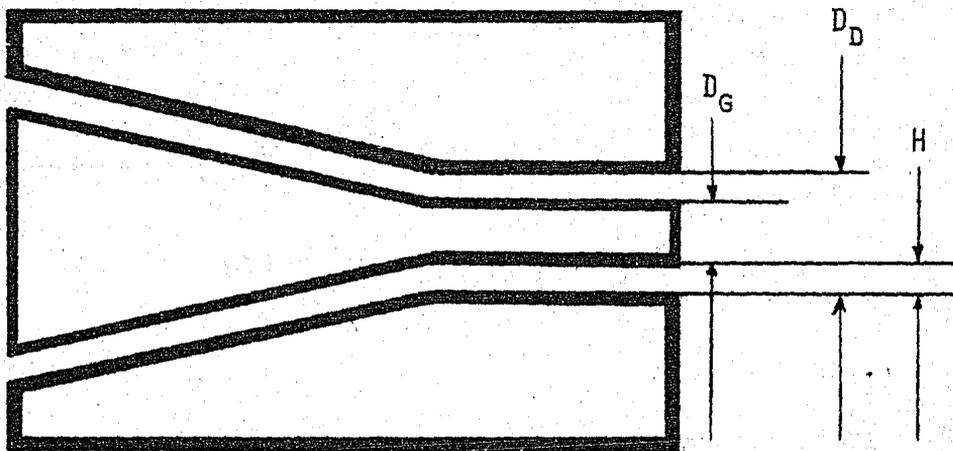


FIG. 8

$$\text{VELOCIDAD DE FLUJO} = \frac{6 Q}{W H^2}$$

$$\text{ESFUERZO CORTANTE} = \frac{P H}{2 L}$$

LA DENSIDAD DEL TEFZEL FUNDIDO ES DE APROXIMADAMENTE 1.3 G/CM³ (Y DE 1.7 G/CM³ A TEMPERATURA AMBIENTE), POR LO QUE SUS TITUYENDO ÉSTE VALOR EN LA FÓRMULA ANTERIOR DE FLUJO VOLUMÉTRICO, SE OBTIENE LA EXPRESIÓN EN FLUJO MÁSICO.

$$* \text{ VELOCIDAD DE FLUJO} = \frac{0.0355 Q}{W H^2}$$

$$** \text{ VELOCIDAD DE FLUJO} = \frac{1.282 Q}{W H^2}$$

D_D = DIÁMETRO INTERNO DEL DADO

D_G = DIÁMETRO EXTERNO DE LA GUÍA

H = ABERTURA ANULAR ENTRE EL DADO Y GUÍA.
ES IGUAL A $(D_D - D_G) / 2$

W = CIRCUNFERENCIA PROMEDIO

L = LONGITUD DE PASO EN LA GUÍA

P = CAÍDA DE PRESIÓN A TRAVÉS DEL DADO

q = FLUJO VOLUMÉTRICO (IN³ / HR)

Q = FLUJO MÁSICO (LB / HR)

$$* \quad q \quad (\text{IN}^3 / \text{SEG}) = 0.0059 \quad Q \quad (\text{LB} / \text{HR})$$

$$** \quad q \quad (\text{CM}^3 / \text{SEG}) = 0.214 \quad Q \quad (\text{KG} / \text{HR})$$

* SISTEMA INGLÉS DE UNIDADES

** SISTEMA MKS DE UNIDADES

TECNICA DE RECUBRIMIENTO DE TORONES

MEDIDAS DE DADO Y GUIA

PARA EXTRUIR TEFZEL EN CONDUCTORES, SE UTILIZAN DADOS CILÍNDRICOS PARA "ENTUBAR" A LOS TORONES. SE UTILIZAN VELOCIDADES DE EXTRUSIÓN QUE CORRESPONDEN A LA ZONA IV DE LA GRÁFICA PRESIÓN VS VELOCIDAD. A ÉSTAS VELOCIDADES SE DESARROLLA UN ESFUERZO CORTANTE SOBRE EL PLÁSTICO, QUE PUEDE LLEGAR A SER IMPORTANTE POR LO QUE ES FUNDAMENTAL CONTROLAR EL "JALÓN" O LA FUERZA CON QUE EL TORÓN JALA AL PLÁSTICO FUNDIDO A LA SALIDA DE LOS DADOS Y ANTES DE CUBRIR EL TORÓN. SE UTILIZA EL TIPO DE EXTRUSIÓN CONOCIDA COMO EXTRUSIÓN DE CONO O A VACÍO. LOS LÍMITES DE EXTRUSIÓN SON LA FRACTURA DEL PLÁSTICO Y LA ADHERENCIA DEL MISMO AL TORÓN.

INDICE DE REDUCCION DE AREA

SE DEFINE COMO EL COCIENTE DEL ÁREA TRANSVERSAL EXTRUIDA, A LA SALIDA DE LOS DADOS ENTRE EL ÁREA TRANSVERSAL DEL PLÁSTICO EN EL AISLAMIENTO DEL CONDUCTOR. LA MAGNITUD DEL ÍNDICE DETERMINA QUE TAN AFIN ES EL PLÁSTICO CONSIGO MISMO, ESTO ES, QUÉ TANTO SE CUELGA O ESCURRE EL TEFZEL FUNDIDO SOBRE SÍ. A MÁS ALTOS VALORES DEL ÍNDICE, MAYORES VELOCIDADES DE EXTRUSIÓN SE PUEDEN LOGRAR. PARA EL TEFZEL SE PUEDEN UTILIZAR ÍNDICES DEL 1 AL 235. PARA EMPEZAR A EXPERIMENTAR EN EL DISEÑO DE NUEVAS CONSTRUCCIONES, SE PUEDE EMPEZAR CON UN VALOR DE 100. ESTE ÍNDICE SÓLO TIENE SENTIDO EN EXTRUSIÓN AL VACÍO.

$$I.R.A. = \frac{D_D^2 - D_G^2}{D_{CW}^2 - D_W^2}$$

LA REDUCCIÓN DE ÁREA SE LLEVA A CABO ENTRE LA SALIDA DEL PLÁSTICO DE LOS DADOS Y HASTA ANTES DE CUBRIR EL TORÓN. TIENE FORMA DE CONO, QUE SE FORMA SUCCIONANDO AIRE DEL INTERIOR DEL CONO, DE AHÍ EL NOMBRE DE EXTRUSIÓN A VACÍO.

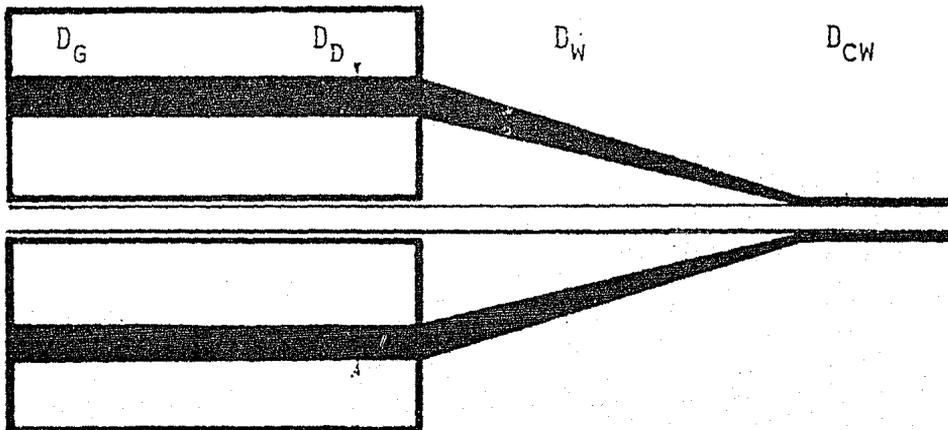


FIG. 9

$$\text{INDICE DE REDUCCIÓN DE ÁREA} = \frac{D_D^2 - D_G^2}{D_{CW}^2 - D_W^2}$$

- D_D = DIÁMETRO DEL DADO
 D_W = DIÁMETRO DEL TORÓN
 D_{CW} = DIÁMETRO DEL CONDUCTOR
 D_G = DIÁMETRO DE LA GUÍA

BALANCE DE DIAMETROS

SE PUEDE OBTENER EL VALOR DEL ÍNDICE DESEADO DE REDUCCIÓN DE ÁREA A PARTIR DE VARIAS COMBINACIONES DE GUÍA-DADO, PERO SÓLO EN ALGUNA DE ELLAS SE OBTIENE EL BALANCE DE DIÁMETROS. ESTE SE DEFINE COMO EL COCIENTE DE LA RELACIÓN DIÁMETRO DE

DADO-DIÁMETRO DEL CONDUCTOR CON LA RELACIÓN DIÁMETRO DE LA GUÍA-DIÁMETRO DEL TORÓN.

$$\text{BALANCE DE DIÁMETROS} = \frac{D_D / D_{CW}}{D_G / D_W}$$

EL VALOR DE ESTE COCIENTE DEBE SER DE APROXIMADAMENTE DE 1, SI ES ASÍ LA COMBINACIÓN GUÍA-DADO ESTÁ BALANCEADA Y EL PLÁSTICO CONVERGE PERFECTAMENTE SOBRE EL EJE AXIAL DEL TORÓN. SI EL VALOR ES MENOR DE 0.9 EL PLÁSTICO NO CONVERGE ADECUADAMENTE Y LA MEZCLA FUNDIDA DE PLÁSTICO SE CUELGA SOBRE EL TORÓN Y EL CONDUCTOR ADQUIERE FORMA DE GOTA. SI EL COEFICIENTE ES MAYOR DE 1.1 EL PLÁSTICO CUBRE AL TORÓN EN FORMA INTERMITENTE DEJANDO ZONAS DEL TORÓN SIN CUBRIR QUE AFECTAN DEFINITIVAMENTE LA CALIDAD DEL CONDUCTOR.

0.9 < EQUILIBRIO O BALANCE ENTRE < 1.1
DIÁMETROS

GUIA PARA LA SELECCION DE DADO Y GUIA ADECUADOS

PARA LA SELECCIÓN DEL DADO Y GUÍA ADECUADOS SE PUEDE SEGUIR EL SIGUIENTE PROCEDIMIENTO. (PARA ESTA SELECCIÓN SE UTILIZA UN VALOR DE 100 PARA EL ÍNDICE DE REDUCCIÓN DE ÁREA).

- 1.- EL DIÁMETRO EXTERIOR DE LA GUÍA DEBE SER APROXIMADAMENTE 10 VECES MAYOR QUE EL DIÁMETRO DEL TORÓN.
- 2.- EL DIÁMETRO INTERNO DEL DADO DEBE SER APROXIMADAMENTE 10 VECES MAYOR QUE EL DIÁMETRO DEL CONDUCTOR.
- 3.- NO ES NECESARIO QUE LOS DIÁMETROS SEAN EXACTAMENTE 10 VECES MÁS GRANDES, PERO SÍ QUE LOS VALORES DE DIÁMETRO DE GUÍA/TORÓN Y DIÁMETRO DE DADO/CONDUCTOR SEAN PROPORCIONALES. DE OTRA MANERA EL CONDUCTOR NO ES CONCÉNTRICO Y SE DICE QUE NO ESTÁ BALANCEADO.
- 4.- UNA VEZ SELECCIONADOS EL DADO Y GUÍA DE ESTA MANERA, SE CALCULA EL ÁREA ANULAR CONTENIDA ENTRE ELLOS Y SE -

COMPARA CON EL ÁREA DE FLUJO INTERNA DE LA CABEZA Y DEBE SER CUANDO MENOS DEL 80% DE ÉSTA ÚLTIMA, PARA ASEGURAR UN FLUJO Y PRESIÓN UNIFORMES DURANTE EL PROCESO.

EN LA EXTRUSIÓN DE CONDUCTORES DE GRUESO CALIBRE, EL LÍMITE PARA EL TAMAÑO DEL DADO ESTÁ DADO POR LA CAPACIDAD DE LA CABEZA UTILIZADA. CUANDO SE UTILIZA UN VALOR DEL ÍNDICE DE REDUCCIÓN DIFERENTE A 100 (PARA AUMENTAR VELOCIDADES), SE RESUELVE EL SISTEMA DE ECUACIONES DE ÍNDICE DE REDUCCIÓN Y BALANCE DE DIÁMETROS. EN LOS CONDUCTORES SE CONOCE EL DIÁMETRO DEL TORÓN, EN BASE A FLEXIBILIDAD Y RESISTENCIA ELÉCTRICA REQUERIDAS Y EL DIÁMETRO DEL CONDUCTOR, EN BASE A LAS NECESIDADES DE RESISTENCIA MECÁNICA, TÉRMICA Y QUÍMICA.

$$D_{CW} = \text{CONSTANTE DE VALOR CONOCIDO}$$

$$D_W = \text{CONSTANTE DE VALOR CONOCIDO}$$

CONOCIENDO ESTOS DOS VALORES LAS ECUACIONES SE REDUCEN A:

$$\text{I.R.A.} = \frac{(D_D^2 - D_G^2)}{K} \quad \text{BALANCE } \emptyset = K' \frac{D_D}{D_G}$$

RESOLVIENDO:

$$D_G = \left[\frac{\text{I.R.A.} \cdot K}{(\frac{\text{BAL. } \emptyset}{K'})^2 - 1} \right]$$

$$D_D = \left(\frac{\text{BAL. } \emptyset}{K'} \right) D_G$$

PARA UNA CABEZA DE LAS UTILIZADAS NORMALMENTE EN EL EXTRUSOR DE 2" EL 80% DEL ÁREA DE FLUJO ES DE APROXIMADAMENTE DE ½ PULGADA CUADRADA Y PUEDE CONTENER DADOS DE HASTA 1½".

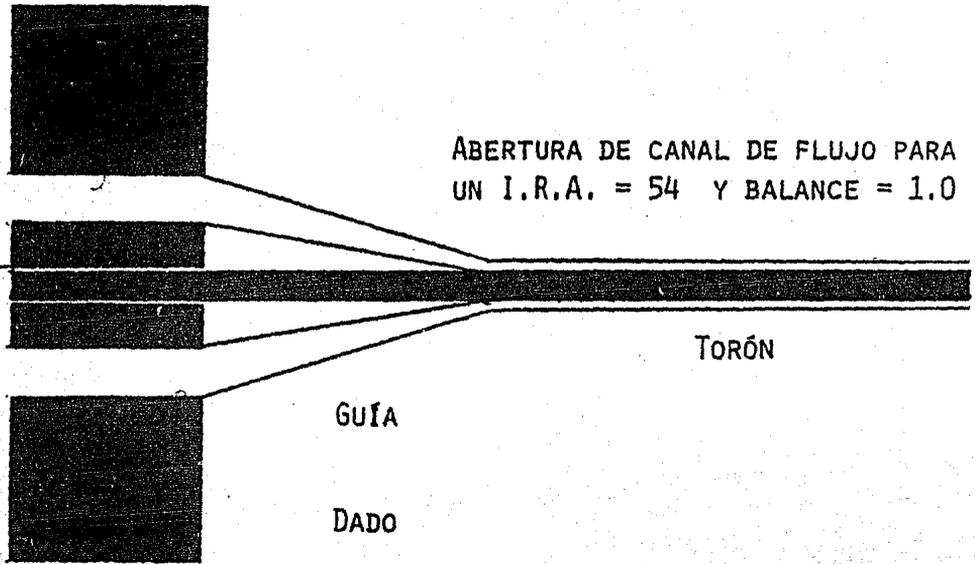


FIG. 10

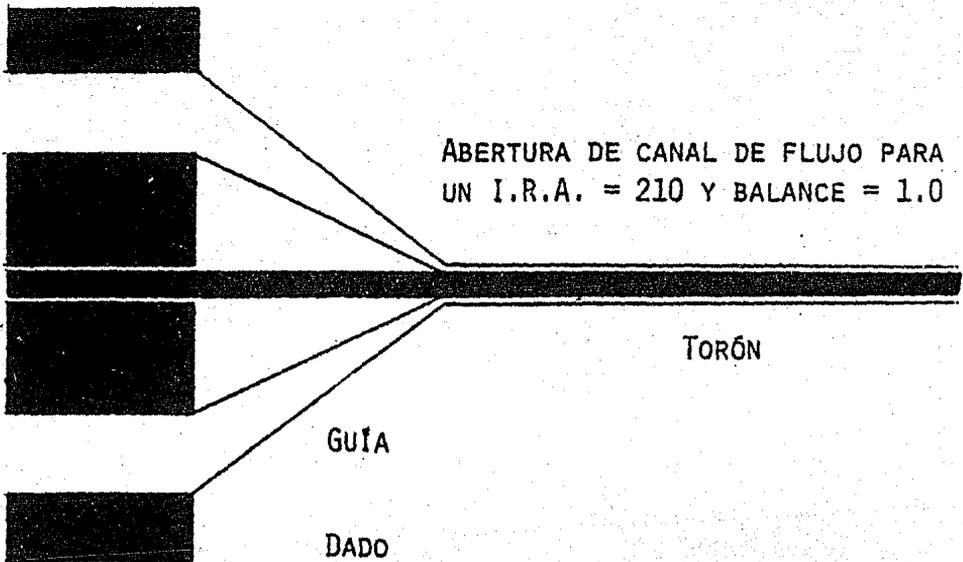


FIG. 11

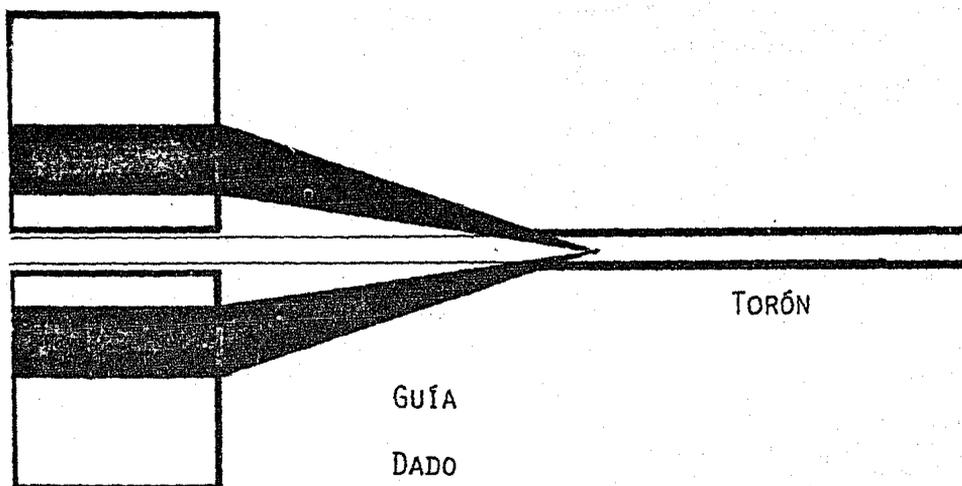


FIG. 12

LAS LÍNEAS OSCURAS QUE SE PROLONGAN DE LA DIRECCIÓN DE FLUJO DEL PLÁSTICO ILUSTRAN LA CONVERGENCIA DEL TEFZEL SOBRE EL EJE DEL TORÓN, PARA UN BALANCE DE 1.0 Y UN I.R.A. = 54

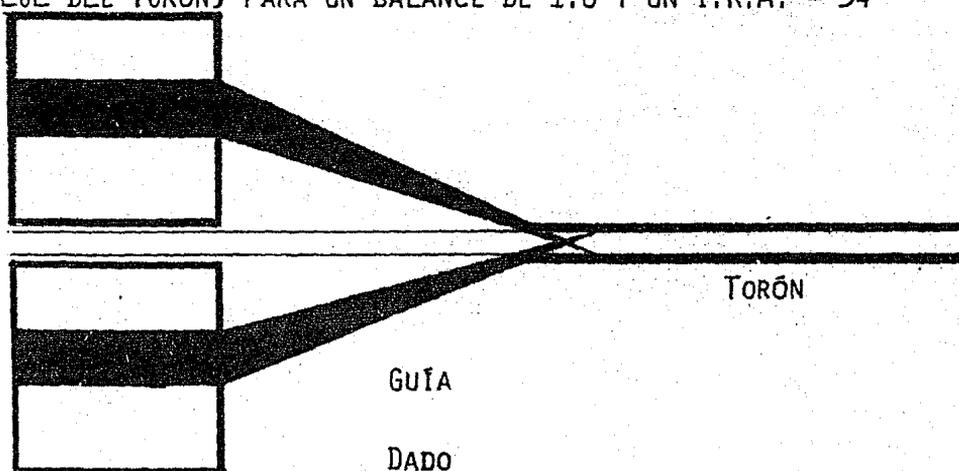
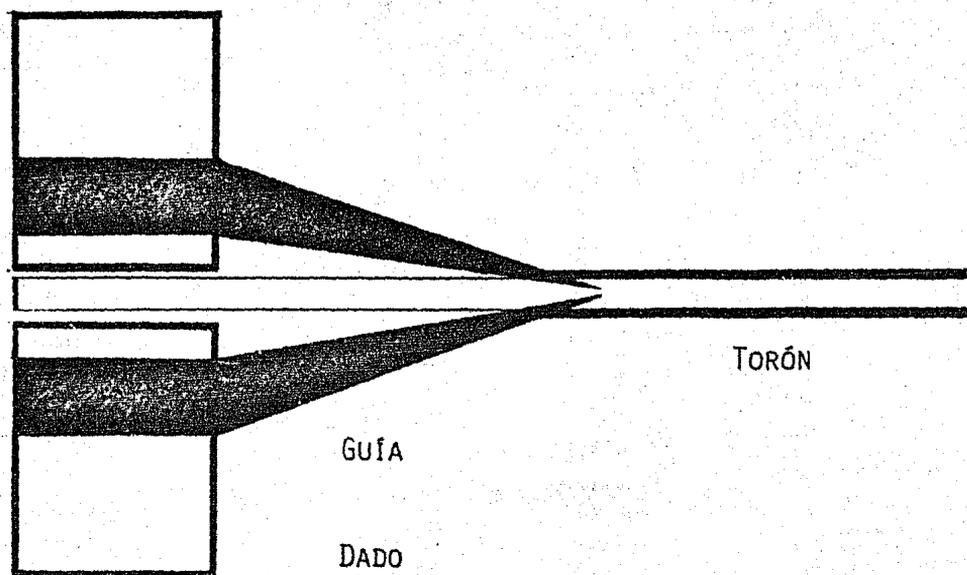


FIG. 13

LAS LÍNEAS OSCURAS TIENEN LA FINALIDAD DE ILUSTRAR LA "SOBRECÓNCAVENCIA" DE LA RESINA SOBRE EL EJE DEL TORÓN, EL BALANCE ES MENOR A 0.9 Y EL I.R.A. = 54



LAS LÍNEAS OSCURAS MUESTRAN LA FALTA DE CONVERGENCIA DEL PLÁSTICO SOBRE EL EJE DEL TORÓN DEBIDO A UN BALANCE MAYOR A 1.1 Y UN I.R.A. = 54

FIG. 14

CAPITULO IV.

PARTE EXPERIMENTAL

- SOLUCION DE PROBLEMAS MAS COMUNES EN EL PROCESO -

LA ADAPTACIÓN DE LA EXTRUSIÓN DEL TEFZEL AL SISTEMA A VACÍO O POR CONO SE EFECTUÓ DE MANERA EXPERIMENTAL, TENIENDO PRESENTES LAS CARACTERÍSTICAS PROPIAS DEL POLÍMERO.

DEBIDO A QUE SE PRESENTARON UNA SERIE DE PROBLEMAS DURANTE LA OPERACIÓN, LA TABLA DE TEMPERATURAS QUE SE PRESENTÓ ANTERIORMENTE (PÁG. 19) SE ENCUENTRA EN UN RANGO QUE PERMITE HACER MODIFICACIONES PARA CORREGIR ALGUNAS DIFICULTADES. ES POR ESO QUE SE HACE NECESARIA UNA GUÍA, OBTENIDA DE LA EXPERIENCIA, PARA EL MANEJO ADECUADO DEL PROCESO.

EN ÉSTE CAPÍTULO SE PRESENTA EL RESÚMEN DE LAS CAUSAS IDENTIFICADAS DE ALGUNOS PROBLEMAS Y LAS SOLUCIONES OBTENIDAS EXPERIMENTALMENTE, QUE SON SUSCEPTIBLES A SER MEJORADAS DE ACUERDO AL MEJOR CONTROL DEL EQUIPO UTILIZADO.

FACTORES IMPORTANTES EN EL RECUBRIMIENTO DE TORONES Y PROBLEMAS MAS COMUNES; SOLUCION DE ESTOS.

LONGITUD Y ENFRIAMIENTO DEL CONO

LA LONGITUD DEL CONO SE MIDE DESDE LA PARED DE LOS DADOS - HASTA EL PUNTO DONDE EL PLÁSTICO CUBRE AL TORÓN. PARA UN CONDUCTOR EN PARTICULAR LA LONGITUD SE CONTROLA CON EL VACÍO QUE SE CREA DENTRO DEL CONO, LA LONGITUD DEPENDE ADEMÁS DE LA POSICIÓN DE LA GUÍA DENTRO DEL DADO. CUANDO EL CONO ES DEMASIADO LARGO EL PLÁSTICO CEDE, SE EMPIEZA A SOLIDIFICAR ANTES DE CUBRIR AL TORÓN Y EL AISLAMIENTO PUEDE QUEDAR FLOJO PUDIENDO INCLUSO DESLIZARSE SOBRE EL TORÓN, LO QUE RESULTA EN VARIACIONES DE DIÁMETRO, DE CONCENTRICIDAD Y FALTA DE ADHERENCIA. SI LA LONGITUD ES PEQUEÑA EL ESFUERZO DE CORTE REALIZADO POR EL PLÁSTICO A LA SALIDA DE LOS DADOS AU- MENTA Y PUEDE SER TAN GRANDE QUE ADEMÁS DE PROVOCAR FRACTURA DEL PLÁSTICO FUNDIDO PUEDA LLEGAR A RASGAR EL AISLAMIENTO DEL CONDUCTOR. LAS LONGITUDES DE OPERACIÓN PARA EL CONO DE TEFZEL VARÍAN DE $\frac{1}{2}$ A 2 PULGADAS (12.5 A 50 MM).

EL ENFRIAMIENTO DEL PLÁSTICO SE EFECTÚA EN AIRE Y AGUA. EN AIRE EN EL ESPACIO COMPRENDIDO ENTRE LOS DADOS Y EL CANAL DE ENFRIAMIENTO POR AGUA. AL ENFRIARSE EL PLÁSTICO SE CONTRAE SOBRE SÍ MISMO, ÉSTA CONTRACCIÓN SE PUEDE CONTROLAR CON LA LONGITUD DEL ESPACIO DE AIRE Y CON LA TEMPERATURA DEL AGUA EN EL CANAL DE ENFRIAMIENTO. EN GENERAL, A MAYOR ENFRIAMIENTO EN AIRE, MÁS UNIFORME EL ENFRIAMIENTO, LA CONTRACCIÓN ES MÁS LENTA QUE RESULTA EN MAYOR ADHERENCIA DEL CONDUCTOR, DEL AISLAMIENTO CON EL TORÓN. SE UTILIZAN LONGITUDES DE ESPACIO DE AIRE EN OPERACIONES CON TEFZEL DE HASTA CUATRO PULGADAS Y MAYORES CUANDO LOS ESPESORES SON MUY GRUESOS.

CONTAMINACION DEL PLASTICO

LA CONTAMINACIÓN EN EL PLÁSTICO DEL AISLAMIENTO EXTRUIDO REDUCE LA RESISTENCIA ELÉCTRICA, MECÁNICA, Y QUÍMICA DEL CONDUCTOR. PUEDE INCLUSO HACER LAS VECES DE CONTACTO ELÉCTRICO ENTRE EL TORÓN Y EL MEDIO AMBIENTE QUE RODEA AL CONDUCTOR. LA CONTAMINACIÓN APARECE COMO PEQUEÑOS PUNTOS NEGROS SOBRE LA SUPERFICIE DEL CONDUCTOR. LA CAUSA PRINCIPAL DE ÉSTA ES MALA LIMPIEZA DEL EXTRUSOR Y USO DE MATERIALES INADECUADOS EN LAS PARTES DEL EXTRUSOR QUE ENTRAN EN CONTACTO CON EL PLÁSTICO FUNDIDO. LAS IMPUREZAS SON ENTONCES PEQUEÑOS CARBONES DE PLÁSTICO DE CORRIDAS ANTERIORES O PARTES METÁLICAS Y ÓXIDOS QUE SE DESPRENDEN DEL METAL. LAS PARTÍCULAS DE CARBÓN APARECEN CUANDO SE ENFRÍA EL TEFZEL POR DEBAJO DE SU PUNTO DE FUSIÓN DURANTE UN TIEMPO Y DESPUÉS SE VUELVE A CALENTAR POR ENCIMA DE ÉSTE. POR LO QUE AÚN CUANDO SE UTILICEN MATERIALES NO CORROSIVOS EN EL EXTRUSOR, SE DEBE PURGAR Y LIMPIAR PERFECTAMENTE EL EXTRUSOR ANTES DE CADA CORRIDA.

SUPERFICIE RUGOSA DEL CONDUCTOR

LA RUGOSIDAD EN LA SUPERFICIE DEL CONDUCTOR PUEDE DEBILITAR LAS PROPIEDADES DEL MISMO Y PROVOCAR FALLAS ELÉCTRICAS A ALTOS VOLTAJES. LA CAUSA PRINCIPAL ES LA FRACTURA DEL PLÁSTICO FUNDIDO, ÉSTO ES, UN ESCURRIMIENTO DEL TEFZEL SOBRE SÍ MISMO CUANDO ESTÁ FUNDIDO DEBIDO AL EXCESIVO ESFUERZO CORTANTE REALIZADO. SE DETECTA CUANDO EL PLÁSTICO A LA SALIDA DE LOS DADOS SE OBSERVA OPACO O SE OBSERVAN CONFIGURACIONES IRREGULARES DENTRO DEL CONO DE PLÁSTICO FUNDIDO. LAS SOLUCIONES A ÉSTE PROBLEMA PUEDEN SER:

- A). REDUCIR LAS VELOCIDADES DE EXTRUSIÓN.
- B). AUMENTAR LAS TEMPERATURAS DEL DADO Y MORDAZA Y
- C). AUMENTAR EL ÁREA ANULAR ENTRE EL DADO Y LA GUÍA.

ESTAS MEDIDAS TIENEN COMO FIN REDUCIR EL ESFUERZO CORTANTE

EN EL PLÁSTICO. ALGUNAS OTRAS CAUSAS DE LA RUGOSIDAD PUEDEN SER PEQUEÑAS CASCARILLAS DE METAL O PARTÍCULAS EXTRAÑAS ATRAPADAS EN EL DADO OBSTRUYÉNDOLO PARCIALMENTE, QUE ESTÁN MARCANDO EL AISLAMIENTO.

BURBUJAS SOBRE LA SUPERFICIE O DENTRO DEL AISLAMIENTO

EL TEFZEL ES MENOS SUSCEPTIBLE A LA DEGRADACIÓN TÉRMICA QUE OTROS TERMOPLÁSTICOS, SIN EMBARGO SE DEGRADA CUANDO ES EXPUESTO A ALTAS TEMPERATURAS DURANTE PERÍODOS PROLONGADOS. LA DEGRADACIÓN APARECE EN FORMA DE PEQUEÑAS BURBUJAS OVALADAS DENTRO DEL PLÁSTICO Y NO SON DETECTABLES A SIMPLE VISTA. CUANDO LA DEGRADACIÓN ES MÁS SEVERA LAS BURBUJAS APARECEN A LA SALIDA DE LOS DADOS QUE RESULTAN EN PEQUEÑAS RASGADURAS EN LA SUPERFICIE DEL CONDUCTOR, SON LAS BURBUJAS ESTIRADAS. EL TEFZEL NO DEBE DE PERMANECER A TEMPERATURAS SUPERIORES A 700°F MÁS DE 15 MINUTOS (EN EL DADO) PARA QUE NO APAREZCAN SIGNOS DE DEGRADACIÓN. CUANDO EL EXTRUSOR SE PARA POR MÁS DE 30 MINUTOS SE DEBEN REDUCIR LAS TEMPERATURAS DE CABEZA, DADOS, MORDAZA Y BARRIL HASTA LA TEMPERATURA DE FUSIÓN. ES DIFÍCIL QUE LAS BURBUJAS SEAN PRODUCTO DE AIRE O HUMEDAD - ATRAPADA POR EL PLÁSTICO DEBIDO A SU BAJO NIVEL DE ABSORCIÓN.

PERFORACIONES E INCISIONES EN LA SUPERFICIE DEL CONDUCTOR

LAS CAUSAS PRINCIPALES DE LA APARICIÓN DE PERFORACIONES EN EL EXTRUIDO SON LA CONTAMINACIÓN DEL PLÁSTICO Y UN INCORRECTO 'JALÓN' DEL PLÁSTICO POR EL TORÓN. CUANDO EL AISLAMIENTO ES DELGADO SE DETECTA EN LAS PRUEBAS DE ALTO VOLTAJE Y - EN AISLAMIENTOS MÁS GRUESOS APARECE COMO RUGOSIDAD DE SUPERFICIE. LAS SOLUCIONES SON LAS MISMAS PARA CONTAMINACIÓN Y SUPERFICIE RUGOSA DEL CONDUCTOR.

RUPTURA DEL CONO DURANTE LA EXTRUSION

LA RUPTURA DEL CONO ES EL CASO EXTREMO DE PERFORACIONES O ES

CURRIMIENTO DEL PLÁSTICO FUNDIDO. POR LO QUE LOS FACTORES QUE LA OCASIONAN SON LOS MISMOS: CONTAMINACIÓN Y UN 'JALÓN' INADECUADO, MAL BALANCEO DE DIÁMETROS. AUNQUE TAMBIÉN PUEDE APARECER POR PARTÍCULAS EXTRAÑAS EN LOS DADOS O POR AGUA DEL CANAL DE ENFRIAMIENTO QUE SALPICA HASTA EL CONO.

ADHERENCIA

EN LOS CONDUCTORES ES NECESARIO QUE EL AISLAMIENTO ESTÉ FIRMEMENTE ADHERIDO AL TORÓN Y SE COMPORTE COMO UNA UNIDAD. SI EL AISLAMIENTO ESTÁ FLOJO PERMITE LA ELONGACIÓN DEL COBRE - QUE FORMA EL TORÓN, DISMINUYENDO SU DIÁMETRO Y RESISTENCIA. ÉSTA ADHERENCIA ES DEBIDA EN GRAN PARTE A QUE EL PLÁSTICO - LLENA LOS HUECOS INTERMEDIOS ENTRE CADA ALAMBRE DE COBRE, - ÉSTO ES, NO FORMA UN TUBO CILÍNDRICO SINO UN MOLDE ALREDEDOR DEL TORÓN. LOS AISLAMIENTOS FLOJOS RESULTAN DE REDUCCIONES DE ÁREA DEMASIADO GRANDES O ENFRIAMIENTOS BRUSCOS. UN CONO DEMASIADO LARGO PROVOCA QUE EL COBRE NO 'JALE' ADECUADAMENTE EL PLÁSTICO PROVOCANDO FALTA DE ADHERENCIA, POR LO QUE - SE HACE NECESARIO TENER UN SISTEMA DE VACÍO QUE SEA REGULABLE PARA CONTROLAR LA LONGITUD DEL CONO. SI EL ENFRIAMIENTO ES MUY BRUSCO, LA CUBIERTA DE PLÁSTICO, EXPANDIDO POR LA ALTA TEMPERATURA (DENSIDAD TEFZEL FUNDIDO = 1.3 g/cm^3 , DENSIDAD TEFZEL TEMPERATURA AMBIENTE = 1.7 g/cm^3) SE CONTRAE BRUSCAMENTE FORMANDO UN CILINDRO ALREDEDOR DEL TORÓN. ESTO ES, PRIMERO SE ENFRÍA UNA CÁSCARA DE PLÁSTICO ALREDEDOR DEL CONDUCTOR QUE ESTÁ EN CONTACTO CON EL AGUA Y A MEDIDA QUE EL RESTO DEL PLÁSTICO SE ENFRÍA DE AFUERA HACIA ADENTRO, EL PLÁSTICO SE CONTRAE CONTRA ESTA PARED O PIEL PREVIAMENTE ENFRIADA.

PARA CONDUCTORES DE DIÁMETROS GRANDES, CON ESPESORES DE PLÁSTICO MUY GRUESOS, EL PROBLEMA ES EL ENFRIAMIENTO DEMASIADO RÁPIDO DE LA CÁSCARA EXTERIOR, ÉSTO SE PUEDE SOLUCIONAR ENFRIANDO AL CONDUCTOR MÁS LENTAMENTE (BAÑO DE AGUA CALIENTE) Y UTILIZANDO CONOS DE $1\frac{1}{2}$ M. A 6 M. DE LONGITUD.

PROBLEMA DE ZONA FRÍA

ALGUNAS VECES ES NECESARIO ELEVAR LAS TEMPERATURAS DEL BARRIL Y CABEZA PARA OBTENER ALTAS VELOCIDADES DE EXTRUSIÓN, PERO SE PUEDE PRESENTAR EL PROBLEMA DE QUE A PESAR DE ELEVAR LAS TEMPERATURAS NO SE AUMENTAN LAS VELOCIDADES Y SE DEGRADA EL PLÁSTICO, LA CAUSA PUEDE SER QUE EXISTA UNA ZONA FRÍA ENTRE EL BARRIL DEL EXTRUSOR Y LA CABEZA EN EL ADAPTADOR. ESTE ADAPTADOR ESTÁ SEPARADO DEL BARRIL POR UNA DELGADA CAPA DE AIRE QUE ACTÚA COMO AISLANTE, ENFRIANDO EL ADAPTADOR POR DEBAJO DE LA TEMPERATURA DEL BARRIL (ÉSTA CAPA DE AIRE TIENE COMO FINALIDAD ALINEAR EL BARRIL CON LA CABEZA, EVITAR FUGAS, ETC.). AL OTRO EXTREMO DEL ADAPTADOR ESTÁ UNIDA LA CABEZA POR UNA UNIÓN DE ÁREA TRANSVERSAL PEQUEÑA, LO QUE HACE QUE NO FLUYA LA CANTIDAD DE CALOR SUFICIENTE PARA CALENTAR EL ADAPTADOR. LA RESINA CALIENTE AL SALIR DEL BARRIL SE ENFRÍA, PUDIENDO INCLUSO LLEGAR A SOLIDIFICARSE EN EL ADAPTADOR, DESPUÉS SE CALIENTA UNA VEZ MÁS EN LA CABEZA. ESTO PROVOCA VARIACIONES EN LA PRESIÓN Y FLUJO DEL PLÁSTICO, DEGRADACIÓN DE LA RESINA Y CARBONES SOBRE EL EXTRUIDO. ESTE PROBLEMA SE PUEDE DETECTAR COMPARANDO LAS LECTURAS DE TEMPERATURA DE MEZCLA Y LA TEMPERATURA EN LA ÚLTIMA ZONA DE CALENTAMIENTO, SI EXISTE UNA DIFERENCIA MAYOR DE 20°F, EXISTE LA ZONA FRÍA QUE PUEDE LLEGAR A SER UN PROBLEMA TAN GRANDE QUE PUEDE EXPLOTAR EL EXTRUSOR POR EL EXCESO DE PRESIÓN.

ESTE PROBLEMA SE SOLUCIONA:

- 1). AISLANDO EL ADAPTADOR PARA REDUCIR LAS PÉRDIDAS DE CALOR.
- 2). CALENTAR EL ADAPTADOR Y MORDAZA, AUNQUE ÉSTO SIGNIFIQUE MODIFICAR EL ADAPTADOR.

LOS RESULTADOS PUEDEN SER EL PODER AUMENTAR LA TEMPERATURA - HASTA EN 60°F Y OBTENER EXTRUIDOS DE ALTA CALIDAD.

CONCENTRICIDAD VARIABLE

CUANDO UN TORÓN SE ENCUENTRA RODEADO POR UN ESPESOR DE PLÁSTICO DEL MISMO TAMAÑO POR TODOS LADOS, SE DICE QUE ES CON--CÉNTRICO, ÉSTO ES, QUE EL CONDUCTOR Y EL TORÓN TIENEN EL -- MISMO EJE LONGITUDINAL.

ALGUNAS DE LAS CAUSAS QUE PROVOCAN VARIACIONES EN LA CONCEN--TRICIDAD PUEDEN SER:

- 1). LA TENSIÓN A LA SALIDA DE DADOS NO ES LA ADECUADA, Y - CAUSA QUE EL PLÁSTICO NO SE ADHIERA AL TORÓN Y HAYA -- DESLIZAMIENTOS Y VARIACIONES DE DIÁMETRO. PUEDE SOLU--CIONARSE:
 - A) REDUCIENDO LA TEMPERATURA DEL DADO.
 - B) AUMENTANDO LA TENSIÓN POR:
 - I) AUMENTO EN VELOCIDADES
 - II) ACORTANDO EL CONO (REGULANDO EL VACÍO)
 - III) AUMENTANDO EL ÍNDICE DE REDUCCIÓN DE ÁREA
 - IV) AUMENTAR LA VELOCIDAD DE ENFRIAMIENTO (ACER--CANDO EL CANAL DE AGUA AL DADO), REDUCIR EL--PRECALENTAMIENTO DEL TORÓN.
- 2). EL DIÁMETRO DE ORIFICIO DE LA GUÍA ES DEMASIADO GRANDE PARA EL DIÁMETRO DEL TORÓN, LO QUE CAUSA MOVIMIENTOS - BRUSCOS DENTRO DE LA GUÍA. SE DEBE REDUCIR LA TOLERAN--CIA DE DIÁMETROS.
- 3). LA PUNTA DE LA GUÍA ES MUY FLEXIBLE. SE DEBEN MODIFI--CAR O CAMBIAR.
- 4). EL DADO O GUÍA ESTÉN FLOJOS, NO JUSTOS, UNIDOS A LA CA--BEZA.
- 5). UN ENFRIAMIENTO DEL CONDUCTOR QUE NO SEA GRADUAL O UNI--FORME.
- 6). TEMPERATURAS NO UNIFORMES A LO LARGO DEL DADO.
- 7). FALTA DE PRESIÓN DENTRO DEL BARRIL, VARIACIONES POR FAL--TA DE MALLAS PARA CREAR CONTRAPRESIÓN.

PRUEBAS DE INTERES EN RECUBRIMIENTO DE TORONES

UNA PRUEBA MUY SEVERA QUE SE UTILIZA PARA PROBAR EL AISLA - MIENTO DE PLÁSTICO EN LOS CONDUCTORES ES LA LLAMADA "PRUEBA DE DOBLECES SUCEIVOS EN MANDRIL DE 3/4\"", CONSISTE EN COMBINAR UNA SERIE DE ESFUERZOS MECÁNICOS Y TÉRMICOS SOBRE EL CONDUCTOR EN PERÍODOS DE TIEMPO PROLONGADOS. EL PROCEDIMIENTO ES ENROLLAR LA MUESTRA DEL CONDUCTOR SOBRE UN MANDRIL DE 3/4" Y METERLO EN UN HORNO DURANTE UN TIEMPO DETERMINADO A TEMPERATURA CONSTANTE, SE SACA DEL HORNO Y SUMERGIDO EN UN BAÑO DE AGUA SE PRUEBA ELÉCTRICAMENTE A TEMPERATURA AMBIENTE, CON UNA DIFERENCIA DE POTENCIAL DE 2.5 Kv. SI PASA ÉSTA PRUEBA ES DESEENROLLADO DEL MANDRIL Y ENROLLADO EN EL SENTIDO CONTRARIO Y PROBADO UNA VEZ MÁS EN EL BAÑO DE AGUA ELÉCTRICAMENTE. AL PASAR LA PRUEBA SE REGRESA AL HORNO A UNA NUEVA EXPOSICIÓN DE TEMPERATURA, DE ESTA MANERA SE REPITE LA PRUEBA UNA Y OTRA VEZ HASTA QUE EL CONDUCTOR FALLA ELÉCTRICAMENTE.

LIMPIEZA DEL EXTRUSOR

SE DEBE LIMPIAR COMPLETAMENTE EL EXTRUSOR ANTES DE PROCESAR TEFZEL PARA EVITAR LA POSIBLE CONTAMINACIÓN POR LA DESCOMPOSICIÓN DE OTROS MATERIALES MENOS ESTABLES TÉRMICAMENTE QUE ÉL. ADEMÁS SE DEBE LIMPIAR ENTRE CADA OPERACIÓN SI EL TIEMPO ENTRE ÉSTAS ES PROLONGADO. EL PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA ES EL SIGUIENTE:

- 1.- SE REDUCEN TODAS LAS TEMPERATURAS HASTA 558°F (288°C) Y SE PURGA EL BARRIL HASTA QUE NO SALGA MÁS PLÁSTICO DEL EXTRUSOR, HACIENDO GIRAR LENTAMENTE EL TORNILLO.
- 2.- SE QUITA PIEZA POR PIEZA LIMPIÁNDOLAS INMEDIATAMENTE MIENTRAS ESTÁN CALIENTES CON UN CEPILLO DE CERDAS SUAVES Y FLEXIBLES DE COBRE ENVUELTO EN UN TRAPO. EL TEFZEL SE SEPARA FÁCILMENTE DEL METAL SI ESTÁ SOBRE SU TEMPERATURA DE FUSIÓN, DE OTRA MANERA SOLIDIFICADO Y ADHERIDO SOBRE METAL ES SUMAMENTE DIFÍCIL.

3.- SE SACA EL TORNILLO DEL BARRIL SUAVEMENTE MIENTRAS QUE SE LIMPIA CON EL CEPILLO Y TRAPO.

4.- SE DEBE CEPILLAR COMPLETAMENTE EL INTERIOR DEL BARRIL - HASTA ASEGURARSE DE QUE NO HAYA PARTICULA ALGUNA.

ESTA LIMPIEZA SE DEBE EJECUTAR CON ÁREA BIEN VENTILADA. SI NO ES POSIBLE EJECUTAR ESTA MANIOBRA DE LIMPIEZA SE PUEDE REALIZAR LO SIGUIENTE CON SUMO CUIDADO:

SE ALIMENTA POLIPROPILENO AL FINAL DE CADA CORRIDA Y TEFZEL AL EMPEZAR LA SIGUIENTE. LAS TEMPERATURAS DE FUSIÓN PARA EL POLIPROPILENO SON MENORES QUE PARA EL TEFZEL POR LO QUE SE DEBE TENER CUIDADO PARA NO CARBONIZAR AL PRIMERO.

MATERIALES RECOMENDADOS EN EL PROCESAMIENTO DEL TEFZEL

EL GRADO DE CORROSIÓN EN LOS MATERIALES UTILIZADOS EN EL - EXTRUSOR DEPENDE DE:

- 1), LA TEMPERATURA DEL TEFZEL
- 2), LA TEMPERATURA DEL METAL
- 3), EL TIEMPO DURANTE EL CUAL ESTAN EN CONTACTO

LAS PARTES MÁS SUSCEPTIBLES A LA CORROSIÓN SON:

EL TORNILLO Y BARRIL DEL EXTRUSOR, ADAPTADOR, DADOS, CABEZA, MALLAS Y PORTAMALLAS.

LOS MATERIALES MÁS UTILIZADOS SON:

- 'CALMONOY' 4 (WALL CALMONOY CORP., DETROIT, MICH.)
- 'STOODY' 4 (STOODY CO., WHITTIER, CALIFORNIA)
- 'XALOY' 306 ó 800 (XALOY INC., NEW BRUNSWICK, N. J.)
- 'HASTELLOY' C (CABOT CORP., KOKOMO, INDIANA).

DOS MÉTODOS PARA DISTINGUIR EL 'HASTELLOY' C, Y QUE NO AFECTAN AL METAL SON:

1). PRUEBA MAGNÉTICA: LAS ALEACIONES UTILIZADAS QUE - NO SON MAGNÉTICAS, ÉSTO ES, UN MAGNETO NO SE ADHIERE A ELLOS, SON: LOS ACEROS INOXIDABLES DE LA SERIE 300, EL 'MONEL'400, 'DURANICKEL' Y 'HASTELLOY'C.

2). PRUEBA CON AGUA REGIA. PARA DISTINGUIR EL 'HASTELLOY' C, DE OTRAS ALEACIONES DE NÍCKEL Y ACERO, EL PROCEDIMIENTO ES:

- A) PREPARAR UNA PEQUEÑA PORCIÓN SUPERFICIAL DEL METAL, DE TAL MANERA QUE ESTÉ LISO Y LIMPIO.
- B) AGREGAR UNA O DOS GOTAS DE ÁCIDO NÍTRICO CONCENTRADO SOBRE LA SUPERFICIE.
- C) SI NO OCURRE NINGUNA REACCIÓN EN ALGUNOS SEGUNDOS, SE AGREGAN TRES O CUATRO GOTAS DE ÁCIDO CLORHÍDRICO CONCENTRADO SOBRE EL ÁCIDO NÍTRICO. SI EL METAL ES 'HASTELLOY'C, APARECE UNA SOLUCIÓN VERDE CLARO SIN REACCIÓN VIOLENTA (NO SE CALIENTA, NO DESPRENDE GAS, ETC.). SI EL METAL ES DE OTRA ALEACIÓN DE NÍCKEL Y ACERO (INCLUSIVE ACERO INOXIDABLE) OCURRE UNA REACCIÓN EN LA QUE SE DESPRENDE GAS Y LA SOLUCIÓN QUE APARECE ES VERDE OSCURA.

GUIA EN LA RESOLUCION DE PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN DURANTE LA EXTRUSION DEL "TEFZEL"

PROBLEMA

CAUSAS PROBABLES

SOLUCION A ESTOS PROBLEMAS

SUPERFICIES
RUGOSAS

1.- FRACTURA DEL PLÁSTICO FUNDIDO

1.- REDUCIR EL ESFUERZO A LA SALIDA DEL DADO.

A) REDUCIR LA VELOCIDAD

B) AUMENTAR LA TEMPERATURA DEL DADO

C) AUMENTAR LA TEMPERATURA EN LA ZONA DE TRANSICIÓN

D) CAMBIAR LA GUÍA

E) AUMENTAR LA ABERTURA DE LOS DADOS

F) CAMBIAR EL ARREGLO DE LOS DADOS

2.- DEFECTOS EN EL DADO

2.- REMOVER EL PLÁSTICO QUE QUEDA A LA SALIDA DE LOS DADOS O CAMBIAR LOS DADOS.

3.- CONTAMINACIÓN

3.- VER EN CONTAMINACIÓN

4.- JALÓN INADECUADO

4.- AJUSTAR LA LONGITUD DEL CONO.

5.- VIBRACIÓN DEL TORÓN

6.- TORÓN CON IMPERFECCIONES O IRREGULARIDADES

7.- DEGRADACIÓN DEL PLÁSTICO
PARA DETERMINAR SI LA RUGOSIDAD SE DEBE A FRACTURA DEL PLÁSTICO O A DEGRADACIÓN DEL MISMO, DETENER EL TORNILLO MOMENTÁNEAMENTE. SI ES FRACTURA DESAPARECE AL DETENERSE EL TORNILLO. LOS SÍNTOMAS DE DEGRADACIÓN AUMENTAN O EMPEORAN (BURBUJAS O DECOLORACIÓN).

8.- PERFORACIONES EN EL CONO

FALTA DE CONCENTRICIDAD,
DEFORMACIÓN
DEL EXTRUIDO

1.- DADO O GUÍA MAL ALINEADOS, FUERA DE REDONDEZ O DEFORMADOS

2.- SE MUEVE EL AISLAMIENTO ANTES DE SOLIDIFICARSE (FALTA DE TENSIÓN)

5.- USAR GUÍAS PARA EL TORÓN PARA AMORTIGUAR LA VIBRACIÓN

6.- REVISAR EL TORÓN Y REEMPLAZARLO SI ES NECESARIO

7.- VER INCISO 1, BURBUJAS Y DECOLORACIÓN.

8.- VER EN PERFORACIONES DE CONO

1.- REEMPLAZAR LA GUÍA Y/O DADO

2.- SE SOLUCIONA AUMENTANDO LA TENSIÓN POR:

A) REDUCIENDO LAS TEMPERATURAS

B) AUMENTAR LA VELOCIDAD

C) ACORTAR EL CONO

- | | | |
|---|---|-----------------------------|
| | | D) AUMENTAR EL ENFRIAMIENTO |
| | | E) PRECALENTAR EL TORÓN |
| 3.- FALLAS EN LA TENSIÓN DEL CAPSTAN U OTRO EQUIPO DE TENSIÓN | 3.- REDUCIR LAS TENSIONES EN LOS EQUIPOS O EN EL CAPSTAN ENFRIAR EL PLÁSTICO DE MANERA QUE SE ASEGURE UNA BUENA ADHERENCIA | |
| 4.- ENFRIAMIENTO NO UNIFORME DEL CONDUCTOR | 4.- AJUSTAR EL CENTRO DEL DADO CON EL DE LA GUÍA. AJUSTAR LA PROFUNDIDAD DE INMERSIÓN DEL CONDUCTOR EN EL CANAL DE ENFRIAMIENTO | |
| 5.- GUÍA MUY FLEXIBLE | 5.- USAR UNA GUÍA MÁS LARGA O MÁS CORTA CON EL MISMO DIÁMETRO DE SALIDA | |
| 6.- DIÁMETRO INTERNO DE LA GUÍA DEMASIADO GRANDE PARA EL TORÓN QUE CONTIENE | 6.- REDUCIR EL DIÁMETRO O CAMBIAR DE GUÍA | |
| BURBUJAS INTERMITENTES | 1.- LIMPIAR EL PLÁSTICO CON AIRE CALIENTE | |
| | 2.- REDUCIR EL ENFRIAMIENTO ALARGANDO EL ESPACIO DE AIRE | |

CONTAMINACIÓN	<ol style="list-style-type: none"> 1.- CORROSIÓN DEL EXTRUSOR 2.- MALA LIMPIEZA DEL EXTRUSOR 	<ol style="list-style-type: none"> 1.- USAR MATERIALES RESISTENTES 2.- LIMPIAR PERFECTAMENTE EL EXTRUSOR ANTES DE CADA CORRIDA
PERFORACIONES E INCISIONES Y RUPTURAS DE CONO	<ol style="list-style-type: none"> 1.- CONTAMINACIÓN 2.- EXCESIVO ESFUERZO DEL PLÁSTICO 3.- UN JALÓN DEMASIADO FUERTE CAUSA EXCESIVA TENSION EN EL CONO 4.- TEMPERATURAS MUY BAJAS 5.- LA MEZCLA DE COLORANTES Y ADITIVOS NO ES UNIFORME 	<ol style="list-style-type: none"> 1.- VER CONTAMINACIÓN 2.- VER FRACTURA DEL PLÁSTICO - FUNDIDO 3.- REDUCIR LA LONGITUD DEL CONO 4.- AUMENTAR TEMPERATURAS 5.- MEZCLAR PERFECTAMENTE LOS ADITIVOS QUE SE UTILIZAN,
BURBUJAS Y DE COLORACIÓN	<ol style="list-style-type: none"> 1.- DEGRADACIÓN DE LA RESINA 2.- AIRE ATRAPADO O PLÁSTICO HÚMEDO 	<ol style="list-style-type: none"> 1.- REDUCIR TEMPERATURAS, AUMENTAR VELOCIDADES Y BUSCAR PROBABLES ZONAS DE ESTANCAMIENTO 2.- AUMENTAR LA TEMPERATURA DE LA ZONA DE ALIMENTACIÓN
FALTA DE ADHERENCIA	<ol style="list-style-type: none"> 1.- DEGRADACIÓN DE LA RESINA 2.- ENFRIAMIENTO DEMASIADO RÁPIDO 	<ol style="list-style-type: none"> 1.- VER ARRIBA 2.- AUMENTAR LA LONGITUD DEL CONO O REDUCIR VELOCIDADES

CAPITULO V

PESO DEL AISLAMIENTO EN EL CONDUCTOR POR UNIDAD DE LONGITUD

PARA DETERMINAR EL PESO DEL PLÁSTICO EN UN TIPO DE CONDUCTOR EN PARTICULAR, ES NECESARIO CONOCER LA CONSTRUCCIÓN DEL TORÓN UTILIZADO Y EL DIÁMETRO DE LOS ALAMBRES QUE LO CONSTITUYEN.

$$\begin{aligned} \text{I.- PESO DEL AISLAMIENTO} &= W \text{ [=] KG/1000 DE CONDUCTOR} \\ \text{DENSIDAD DEL TEFZEL} &= D' \text{ [=] G/CM}^3 \\ \text{ÁREA TRANSVERSAL DEL} \\ \text{AISLAMIENTO} &= A \text{ [=] PULGADAS}^2 \end{aligned}$$

II.- LA FÓRMULA ES:

$$D' A (2.54)^2 10^2 = W$$

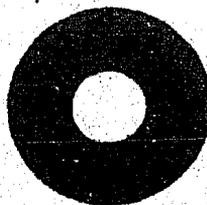
$$645.16 D' A = W$$

LAS UNIDADES SON:

$$\left(\frac{\text{G}}{\text{CM}^3} \right) \left(\text{IN}^2 \right) \left(\frac{\text{CM}}{\text{IN}} \right) \left(\frac{10^5 \text{ CM}}{\text{KM}} \right) \left(\frac{\text{KG}}{10^3 \text{ G}} \right) = \frac{\text{KG}}{1000 \text{ M}}$$

III.- PARA DETERMINAR EL ÁREA TRANSVERSAL SE SUMA EL ÁREA ANULAR DEL AISLAMIENTO A EL ÁREA DE LOS HUECOS ENTRE LOS ALAMBRES QUE FORMAN EL TORÓN:

$$A_{\text{ANULAR}} = \frac{\pi}{4} (D_0^2 - D_1^2)$$



AREA ANULAR

FIG. 15

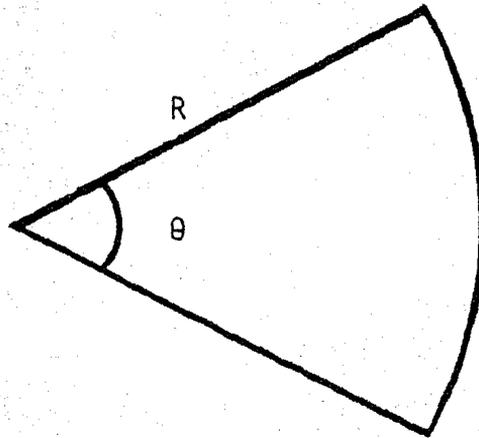


FIG. 16

A_{HUECOS} :

A).- AREA DEL SEGMENTO DE UN CÍRCULO:

$$\text{AREA} = \pi R^2 \theta / 360$$

B).- AREA DE HUECOS EN UN TORÓN DE CONSTRUCCIÓN 6 SOBRE 1 ALAMBRES:

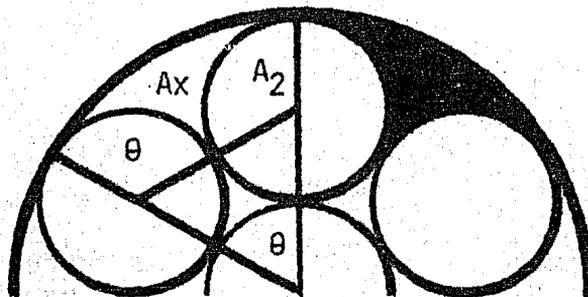


FIG. 17

$$\theta = 60^\circ$$

$$\theta' = 120^\circ$$

$$D_A = 2R$$

$$AX = A_{\text{SEGMENTO}} - A_{\text{TRIANGULO}} - 2 A_2$$

$$AX = \frac{9 R^2 60 \pi}{360} - 2 R^2 \text{SEN } 60 - \frac{2 R^2 60 \pi}{360}$$

$$\text{AREA DE HUECOS} = 6 AX$$

$$6 AX = D_A^2 \left[\frac{5 \pi}{4} - 3 \text{SEN } 60 \right]$$

$$= 1.3289 D_A^2$$

C).- AREA DE HUECOS EN UN TORÓN DE CONSTRUCCIÓN 12 SOBRE 6 SOBRE 1 ALAMBRES:

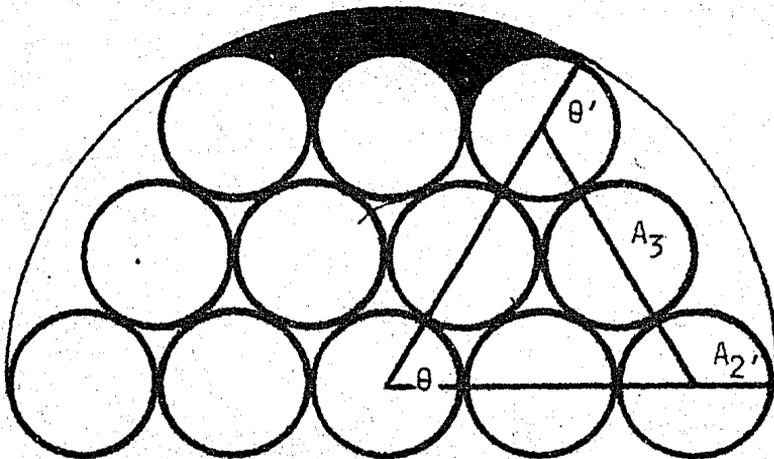


FIG. 18

$$\theta = 60^\circ$$

$$\theta' = 120^\circ$$

$$D_A = 2 R$$

$$A_X = A_{\text{SEGMENTO}} - A_{\text{TRIÁNGULO}} - 2 A_2 - A_3$$

$$A_X = \frac{25 R^2 60 \pi}{360} - 8 R^2 \text{SEN } 60 - \frac{2 R^2 120 \pi}{360} - \frac{R^2 180 \pi}{360}$$

$$\text{AREA DE HUECOS} = 6 A_X$$

$$6 A_X = D_A^2 \left(\frac{9 \pi}{2} - 12 \text{SEN } 60 \right)$$

$$= 5.7449 D_A^2$$

D).- AREA DE HUECOS DEL TORÓN DE CONSTRUCCIÓN 7 x 7 ALAMBRES. ESTE TORÓN ESTÁ FORMADO POR 7 TORONES DE 7 ALAMBRES CADA UNO.

DE LA FIGURA SE OBSERVA QUE 2/3 DE CADA TORÓN DE 7 ALAMBRES QUEDA AL DESCUBIERTO:

$$A_X = 2/3 (1.3289) (6) D_A^2$$

$$A_X = \left(\frac{2}{3} - 12 \text{SEN } 60 \right) D_A^2$$

$$= 5.3157 D_A^2$$

DE ESTA MANERA SE OBTIENE EL ÁREA DE HUECOS PARA LOS 7 TORONES DE SIETE TORONES CADA UNO, UNA VEZ HECHO - ÉSTO SE TOMA EL DIÁMETRO DE CADA TORÓN COMO SI FUERA TOTALMENTE CIRCULAR Y SE PROCEDE A APLICAR LA FÓRMULA DE 6 ALAMBRES SOBRE 1, QUE EN ESTE CASO SON TORONES. (INCISO B)

LA FÓRMULA QUE RESULTA ES:

$$A_X = 1.3289 D_T^2 = 5.3157 D_A^2$$

D_T = DIÁMETRO NOMINAL DEL TORÓN

D_A = DIÁMETRO DEL ALAMBRE

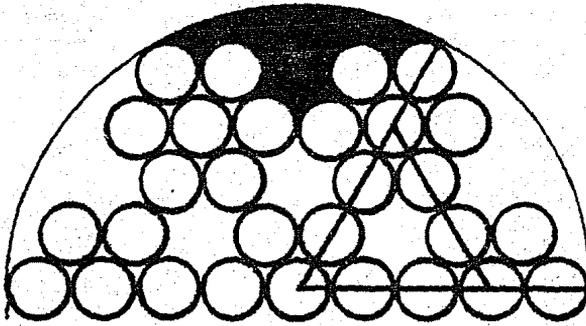
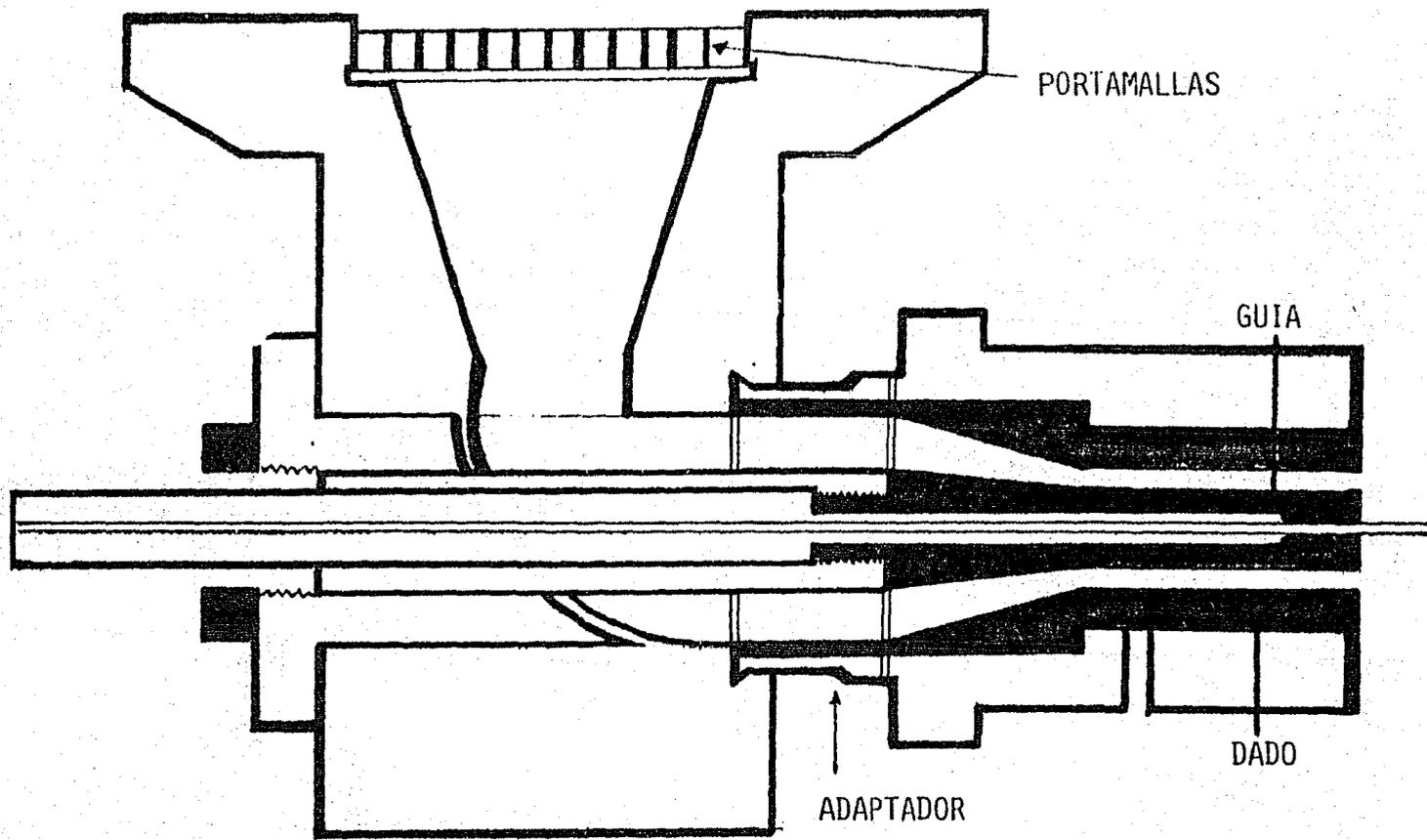
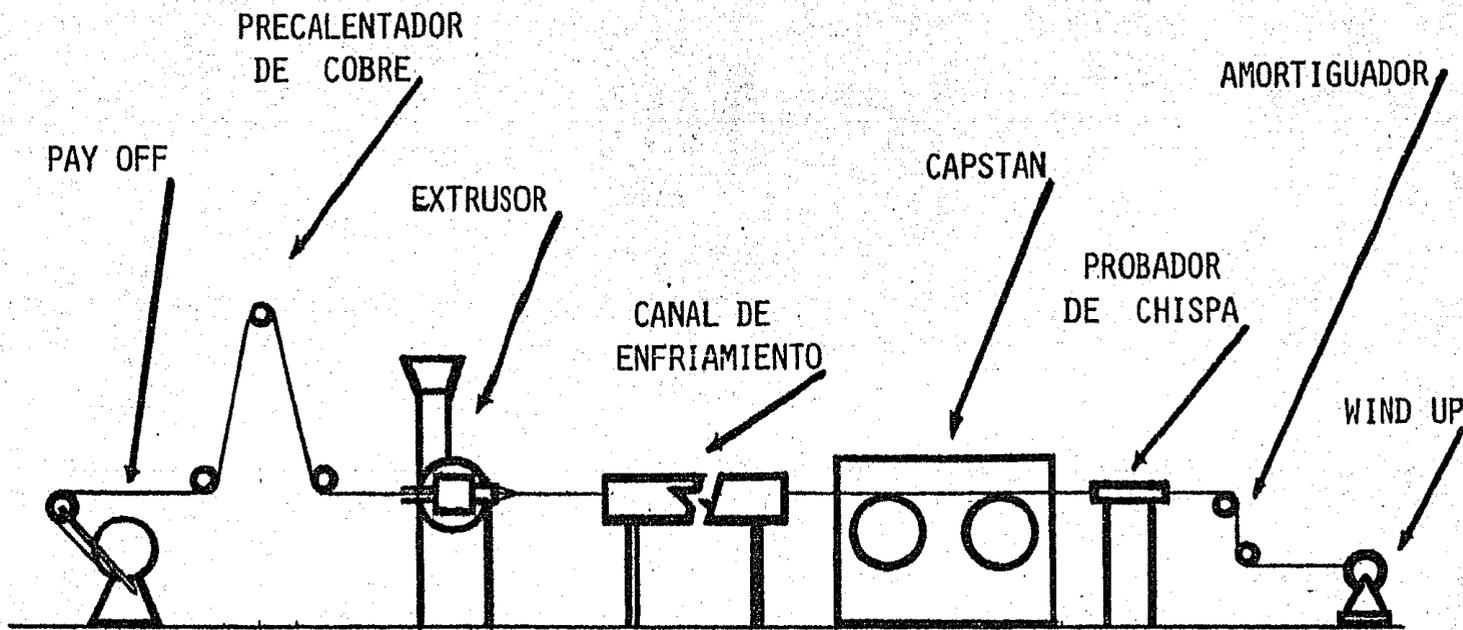


FIG. 19



CABEZA DE EXTRUSION

FIG. 20



LINEA TIPICA DE EXTRUSION

FIG. 21

COMPOSICION QUIMICA DE ALGUNOS ACEROS
Y ALEACIONES MAS UTILIZADAS

NAME	MR (1)	C	CR	NI	OTROS (2)
ACERO ARMCO.....	AS	0.012	0	0	
CARPENTER 20.....	CS	0.07	20	29	2.5 Mo, 3.5 Cu, 1 Si
CHLORIMET-2.....	DC	0.03	0	BAL	32 Mo, 3 Fe, 1 Si
CHLORIMET-3.....	DC	0.03	18	BAL	18 Mo, 3 Fe, 0.5 Si
CROLOY-2.....	BW	0.15	2	0	0.5 Mo
CROLOY-5.....	BW	0.15	5	0	0.5 Mo
DURANICKEL (301).....	IN	0.15	0	BAL	4.5 Al, 0.5 Ti, 0.5 Si, 0.15 Fe, 0.5 Mn
DURIMET-20.....	DC	(SIMILAR TO CARPENTER 20)			
DURICHLOR.....	DC	0.9	0	0	14.5 Si, 3 Mo
DURIRON.....	DC	0.9	0	0	14.5 Si
HASTELLOY B.....	HS	0.12 MAX	0	BAL	28 Mo, 5 Fe, 0.3 V
HASTELLOY C.....	HS	0.15 MAX	16	BAL	16 Mo, 5 Fe, 4 W, 9 Mo, 18 Fe, 1 W,
HASTELLOY X.....	HS	0.20 MAX	22	BAL	1.5 Co
INCOLOY (802).....	IN	0.35	20.5	32	
INCONEL (600).....	IN	0.04	15.8	BAL	7.2 Fe, 0.2 Mn, 0.2 Si, 0.1 Cu
NICHROME V.....	DH		20	80	
NIHARD (NO.1).....	IN	3.3	2.1	4.5	0.5 Si, 0.6 Mn, 6.5 Cu, 2.0 Si,
NI RESIST (NO. 1).....	IN	3.0 MAX	2	15.5	1.25 Mn
ZIRCALOY-2.....	W	0	0.10	0.05	BAL ZR
A-242 STEEL.....	-	0.15 MAX	0.5	0.3	0.2 Cu MIN. 1 Mn MAX. 0.1 P
ACERO COLADO GRAY.....	-	3.3	0	0	1.7 Si, 0.7 Mn
MALLEABLE.....	-	2.3	0	0	1.0 Si, 0.4 Mn
NODULAR.....	-	3.5	0	0	2.5 Si, 0.3 Mn

(1) MARCA REG.

AS-ARMCO STEEL CORP.
BW-BABCOCK & WILCOX
CS-CARPENTER STEEL CO.
DC-DUTIRON CO.

DH-DRIVER HARRIS CO.
HS-HAYNES STELLITE CO.
IN-INTERNATIONAL NICKEL CO.
W-WESTINGHOUSE ELECTRIC CO.

(2) COMPLEMENTADO AL ACERO A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO.

CONCLUSIONES

EN LA ACTUALIDAD EXISTE UN DESARROLLO ACELERADO DE UNA GRAN VARIEDAD DE PLÁSTICOS, DE LOS QUE SE REQUIEREN PROPIEDADES DE: ALTA RESISTENCIA QUÍMICA, TÉRMICA, MECÁNICA Y ELÉCTRICA. LAS QUE SON DETERMINANTES EN EL DISEÑO, PROCESAMIENTO Y RENDIMIENTO DE PARTES QUE, HASTA AHORA, SON FABRICADAS -- CON OTROS MATERIALES.

EL TEFZEL ES UNO DE ÉSTOS NUEVOS PLÁSTICOS QUE POR SUS CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS ESTÁ DESTINADO A SER UN MATERIAL CON GRAN VARIEDAD DE APLICACIONES.

EN ESTOS MOMENTOS, EN NUESTRO PAÍS ES NECESARIA UNA REVISIÓN A LOS PATRONES Y TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO YA ESTABLECIDAS CON EL FIN DE OPTIMIZARLOS. EN OTROS CASOS, LA ADAPTACIÓN ADECUADA DE PROCESOS EXTRANJEROS EN PLANTAS NACIONALES, CON CARACTERÍSTICAS Y PROBLEMAS PROPIOS, CUMPLEN EL -- MISMO OBJETIVO DE: AHORRAR GASTOS DE OPERACIÓN, DISMINUYE INVERSIONES FUTURAS, EVITA GASTOS DE TRAER TÉCNICOS EXTRANJEROS HASTA DONDE ES POSIBLE, ETC.; QUE SIN DUDA SON DESEABLES EN MOMENTOS DE CRISIS.

ES POR ESTO QUE, DE ENTRE LOS PAPELES QUE PUEDE DESEMPEÑAR UN INGENIERO QUÍMICO EN ÉSTE PAÍS, ESTÁ ÉSTE, EL DE ADECUAR TECNOLOGÍA Y HACERLA OPERATIVA A LAS CONDICIONES PROPIAS DE NOSOTROS.

DONDE ES IMPORTANTE CREAR MANUALES O GUÍAS DE OPERACIÓN QUE PUEDAN SER UTILIZADAS POR CUALQUIER PERSONA TÉCNICAMENTE AP- TA, QUE HACEN QUE EL PROCESO SEA LO MÁS HOMOGÉNEO POSIBLE.

LA IMPORTANCIA DE ÉSTE TRABAJO RADICA EN EL HECHO DE DEFINIR, PARA EL PROCESO DE EXTRUSIÓN A VACÍO DEL TEFZEL, LAS CAUSAS DE LOS PROBLEMAS MÁS COMUNES QUE SE PRESENTAN Y LAS SOLUCIO-

TE LA CREACIÓN DE MANUALES O GUIAS DE OPERACIÓN QUE PUEDAN SER UTILIZADOS POR CUALQUIER PERSONA TÉCNICAMENTE APTA

LA IMPORTANCIA DE ESTE TRABAJO RADICA EN EL HECHO DE DEFINIR PARA EL PROCESO DE EXTRUSIÓN A VACÍO DEL TEFZEL, LAS CAUSAS DE LOS PROBLEMAS MÁS COMUNES QUE SE ENCONTRARON Y LAS SOLUCIONES CORRECTAS OBTENIDAS EN BASE A LA EXPERIMENTACIÓN, QUE AYUDEN AL PERSONAL A CARGO DE ESTE PROCESO Y A LA OPERACIÓN INTEGRAN PARA QUE SEA MÁS EFECTIVA.

B I B L I O G R A F I A

D. G. FINK, H. W. BEATY
STANDARD HANDBOOK FOR ELECTRICAL ENGINEERS
MC GRAW HILL COMPANY U. S. A.
4 - 2, 4 - 27 1978

N. I. ISHIKAWA, K. L. KYOIKU
INTRODUCTION TO FLUORINE CHEMISTRY
FROM TEFLON TO NAFION
MC GRAW HILL COMPANY JAPAN
36 - 40 1982

J. L. O'TOOLE
MODERN PLASTICS ENCICLOPEDIA
MC GRAW HILL COMPANY U. S. A.
45 - 48 1968

INFORMATION BULLETIN
TEFLON TEFLON FLUOROCARBONS RESINS MOLDING
TECHNIQUES
DU PONT U. S. A.
X - 7 D 1966

TECHNICAL SERVICE NOTE
THE EXTRUSION COATING OF WIRE
I. C. I. U. S. A.
F - 5 1966

INFORMATION BULLETIN

TEFZEL TECHNIQUES FOR PROCESSING BY MELT EXTRUSION

DU PONT FLUOROCARBON DIVISION U. S. A.

PIB # 2 1973

INFORMATION BULLETIN

TEFLON TEFZEL EFFECT OF FABRICATION ON QUALITY AS
WIRE AND CABLE INSULATION

DU PONT PLASTICS TECHNICAL SERVICE LABORATORY U. S. A.

PIB # 4 1975

TECHNICAL TOPICS # 1, 4, 6, 8, 12, 13 & 14

TEFLON FEP, TEFLON TEFZEL AND TEFLON PFA

DU PONT U. S. A.

PIB # 2, 4, 6, 8, 10 & 12 1972 - 1975