

LA LUBRICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS

Parte II. Elección y aplicación de los lubricantes

50338

Por: Klüber Lubrication, Alemania

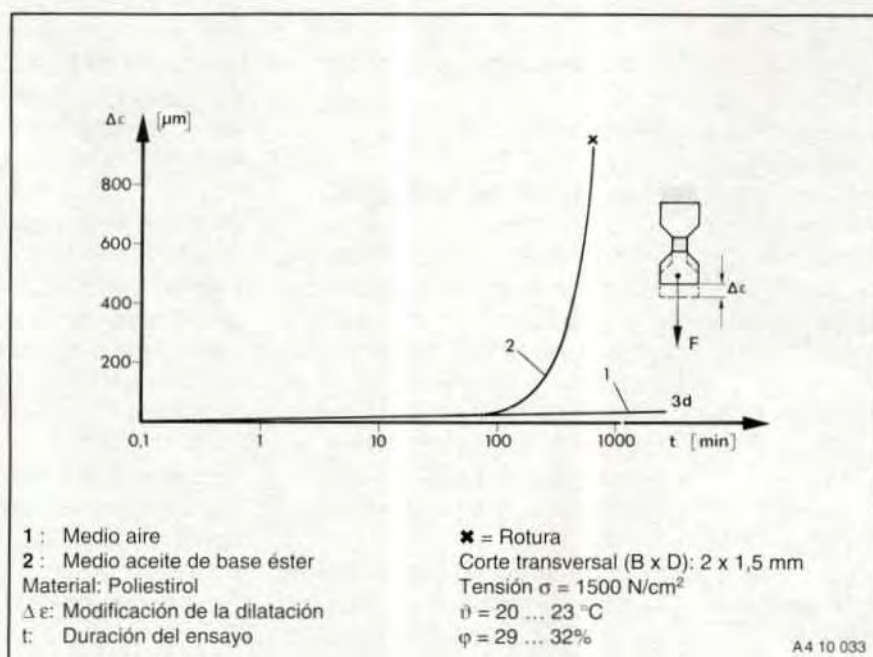


Figura 22. Formación de grietas por tensión en poliestirol (PS) con aceite en base de éster (ensayo de tracción)

ELECCIÓN Y APLICACIÓN DE LOS LUBRICANTES

Cada vez más se prefiere la utilización de plásticos en los modernos diseños constructivos. Las características físicas y químicas de este material han mejorado de tal manera que han llegado a constituir una alternativa a los metales en muchos sectores. Las ventajas decisivas de los plásticos

frente a los metales son:

- Fácil moldeabilidad
- Bajo peso y alto rendimiento
- Bajo nivel de ruido de funcionamiento (disminución de las oscilaciones)

Sólo es posible que los plásticos sean piezas duraderas cuando los pares de fricción reciben una lubricación tan eficiente como la de los metales. De esta manera, puede reducirse la fricción y el desgaste,

lo cual se traduce en un aumento de la vida útil y de la efectividad del plástico. En el sistema tribológico, el lubricante protege los pares metálicos contra la corrosión, obtura contra influencias externas y contribuye a la disminución de los ruidos.

El agua pulverizada y los gases agresivos, como, por ejemplo, el óxido de nitrógeno (NO_x) y el óxido de azufre (SO_x), son considerados

influencias externas. La mayoría de las veces entre el plástico y el lubricante se establece una acción recíproca. Existe una cierta inseguridad cuando se utilizan aceites y grasas, ya que, a menudo, no puede preverse exactamente el comportamiento del plástico y del lubricante tras un tiempo determinado de contacto. La acción recíproca entre polímeros, aceites o grasas puede ser la causa de hinchamiento, contracciones, gelatinizaciones, disolución o descomposición de polímeros. Si, además, se añaden tensiones internas y externas, los plásticos tienden a formar cuarteamiento por tensiones. Este problema puede conducir a la rotura inmediata de las piezas o, por el contrario, dicha rotura puede producirse después de una fase prolongada de trabajo. La dificultad de relación entre el lubricante y el plástico reside en que :

- Los lubricantes pueden ser líquidos complejos (con distintos tipos de aditivos)
- La modificación química más insignificante en los plásticos provoca cambios importantes en sus características físicas
- A medida que el lubricante, envejece aparecen sustancias cuyos efectos sobre el plástico no se conocen lo suficiente o se desconocen por completo
- La mayoría de las listas de compatibilidad que poseen los fabricantes de plásticos se refieren a líquidos exactamente definidos y no tanto a los lubricantes que se emplean en la práctica
- Las tensiones debidas a las condiciones de trabajo y a las formas geométricas de las piezas pueden influir sobre la resistencia

del producto acabado frente al lubricante

La resistencia de los plásticos frente a los lubricantes depende de :

- La composición química y la estructura del plástico, del tipo y la cantidad de los aditivos, las sustancias de carga y esfuerzo, así como de los productos utilizados eventualmente para procurar adherencia
- La composición del lubricante

Así como de :

- Las condiciones de contacto

La resistencia de un polímero frente a lubricantes físicamente activos, sin aditivos y no expuesto a exigencias tribológicas puede valorarse a groso modo, si se conoce la polaridad del polímero y del lubricante. Generalmente, los polímeros no polares resisten los efectos de un lubricante no polar.

Los polímeros con grupos polares pueden ser solubles en contacto con lubricantes polares e hincharse, siendo, en cambio, resistentes a la acción de lubricantes no polares.

Con lubricantes aplicados a pares de deslizamiento acero/polímero, de empleo frecuente por el momento, se han conseguido buenos resultados gracias, al poder sustentador de cargas, que es consecuencia de la fuerte unión con el elemento de deslizamiento de acero.

Por otra parte, a causa de la resistencia al envejecimiento relativamente baja de los lubricantes polares, estos productos muestran una mayor tendencia al

envejecimiento y a la formación de residuos, que pueden ser incompatibles con el material polímero.

Los polímeros amorfos, para seguir con este ejemplo, que se emplean con frecuencia en la técnica de la mecánica fina por su capacidad para mantener la forma y el tamaño, son, por lo general, menos compatibles con el lubricante que los polímeros parcialmente cristalinos. Para poder valorar el comportamiento en lo referente a la resistencia a la formación de grietas por tensión, se desarrollaron en el pasado innumerables métodos de ensayo, Figuras 22 y 23.

Esencialmente estos métodos se diferencian en la carga y en el estado de tensión que ésta provoca en el cuerpo de ensayo a dilatación (relación de tensión o ensayo de relajación) y tensión constante (ensayo de fluencia).

La compatibilidad del plástico y del lubricante se suele comprobar en condiciones estáticas. Figura 24.

Normas de ensayo :

- Volumen, según DIN 53 521
- Dureza, según DIN 53 505
- Dilatación de rotura, según DIN 53 504
- Resistencia a la tracción, según DIN 53 504
- Valor de tensión al 100 %, según DIN 53 504

Seguidamente, vamos a describir el ensayo estándar. Como probetas de ensayo, se utilizarán probetas normalizadas S2. La prueba se iniciará colocando 3 probetas

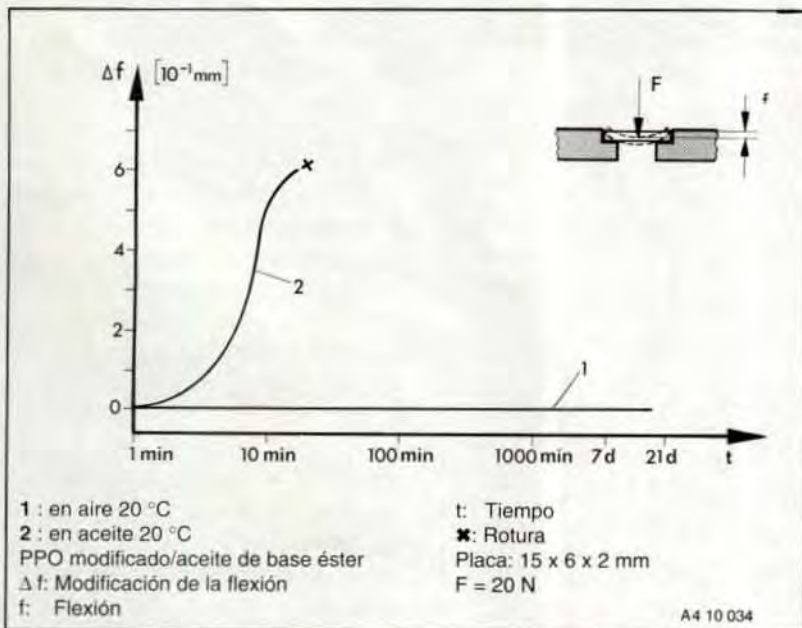


Figura 23. Formación de grietas por tensión en PPO modificado y lubricado con aceite de base éster (ensayo de flexión)

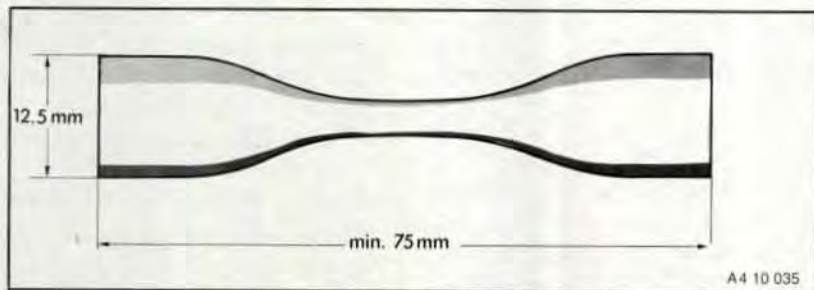


Figura 24. Probeta

normalizadas, que no hayan entrado en contacto con el lubricante, en una máquina de tracción. El resultado servirá como valor de partida. Seguidamente, se continuará el ensayo con 3 probetas normalizadas que hayan estado en contacto con el lubricante durante un tiempo determinado y a una temperatura definida, Figura 25.

A continuación, se efectuarán distintos ensayos mecánicos con las probetas, a partir de los cuales obtendremos valores característicos del material, Figura 26. En un principio, puede haber

reacción entre todos los componentes del lubricante y todos los del plástico. Los valores de medición de las probetas que han tenido contacto con el lubricante, se compararán con los de aquellas que no lo han tenido. En principio, en este ensayo debería tenerse, también, en cuenta el llamado **valor ciego**, es decir, sólo el valor bajo la influencia de la temperatura. Es posible que la desviación pueda medirse sólo con éste parámetro. Como muestran los resultados, el lubricante puede tener una influencia totalmente positiva sobre el plástico, es decir, puede reducir

los cambios ocasionados por la temperatura.

Actualmente se examina :

- Los cambios de peso (mediante balanza)
- El cambio de volumen, según el método de elevación
- La modificación de la dureza (determinación de la dureza Shore, según DIN 53 505/ASTM D 2240)
- La modificación de la resistencia a la rotura y a la dilatación (ensayo de tracción, según DIN 53 504/ASTM D 412)

Lo más importante es la dilatación de rotura:

$$\Delta \epsilon = (l_R - l_0) / l_0$$

l_R : longitud de la probeta en el momento de la rotura

l_0 : longitud de la probeta antes del ensayo de tracción

La mayoría de las veces, la efectividad del lubricante se indica de la siguiente forma :

Efectividad del lubricante = alargamiento de rotura de la probeta lubricada x 100 / alargamiento de la probeta no lubricada (%).

A menudo, se produce una modificación típica de los elastómeros, debido al contacto con el aceite base o con el aceite lubricante. Nos estamos refiriendo aquí al hinchamiento ; el caso contrario, la contracción, no es tan usual. Cuando se produce el hinchamiento de las moléculas del aceite base pasan a la estructura del elastómero hasta que se llega a un equilibrio de difusión.

Temperaturas recomendadas		Tiempos de ensayo preferibles	
20 °C	85 °C	22 h	y múltiplos de 7 d como 14 d
40 °C	100 °C	70 h	28 d
55 °C	125 °C	70 h	
70 °C	150 °C	168 h = 7 d	

Figura 25: Tiempos y temperaturas de ensayo estándar

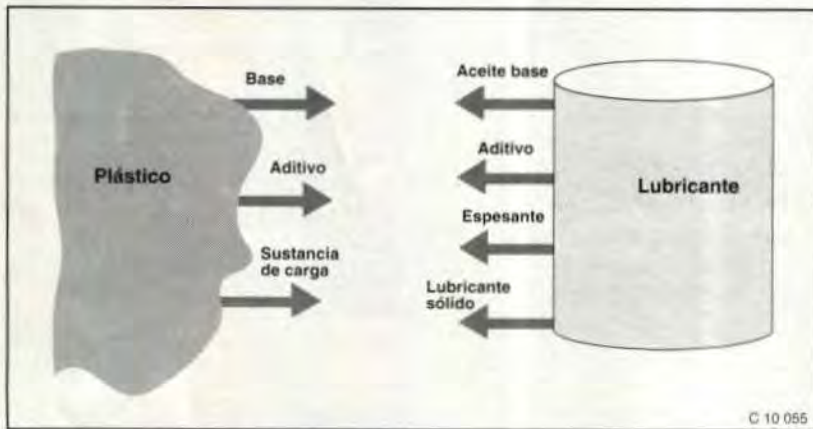


Figura 26: Acción recíproca

Tenemos conocimiento de combinaciones adecuadas lubricante-elastómero, a través de un fabricante de juntas.

Con aceites de base mineral, el aumento de volumen depende del material de la junta y del contenido del aceite en carbonos aromáticos: cuanto menor sea el punto de anilina, mayor será el hinchamiento, Figura 27. Cuando más elevada sea la viscosidad y más refinado el aceite, menor será la influencia sobre el material de la junta.

La viscosidad también influye sobre el hinchamiento; cuanto mayor es la viscosidad, mayor es el tiempo para llegar al equilibrio de difusión.

Si se utilizan fluidos sintéticos debe tenerse en cuenta que algunos aceites sintéticos pueden destruir en horas las juntas inadecuadas, por lo que es necesario efectuar ensayos previos con todas las juntas utilizadas en el sistema.

Los siguientes tres aceites ASTM claramente diferenciados en su contenido en carbonos aromáticos (DIN 53521), pueden utilizarse como ensayo de referencia normalizado:

Aceite ASTM	1	2	3
Punto de anilina (°C)	124	93	70

Los elastómeros NBR estándar se describen en la norma DIN 53 538 parte 1 - 3. Representan la composición más común de los

elastómeros comercializados y pueden utilizarse en ensayos de compatibilidad.

Los ensayos normalizados que se realizan actualmente para averiguar la resistencia del lubricante y el plástico no son suficientes, ya que no tienen en cuenta que:

- Los esfuerzos tribológicos activan la acción de los aditivos

- Con un esfuerzo mecánico-dinámico el envejecimiento del aceite y con ello la aparición de productos aceitosos agresivos, ocurre más rápidamente que con cargas estáticas

Todavía no existen ensayos normalizados u otros ensayos comparables para condiciones de trabajo mecánico-dinámicas, aunque se espera que, en poco tiempo, las empresas desarrollen aparatos de ensayo específicos, gracias a los cuales se podrá determinar, bajo condiciones mecánico-dinámicas, la compatibilidad del plástico y el lubricante.

Los plásticos lubricados pueden reaccionar ante los lubricantes, siendo usual también el caso contrario. Puede tener lugar, por ejemplo, una reacción química entre el aceite base de una grasa y los polímeros, aunque es más corriente que los vapores de los polímeros pasen al lubricante y se produzca, entonces, la reacción. El peligro de esta reacción es la gelatinización o la aceleración del envejecimiento del aceite. Los vapores de polímeros como el formaldehído (de POM) o el estirolo (de resina de poliéster) pueden provenir tanto de los polímeros como de los aditivos, Figura 28.

Teniendo presente este hecho, deben examinarse los siguientes componentes para conocer su inocuidad :

- Los polímeros que vayan a entrar en contacto directo con el aceite
- Aquellas sustancias que tienden a desprender vapores, como, por ejemplo :
- Las sustancias adherentes
- Las cintas aisladoras
- Tubos y recubrimientos aislantes
- Los polvos auxiliares de moldeo

Otro tipo de acción recíproca es la migración del espesante al plástico. En este caso, disminuye la consistencia de la grasa; lo que significa que puede abandonar la zona de fricción, causando problemas de funcionamiento. La migración depende de :

- La relación entre la cantidad de lubricante y la superficie del plástico; cuanto mayor es esta relación, mayor puede ser la migración
- La temperatura que influirá sobre la velocidad de difusión
- El porcentaje de espesante
- El tipo de espesante

El tipo de migración de los jabones de metal usuales empleados en las grasas es muy variable. El litio tiende a una fuerte migración, mientras que el jabón de bario y de sodio presentan una escasa tendencia.

Otro aspecto importante es la humectación y la resistencia de las gotas. Del lubricante se exige que procure una buena humectación a las superficies de los pares de deslizamiento, a fin de garantizar

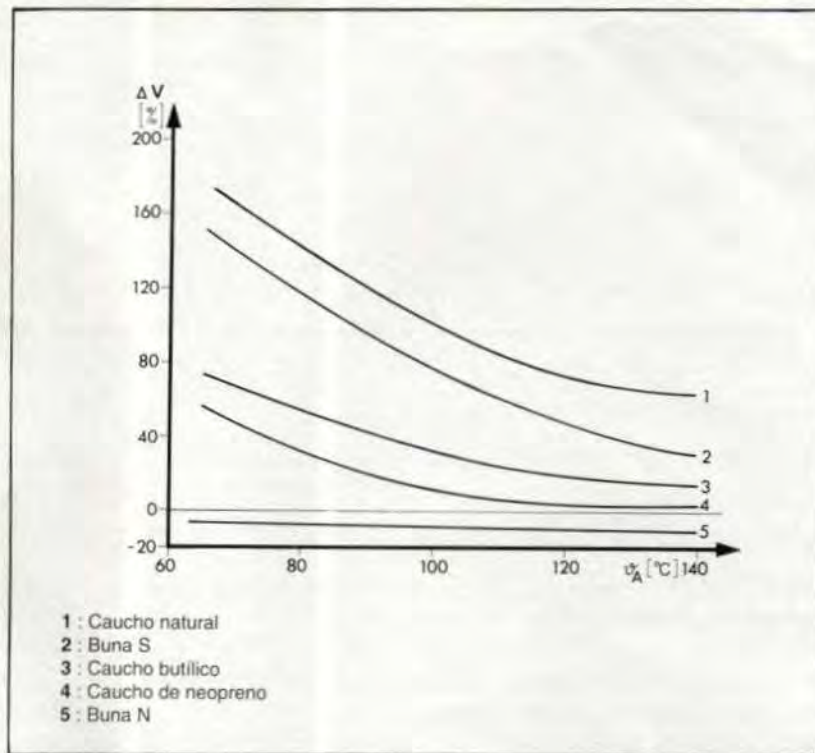


Figura 27. Aumento del volumen ΔV , dependiendo del punto de anilina v_A .

su aportación en las zonas de contacto. Por otra parte, y especialmente cuando se trata de una única lubricación inicial, el producto debe tener la capacidad de permanecer el tiempo suficiente sobre las superficies de los pares de deslizamiento para evitar una falta prematura de lubricante en la zona de contacto. Además de esta escasez de lubricante, también puede existir el peligro que aquellas piezas cercanas que no deben tener contacto alguno con el producto sean afectadas por éste. Esto puede ser peligroso, sobre todo, utilizando aceites de silicona allí donde existen contactos eléctricos. Otra desventaja de la expansión del producto sería el aumento de la superficie de contacto entre el aceite y el aire, lo cual favorece la oxidación del lubricante.

- Antioxidantes
- Pigmentos colorantes
- Antiinflamante
- Desmoldeantes
- Sustancias de deslizamiento
- Agentes adherente
- Negro de humo
- Absorventes UV
- Plastificantes

Figura 28. Aditivos en material polímero

La humectación con líquidos y la resistencia de las gotas sobre las superficies de los sólidos, depende de la energía superficial y de la energía superficial límite. Las moléculas de la superficie de un líquido o de un cuerpo sólido tienen, en contraposición con las moléculas internas, una energía adicional que,

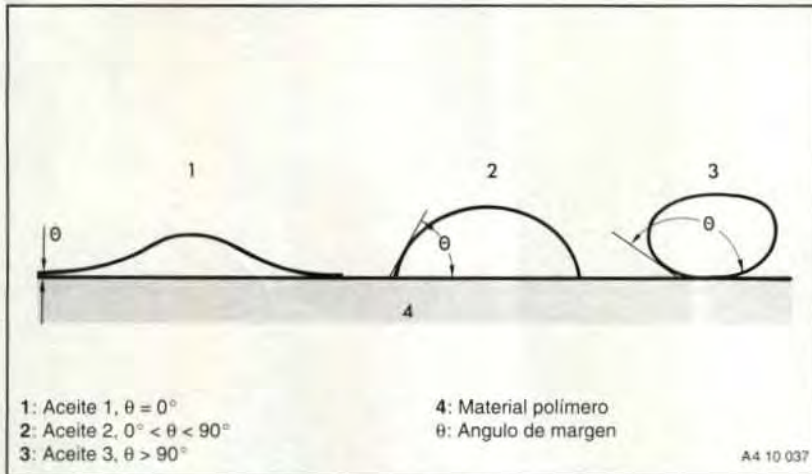


Figura 29. Representación esquemática de la resistencia de las gotas o bien de la humectación de las superficies del material polímero

en el caso de los líquidos, tiende a minimizar la superficie, es decir, a dar forma de bola al líquido. Esta energía se mide en fuerza por longitud o en energía por superficie. La energía específica superficial libre del aceite se denomina **tensión superficial**. La energía adicional libre de la superficie límite se denomina **Energía de la superficie límite**, figura 29.

La expansión de una gota de aceite sobre la superficie de un plástico no sólo depende de la energía superficial libre del plástico y de la tensión superficial del aceite, sino que, también, se ve influenciada por:

- Las condiciones de mecanización
- La geometría de la superficie
- La rugosidad de la superficie del plástico
- La viscosidad

- La densidad del aceite

Las condiciones ambientales también pueden intervenir en la expansión del aceite. En muchos casos, es suficiente comprobar la expansión del aceite sobre el plástico a través del aumento de la superficie humedecida con aceite en un tiempo determinado, Figura 20.

Diversas investigaciones han demostrado que una expansión importante encierra el peligro, especialmente cuando se trata de una lubricación única, de que se produzca una prematura falta de lubricante en las zonas de contacto de los pares de deslizamiento.

Medidas constructivas, como pueden ser el aprovechamiento de la fuerza capilar y la reserva de lubricante, contribuyen a retrasar una prematura escasez de producto en las zonas de contacto.

Ejemplos de aplicación



Ya con el simple montaje de anillos de obturación sin lubricante pueden aparecer daños en el labio de obturación. Sin embargo, también pueden haber problemas en los primeros minutos de funcionamiento, cuando la aportación de aceite todavía no está garantizada; ver Figura 31.

F 10155

Figura 30. Anillo obturador de un eje radial, no lubricado



Los anillos de obturación lubricados con SYNTHESO W y destinados a ejes radiales soportan un funcionamiento en seco de 10 min. El desgaste del labio de obturación en condiciones extremas es mínimo, garantizándose de esta manera el funcionamiento del anillo de obturación del eje radial; ver figura 30.

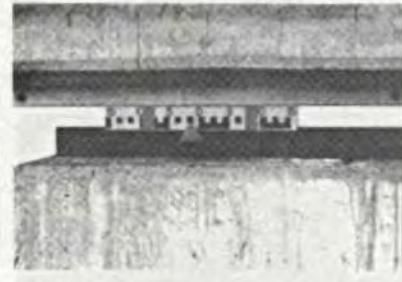
F 10156

Figura 31. Anillo obturador de un eje radial lubricado



Lubricación con ISOFLEX TOPAS L 32. El requisito esencial es un momento de arranque bajo, incluso a temperaturas muy bajas y energía limitada

F 10157

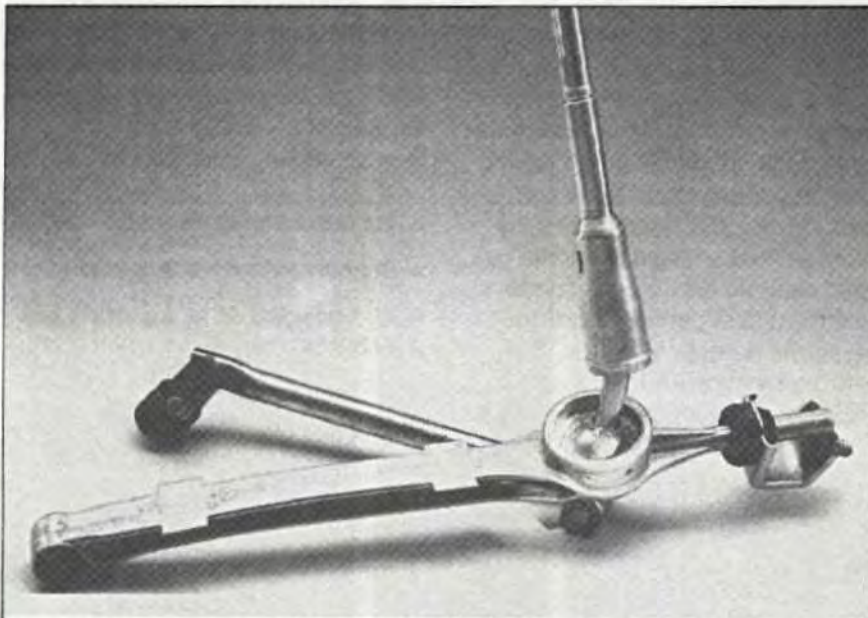


A la grasa de Klüber SYNTHESO 8002 se le encomienda la tarea de posibilitar un ligero desplazamiento del puente y reducir la fricción y el desgaste durante la vida útil del mismo.

F 10158 y F 10159

Figura 32. Engranajes pequeños

Figura 33. Puente y soporte del puente



En los rótulos de articulación de automóviles se utilizan una serie de elementos de deslizamiento fabricados con plástico, como por ejemplo: rótulas, casquillos de cojinete y articulaciones de distribución. Con un único producto debería ser posible lubricar todos los puntos de fricción. El lubricante debe caracterizarse por una buena compatibilidad con los plásticos, por un amplio campo de temperatura de uso y por una buena capacidad de amortiguación. Hoy en día muchos fabricantes de automóviles utilizan POLYLUB GLY 801 en las guías de distribución.

F 10160

Figura 34. Rótulo de articulación

Aceites lubricantes especiales	ISO VG DIN 51 519 [mm ² /s]	Densidad DIN 51 757 [g/ml], a 20 °C, aprox.	Viscosidad cinemática DIN 51 561 [mm ² /s], a °C			Indice de viscosidad (VI) DIN ISO 2909 aprox.	Punto de inflamación DIN ISO 2592 [°C], aprox.	Punto de fluidez crítica DIN ISO 3016 [°C], aprox.
			20	40	100			
			BARRIERTA IEL - FLUID	100	1,90			
BARRIERTA IMI - FLUID	220	1,90	660	190	22	120	no inflamable	- 25
BARRIERTA IS - FLUID	460	1,90	1400	400	35	130	no inflamable	- 30
BARRIERTA O - FLUID	32	1,88	75	28	4,7	75	no inflamable	- 60
BARRIERTA OL - FLUID	46	1,90	120	43	6,5	100	no inflamable	- 45
CONSTANT OY 32	32	0,84	80	29 - 35	6,2	> 130	> 220	- 50
CONSTANT OY 46	46	0,83	120	42 - 50	8	> 130	> 220	< - 50
CONSTANT OY 68	68	0,83	175	62 - 74	10,3	> 130	> 220	< - 50
CONSTANT OY 100	100	0,84	280	90 - 110	13,7	> 130	> 220	- 45
CONSTANT OY 150	150	0,84	440	135 - 165	18,8	> 130	> 220	- 40
CONSTANT OY 220	220	0,85	680	200 - 240	25	> 130	> 230	- 40
CONSTANT OY 390	320	0,85	1300	360 - 420	39	> 130	> 240	- 35
ISOFLEX PDP 61 A	46	0,92	105	47 - 53	11,5	235	> 190	< - 30

Aceites lubricantes especiales	ISO VG DIN 51 519 [mm ² /s]	Densidad DIN 51 757 [g/ml], a 20 °C, aprox.	Viscosidad cinemática DIN 51 561 [mm ² /s], a °C			Índice de viscosidad (VI) DIN ISO 2909 aprox.	Punto de inflamación DIN ISO 2592 [°C], aprox.	Punto de fluidez crítica DIN ISO 3016 [°C], aprox.
			20	40	100			
			SYNTHESO D 32	32	0,98			
SYNTHESO D 68	68	1,04	-	75 - 85	15,5	> 180	> 250	< - 40
SYNTHESO D 100	100	1,04	-	90 - 110	19,5	> 200	> 250	< - 40
SYNTHESO D 220	220	1,04	-	200 - 240	38	> 200	> 250	< - 30
SYNTHESO D 460	460	1,05	-	420 - 500	75	> 230	> 250	< - 30
SYNTHESO D 1000	1000	1,05	-	900 - 1100	170	> 270	> 250	< - 20
UNISILKON TK 002/20	15	0,95	a 25 °C 20	15	7	500	240	- 60
UNISILKON TK 002/100	68	0,96	a 25 °C 100	75	30,5	> 400	> 255	- 50
UNISILKON TK 002/500	320	0,97	a 25 °C 500	365	148	> 400	> 300	- 50
UNISILKON TK 002/1000	1000	0,97	a 25 °C 1350	1000	400	> 450	> 300	- 50

Grasas lubricantes especiales	Aceite base/ espesante	Densidad a 20 °C [g/cm ³] aprox.	Viscosidad del aceite base DIN 51561 [mm ² /s] aprox. a		Color	Punto de gota DIN ISO 2176 [°C] aprox.	Intervalo de temperatura de uso [°C], aprox.	Penetración trabajada DIN ISO 2137 [0,1 mm] aprox.	Consistencia NLGI DIN 51 818	Viscosidad dinámica aparente [mPa s] ¹ aprox.
			40 °C	100 °C						
BARRIERTA L 55/0	Aceite de polieter fluorado / PTFE	1,96	400	35	blanquecino cremoso	no medible	- 45 a 260	355 a 385	0	4500
BARRIERTA L 55/1	Aceite de polieter fluorado / PTFE	1,96	400	35	blanquecino cremoso	no medible	- 45 a 260	310 a 340	1	7000
BARRIERTA L 55/2	Aceite de polieter fluorado / PTFE	1,96	380 - 420	36,5 - 39	blanquecino cremoso	no medible	- 40 a 260	265 a 295	2	8500 - 10 000
BARRIERTA L 55/3	Aceite de polieter fluorado / PTFE	1,96	400	35	blanquecino cremoso	no medible	- 35 a 260	220 a 250	3	12 000
BARRIERTA L 25 DL	Aceite de polieter fluorado / PTFE	1,95	90	11	blanquecino	no medible	- 35 a 150	270 a 300	-	4000
CONSTANT GLY 2100	Aceite de hidrocarburos sintéticos / jabón de litio	0,84	55	9	marrón claro	- ²	- 50 a 150	- ²	- ²	370 ³
ISOFLEX NCA 15	Aceite de éster, aceite mineral/ jabón especial de calcio	0,82	23	4,7	beige, cremoso	> 180	- 40 a 130	265 a 295	2	3500
ISOFLEX PDB 38 CX 2000	Aceite mineral, aceite de éster/ jabón de litio	0,92	13	3,5	amarillento	- ²	- 65 a 100	- ²	- ²	150 ³
ISOFLEX PDL 250	Aceite de éster / jabón de litio	0,92	11	3,4	beige	> 190	- 60 a 125	260 a 280	-	3000

¹ A 25 °C y un gradiente de velocidad de 300 s⁻¹
² no medible
³ Método de medición: Viscosímetro Höppler según la norma DIN 53 015 a 20 °C

Grasas lubricantes especiales	Aceite base/ espesante	Densidad a 20 °C [g/cm ³] aprox.	Viscosidad del aceite base DIN 51561 [mm ² /s] aprox. a		Color	Punto de gota DIN ISO 2176 [°C] aprox.	Intervalo de temperatura de uso [°C], aprox.	Penetración trabajada DIN ISO 2137 [0,1 mm] aprox.	Consistencia NLGI DIN 51 818	Viscosidad dinámica aparente [mPa s] ¹ aprox.
			40 °C	100 °C						
ISOFLEX TOPAS AK 50	Aceite de hidrocarburos sintét./ jabón complejo de aluminio	0,87	30	5,5	blanquecino, casi transparente	> 200	- 50 a 150	355 a 385	0	1200 a 2000
ISOFLEX TOPAS L 32	Aceite de hidrocarburos sintét./ jabón de litio	0,86	18	4	beige	> 180	- 60 a 130	265 a 295	2	2500
ISOFLEX TOPAS NCA 52	Aceite de hidrocarburos sintét./ jabón especial de calcio	0,80	30	5,5	beige, cremoso	> 220	- 50 a 150	265 a 295	2	4000
PARALIQ GTE 703	Aceite de silicona/ PTFE	1,31	1000	360	blanco, cremoso	> 250	- 50 a 150	220 a 250	3	9000
POLYLUB GLY 801	Aceite de hidrocarburos sintético, aceite mineral/ jabón especial de litio	0,88	660 - 800	52 - 62	beige	> 250	- 40 a 150	310 a 340	1	5000 a 7000
SYNTHESO GLEP 1	Poliálquileglicol/ jabón especial de litio	0,97	370	55	beige, casi transparente	> 220	- 50 a 150	280 a 310	2	4000
UNISILKON GLK 112	Aceite de silicona/ jabón especial de litio	0,97	90 - 110	53	blanco	> 220	- 55 a 180	265 a 295	2	5000
UNISILKON L 641	Aceite de metilsilicona / PTFE	1,25	75 000	30 000	blanco	> 230	- 40 a 160	300 a 320	1	135 000 a 200 000

¹ A 25 °C y un gradiente de velocidad de 300 s⁻¹

Abreviaciones y fórmulas químicas

Abreviaciones utilizadas y su significado		
GF	=	Fibra de vidrio
Grilamid L 20 GM	=	Poliamida Emser Werk AG Zurich, Suiza
MoS ₂	=	Disulfuro de molibdeno
NO _x	=	Oxido nítrico
PA 6.6	=	Poliamida
PC	=	Policarbonato
POM	=	Poliacetal, Polioximetileno
POM/cp	=	Poliacetal copolimerizado
POM/hp	=	Poliacetal homopolimerizado
PPO	=	Oxido de polifenilo
PPS	=	Sulfuro de polifenilo
PS	=	Poliestirolo
PTFE	=	Politetrafluoroetileno
SO _x	=	Oxido de azufre
Trogamid T	=	Poliamida Dynamit Nobel AG
UTI-RV	=	Dispositivos para comprobar la fricción y el desgaste desarrollados por el Instituto Hahn-Schickard, Stuttgart

Símbolos utilizados y su significado		
A	=	Superficie
d	=	Diámetro o días
F _N	=	Carga normal
f	=	Coefficiente de fricción, flexión
Δ f	=	Modificación de la flexión
n	=	Número de revoluciones
p	=	Tensión mecánica
R _a	=	Valor de la rugosidad media
R _z	=	Profundidad de la rugosidad media
s	=	Trayectoria de deslizamiento
v	=	Velocidad
W _L	=	Desgaste del cojinete, abrasión
Δ ε	=	Modificación de la dilatación, dilatación por desgaste
θ	=	Temperatura
θ _A	=	Punto de anilina
θ _R	=	Temperatura ambiente
θ	=	Angulo de margen
v	=	Viscosidad cinemática del aceite
σ	=	Tensión
φ	=	Humedad relativa del aire
ψ	=	Juego del cojinete

Bibliografía

1. Die Schmierung von Polymerwerkstoffen (La lubricación de materiales de polímero): F. Dürr, Stuttgart, H Winkler, München, publicado por Antriebstechnik 5/91
2. Tribologie
Der Wegweiser zur Schmierung (Tribología - Guía para la lubricación), publicado por Klüber Lubrication München KG
3. Grasas lubricantes
Clasificación, selección y aplicación, publicado por Klüber Lubrication München KG
4. Aceites minerales y aceites sintéticos
Clasificación, selección y aplicación, publicado por Klüber Lubrication München KG



Agradecimientos

A la firma HANSEATICA CIA LTDA. representante en Colombia de la firma KLÜBER LUBRICATION, por su gestión para hacer posible la reproducción de esta información.

Los lectores interesados en obtener mayor información sobre este tema y de los productos de la firma Klüber Lubrication de Alemania pueden dirigirse a la siguiente dirección:

*Hanseatica Cia Ltda.
Calle 17 No. 69B-06 A.A. 14467
Tels: 2922118, 2926973
Santa Fe de Bogotá*