



## RECUBRIMIENTO DURO BALINIT EN LA ELABORACIÓN DE PLÁSTICOS

Por: Balzers Elay S.A.  
Barcelona-España

La técnica moderna para la elaboración de plásticos se caracteriza por presiones, temperaturas y velocidades altas así como por un enfriamiento en el molde más rápido, las consecuencias son: un progresivo desgaste, mayor adherencia de materias plásticas al molde y un peor desmoldeo. Los procedimientos que tienen por objeto la mejora de la productividad y economía se centran en el desarrollo de la maquinaria, moldes de múltiples cavidades de hábil diseño y ciclos de producción automatizados. Pero las características operativas y la eficacia de este caro equipamiento productivo deja lugar a las mejoras.



Fig.1 Molde de inyección recubierto con BALINIT para reflectores de faro.

El recubrimiento duro BALINIT aumenta la vida útil de los moldes de inyección, mejora el desmoldeo, reduce la formación de adherencias

de materias plásticas en los moldes y tiene un efecto beneficioso sobre el flujo de plástico fundido.

### **Medidas contra los efectos del desgaste y mejora en la elaboración**

Los trabajos de mantenimiento y conservación de los moldes de inyección hacen subir los costes de fabricación, por retrasos en la producción, y fallos en la calidad debidos a un funcionamiento defectuoso del molde o proceso.

Para tomar medidas contra estos incrementos de costes se debe prestar una mayor atención a la selección de materiales para fabricar moldes y al tratamiento de sus superficies, al diseño del agujero de colada, fuentes y respiraderos y modificaciones de los parámetros de inyección o mejoras en el enfriamiento de moldes. Otra medida adicional es el mejorar las propiedades de la superficie del molde aplicando sustancias para el desmoldeo y lubricante o bien aplicando endurecimientos por nitruración, niquelado o cromado duro.

Estos procedimientos de endurecimiento no siempre solucionan los problemas; a veces debido a la insuficiente resistencia al desgaste

o por una propensión a la microfisuración bajo cargas de flexión o compresión y redondeados en las aristas del molde, además la utilización de desmoldeantes no es siempre posible.

Entre los fabricantes de plásticos se va extendiendo cada vez más el interés por los recubrimientos de nitruro de titanio (TiN). Estos recubrimientos pueden aplicarse por el procedimiento PVD o CVD. Los recubrimientos CVD se depositan normalmente a temperaturas comprendidas entre 800 °C y 1.000 °C. En la mayoría de los casos, esto quiere decir que el molde debe ser tratado térmicamente después. Tanto el recubrimiento como el tratamiento térmico subsiguiente presentan un mayor riesgo de deformaciones geométricas del molde.

Los recubrimientos CVD son más gruesos y rugosos que los recubrimientos PVD y no siempre puede evitarse el redondeo de aristas. Debido a estos problemas, existen límites para el uso de recubrimientos CVD.

### **El recubrimiento duro BALINIT**

El recubrimiento duro BALINIT se aplica en alto vacío, a temperaturas inferiores a 500 °C. En

consecuencia, los diferentes materiales empleados en la fabricación de los utillajes para la elaboración de plásticos pueden ser recubiertos sin pérdida de dureza ni deformación térmica.

Ejemplos:

Aceros de herramientas de trabajo en caliente:

ISO 1.2343/AISI H 11

ISO 1.2344/AISI H 13

ISO 1.6358

Acero de herramientas para trabajos en frío:

ISO 1.2083/AISI 420

ISO 1.2363/AISI A2

ISO 1.2378/AISI D3

ISO 1.2379/AISI D2

ISO 1.2380

Acero pretratado térmicamente:

ISO 1.2311/AISI 4142

Acero inoxidable:

ISO 1.411/AISI 440 B

Acero de nitruración:

ISO 1.8550/AISI A 355 Cl. A

Aleaciones de cobre-berilio y AMPCOLOY.

El recubrimiento BALINIT PVD se deposita por el método "ion-plating". Esta técnica garantiza una adherencia del recubrimiento especialmente buena y una capa homogénea de grano fino de un espesor de hasta 4  $\mu\text{m}$ . El recubrimiento altera muy poco las tolerancias dimensionales; las aristas y demás formas geométricas del molde se reproducen con exactitud.

A la hora de diseñar los útiles es necesario disponer de aceros con buena maquinabilidad y adecuados para realizar los tratamientos

térmicos y recubrimientos superficiales. Para el fabricante de plásticos, la resistencia al desgaste y corrosión, la buena conductividad térmica y la resistencia a la compresión son criterios importantes. El intentar cumplir estos requisitos incompatibles en parte, a través de la selección de un acero de utillajes, siempre lleva a concesiones. Por el contrario el recubrimiento BALINIT ofrece la posibilidad de tratar ambas necesidades. El tratamiento térmico del acero de utillajes puede ser llevado a cabo de tal manera que el acero responda elásticamente a las cargas mecánicas, mientras que la dureza que se precise para asegurar la resistencia al desgaste de la superficie del molde es proporcionada por el recubrimiento duro. Esta combinación puede hacer que ocurran con menos frecuencia los desgastes de utillaje. A pesar de su dureza, el tenaz recubrimiento de grano fino se comporta elásticamente bajo cargas dinámicas y no sufre microfisuraciones. Este es un requisito esencial para evitar que las superficies del molde sufran daños.

#### **Una vida útil más larga**

El recubrimiento BALINIT es más duro que el carburo de tungsteno. El BALINITA (TiN) de color amarillo dorado tiene una dureza de 2.300 Vickers. Esta gran dureza protege las superficies de las cavidades de los moldes, insertos, machos, correderas, agujeros de colada y torpedos, y también componentes tales como válvulas antirretorno, puntas de husillos, boquillas y válvulas de aguja, del desgaste abrasivo, especialmente en el procesado de plásticos que contengan cargas de fibra de vidrio.

Se conocen incrementos de la vida útil diez veces superiores. Además, el recubrimiento protege contra deterioros durante los cambios, limpieza y transporte del molde. Proporciona también un indicador del desgaste que permite tomar medidas oportunamente para preservar las costosas superficies del molde.

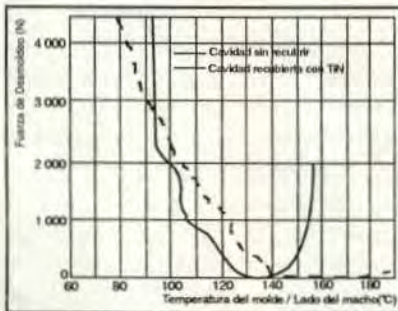
El recubrimiento BALINIT no es solamente duro; tiene también un coeficiente de fricción más bajo que el acero. En consecuencia, las superficies metálicas tales como las correderas, eyectores, extractores o guías están protegidas contra el desgaste prematuro. Esto es especialmente útil cuando estas piezas no deben de estar lubricadas. Las superficies de la parte del molde más costosa están recubiertas de un modo preferente.

Los insertos recubiertos en moldes pueden prolongar su vida útil diez veces; a menudo estas piezas fallan prematuramente debido al desgaste por corrosión de gas caliente. En el moldeo por inyección de piezas de plástico coloreadas con pigmentos libres de cadmio, el recubrimiento inerte BALINIT también limita con efectividad la oxidación y los ataques en las superficies del molde. Esto conduce a unos costes de repulimentación más bajos, y a una reducción en los plazos de entrega y rechazos de piezas elaboradas.

La capa de nitruro de titanio también retrasa la formación de óxido causada por el agua de refrigeración condensada. Sin embargo, debido a que la capa no es totalmente aporosa, las picaduras en el acero no pueden ser eliminadas cuando se está elaborando un material plástico fuertemente corrosivo.

**Un mejor desmoldeo**

Determinadas piezas presentan dificultades de extracción. El bajo coeficiente de fricción del recubrimiento homogéneo BALINIT reduce la fuerza que se precisa para el desmoldeo en una amplia gama de temperaturas. (Figura 2).



**Fig.2 Efecto del recubrimiento TIN sobre la fuerza de desmoldeo en una amplia gama de temperaturas. Material: Makrolon 2905. Fuente: Bayer AG.**

Debido a las especialmente buenas condiciones de desmoldeo, se dan menos retrasos y menos casos de piezas y moldes deteriorados. En algunos casos las sustancias para el desmoldeo pueden ser eliminadas o puede acortarse el tiempo del ciclo.

**Menor adherencia de materias plásticas en el molde**

El recubrimiento inerte BALINIT reduce la cantidad de materia que se adhiere en el molde y controla la adhesión de las piezas moldeadas por inyección. Esta cualidad implica ciertas ventajas fundamentales. Los moldes no precisan ser limpiados tan a menudo, y la misma se realiza de forma más rápida. Se facilita el desmoldeo y se mejora su fiabilidad. Como consecuencia, los caros equipos productivos pueden ser mantenidos en servicio durante más tiempo, y los costes de mantenimiento disminuyen.

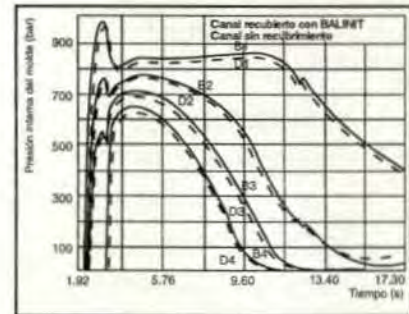
Además, la fluidez de la masa fundida en la cavidad mejora debido a que hay menos materia plástica adherida en la misma.

El recubrimiento BALINIT reduce la adhesión de masa fundida en las válvulas antirretorno y en otros componentes del equipo. Este efecto se manifiesta en una mayor exactitud de respuesta y un cierre más rápido de las válvulas antirretorno, teniendo como resultado una cantidad de masa fundida más uniforme. Tienen lugar menos retrasos y se mejora la calidad de la pieza moldeada.

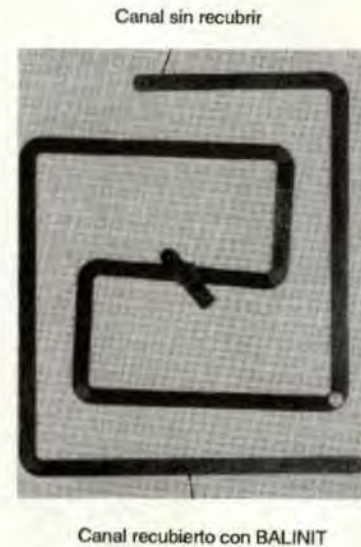
**Mejora del flujo**

El proceso de llenado del molde en la inyección de los plásticos está descrita en la teoría "Source Flow". En esta teoría, la masa fundida por inyección se pone en contacto inmediatamente con la pared de la cavidad donde se solidifica y forma una capa límite sólida. Mientras continúa la inyección se llena la cavidad y su superficie no afecta en el flujo de la masa fundida de plástico. Se ha descubierto con un instrumento de medida especial, que las condiciones de superficie de la cavidad del molde, tienen efectivamente una influencia sobre el flujo de la masa. Partiendo del supuesto de un procedimiento por inyección controlado, con inyección simultánea en una cavidad no recubierta y en una recubierta, se ha demostrado que la presión interna es mayor en la cavidad recubierta (figura 3) y ésta se transmite mejor.

La masa fundida fluye mejor por las superficies recubiertas dependiendo del recorrido al que llega el tipo de plástico (figura 4). En el caso de termoplásticos reforzados con fibra de vidrio así como con polímeros de



**Fig.3. Presión vs tiempo para inyección simultánea en un canal de medida sin recubrir y uno recubierto con BALINIT. Sección transversal del canal de medida: 6x2mm Material: POM D1 ...D4 Puntos de medida en el canal sin recubrir. B1 ... B4 Puntos de medida correspondientes en el canal revestido con BALINIT. Fuente: HTL Brugg Windisch (escuela técnica).**



**Fig.4 Aumento del recorrido del flujo por el recubrimiento BALINIT Material: PA 6.6 25% Fibra de vidrio Fuente: HTL Brugg-Windisch (escuela técnica).**

cristal líquido, donde la pura teoría de "Source Flow" no tiene lugar, la diferencia de longitud del recorrido

del flujo está especialmente señalada.

Para el operario, dicho flujo mejorado le proporciona el procedimiento por inyección óptimo, sobre todo en el caso de largos recorridos de deslizamiento y paredes finas, por eso podría ser posible evitar el agarrotamiento de piezas moldeadas o con insuficiencias de llenado, que pueden ser causadas por un cambio de la presión de inyección.

**¿Qué aspectos deberían ser señalados?**

La vida útil y las características operativas de los moldes de inyección dependen en gran manera de las propiedades y de la calidad de fabricación de las superficies de las cavidades. Los recubrimientos de alta calidad sólo pueden ser producidos donde exista una estrecha colaboración entre el usuario y el fabricante de recubrimientos, puesto que el diseño, la selección del material, el tratamiento térmico y el mecanizado final de los moldes debe ajustarse a los recubrimientos.

*La mecanización por electroerosión (EDM) produce la "capa blanca" y una zona de durezas modificadas.*



**Fig.5 Superficie producida por electroerosión después del proceso de desbaste.**

La "capa blanca" puede llegar a tener un espesor de hasta 30  $\mu\text{m}$ , en el proceso de desbaste. Esta capa es parecida a la escoria y está poco adherida al material base. Estos aspectos explican por qué las superficies electroerosionadas se desgastan más rápidamente y por qué aparecen zonas brillantes no deseadas en las piezas moldeadas después de unos pocos ciclos de trabajo. La capa retemplada es mucho más dura que el material base y está expuesta a microfisuraciones.

El recubrimiento de superficies de moldes elaboradas por electroerosión sería en principio posible, pero la situación inicial, creada por la "capa blanca" lo hace inútil. La "capa blanca" puede reducirse con múltiples pasadas de acabado. Las producidas con este proceso pueden ser eliminadas a base de microchorreado para poder conseguir una adhesión general adecuada de la capa de nitruro de titanio. Otra posibilidad es seguir la electroerosión con reacadado electroquímico y quitar así la "capa blanca". La delgada capa de nitruro de titanio replica exactamente las formas geométricas del molde.

El rectificado satisface los requisitos para el posterior pulido y recubrimiento. Debería tenerse en cuenta que las muelas abrasivas embotadas y un uso poco adecuado de líquidos de refrigeración, llevan a un sobrecalentamiento en el material. Las superficies de rectificado y los cambios metalúrgicos que se ocasionan de este modo pueden dar lugar a fisuraciones, defectos en pulido y poca adhesión del recubrimiento.

Las superficies pulidas son esenciales para que los moldes de inyección tengan unas buenas características operacionales y vida útil. El proceso de pulido se debe realizar con sumo cuidado, de otra forma se pueden producir inclusiones de residuos de abrasivos, estos se desgasifican durante el proceso de recubrimiento y por tanto dañan la superficie.

Es habitual que con los recubrimientos BALINIT se produzca un aumento de 0.02-0.04  $\mu\text{m}$  en el valor de rugosidades R. El ligero aumento de las rugosidades puede ser corregido volviendo a pulir.

Un control especial del proceso de recubrimiento hace posible una posterior reducción de las rugosidades. Como resultado, los moldes de inyección con superficies pulido espejo pueden ser puestos en servicio inmediatamente después del recubrimiento.

Si los moldes han de ser modificados o reparados, el recubrimiento TiN puede quitarse por rectificando o pulido. La soldadura y la electroerosión son posibles sin necesidad de eliminar el recubrimiento TiN primero. Los moldes pueden volverse a revestir de una manera dimensionalmente exacta. Por razones físicas, los moldes con ranuras o agujeros estrechos y profundos sólo pueden ser recubiertos con algunas restricciones. La posibilidad de revestir o conseguir un espesor de recubrimiento uniforme depende de la proporción entre el diámetro y la profundidad. En los agujeros de eyección es suficiente con recubrir hasta una zona poco profunda para evitar el desgaste.

**Especificaciones para recubrimientos BALINIT**

	BALINIT A (TiN)
Microdureza (HV)	2.300
Espesor del recubrimiento (µm)	2-4
Coefficiente de fricción contra el acero (seco)	0.3 - 0.4
Temperatura máxima de utilización (°C)	550 - 600
Color	amarillo-dorado

**Los recubrimientos BALINIT en la práctica**

Los fabricantes de plásticos aprecian una mayor vida, menos materias plásticas adheridas en el molde y menos dificultades de desmoldeo así como un mejor flujo de la masa fundida. El recubrimiento BALINIT permite solucionar problemas que los fabricantes de plásticos habían tenido durante largo tiempo. Los ejemplos expuestos a continuación muestran cómo el recubrimiento BALINIT aumenta la capacidad de producción y disminuye los costes de fabricación. Teniendo en cuenta la amplia gama de materiales de plástico, los datos deberán relacionarse sólo con una aplicación bien definida.

**Elaboración de termoplásticos**

*Piezas para Lámparas Fluorescentes*  
Material: PA 6.6

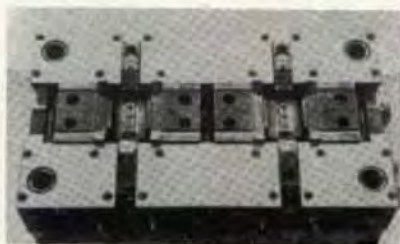


Fig. 6 Molde de dos cavidades recubierto con BALINIT.

Ventajas del recubrimiento BALINIT:

La vida útil del molde se incrementó 10 veces.

Los intervalos de mantenimiento (que precisan de 8-10 horas) aumentaron de 50.000 a 150.000 ciclos de moldeo. Las paradas de producción para la limpieza de los agujeros laterales ya no eran precisas (hasta 3 veces al día sin el recubrimiento).

Un mejor desmoldeo permitía una reducción del 8% del tiempo de un ciclo. La pérdida de producción por turno sin atender se rebajó del 70% al 10%. Las piezas defectuosas debido a la deformación se redujeron del 5% al 0,15%. Al contrario que en los moldes sin recubrir, el agua de refrigeración no producía corrosión en los moldes con recubrimiento BALINIT.

Fuente: Zumtobel AG

*Recipientes para Rollos de Películas*  
Material: HDPE

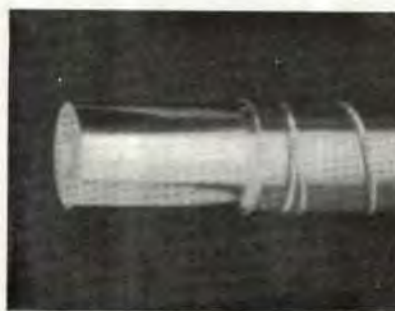


Fig. 7 Macho del molde con recubrimiento BALINIT fabricado en ISO 1.2344/ AISI H 13 para recipientes de rollos de películas.

Ventajas del recubrimiento BALINIT:

Se redujeron los costes de mantenimiento de las herramientas.

Se mejoró en gran manera la utilización de equipos de producción.

Se rebajó el coeficiente de rechazo.

Fuente: Agfa Gevaert AG

*Posicionadores de Piezas para Persianas.*  
Material: POM



Fig. 8 Molde con recubrimiento BALINIT para posicionadores de piezas de persiana.

Ventajas del recubrimiento BALINIT:

Las aristas del molde no presentaban signos de desgaste después de 350 horas de servicio (mientras que el desgaste en moldes sin recubrir después de 120 horas, producía rebabas y malos acoplamientos en la pieza).

Se mejoró la calidad de las piezas producidas.

Se redujeron los costes de mantenimiento.

Fuente: Ego-Kunststoffwerk AG

*Corredera para Bisagras de Armario*  
Material: POM



**Fig. 9 Molde con recubrimiento BALINIT de ISC 1.2379/ AISI D2 usado para la fabricación de corredera de bisagra de armario.**

**Ventajas del recubrimiento BALINIT:**

Las materias plásticas adheridas no aparecieron en el molde hasta después de 300.000 ciclos de moldeo (15.000 en moldes sin recubrir).

Se redujo el tiempo de limpieza de 6-8 horas a 20 minutos.

Se mejoró el desmoldeo.

Las piezas producidas eran de una mejor calidad.

Fuente: Blum Ges. m.b.H.

**Jeringuillas de Insulina**  
Material: PETP

En la fabricación de jeringuillas de insulina en un molde de inyección de 8 cavidades, durante las 24 horas del curso de producción se rompían entre 2 y 8 machos de aguja.

Con los machos recubiertos con BALINIT la producción se prolongaba durante más de 300 horas sin que tuviera una sola rotura de machos.

**Pieza de Bisagra**  
Material: PA6



**Fig.10 Molde con recubrimiento BALINIT para la pieza de bisagra.**

**Ventajas del recubrimiento BALINIT:**

Después de 2 millones de ciclos de moldeo no se aprecia desgaste (en los moldes sin recubrir el desgaste se apreciaba después de 560.000 ciclos).

Se redujo el coeficiente de rechazo.

Fuente: Blum Ges.m.b.H.

**Válvulas Antirretorno**



**Fig. 11 Válvula antirretorno con recubrimiento BALINIT.**

**Ventajas del recubrimiento BALINIT:**

Se redujo drásticamente la adhesión de la masa fundida.

Se redujeron los tiempos de inactividad para limpieza.

Se redujo la corrosión. Se rebajaron los costes por mantenimiento y repuestos.

**Instrumentos de Dibujo**  
Material: PMMA

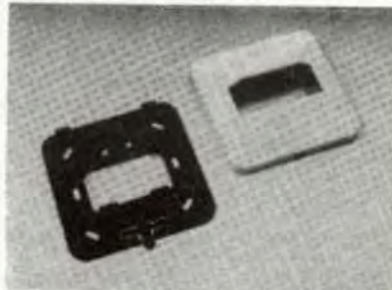
En los moldes con pulido espejo para la fabricación de instrumentos de dibujo, la cantidad de unidades producidas sin necesidad de volver a pulir los moldes se triplicó desde que se usó el recubrimiento BALINIT. Además los clientes dan cuenta de un mejor flujo de la masa fundida.

**Componentes para Duchas**  
Material: PMMA

El recubrimiento BALINIT también se ha probado en la fabricación de componentes para duchas. Se reduce a un tercio la frecuencia del repulido de los moldes con recubrimiento. Los costes del recubrimiento fueron recuperados después de tan sólo cuatro meses.

**Elaboración de los termoplásticos con fibra de vidrio**

**Tapas para Cajas de Alarmas contra Incendios**  
Material: ABS con 30% de fibra de vidrio más un retardador de llama.



**Fig. 12 Tapas de cajas de alarmas contra incendios.**

**Ventajas del recubrimiento BALINIT:**

No se aprecia desgaste después de 300.000 piezas (el desgaste se aprecia después de 20.000 piezas en moldes sin recubrir).

Se eliminan en gran medida las paradas de producción por la ausencia de inactividades causadas por adherencias de material plástico en el molde.

Fuente: Injesta AG

*Raíles de Guías para Placas de Circuitos Impresos*

Material: PA 6.6 con 25% de fibra de vidrio más un retardador de llama.



Fig. 13 Guías para placas de circuitos impresos.

El molde con recubrimiento BALINIT sigue todavía en servicio después de 500.000 ciclos (los que no llevan recubrimiento tienen una vida de 250.000 ciclos de moldeo).

El desgaste abrasivo se redujo drásticamente y la corrosión por gas caliente en los respiraderos ya no se detectaba. Se mejoró notablemente el desmoldeo.

Fuente: Elma-Electronic AG

*Torpedo*

Material: PETP con 30% de fibra de vidrio.

Ventajas del recubrimiento BALINIT:

Se duplicó su vida útil.



Fig. 14 Torpedo con recubrimiento BALINIT.

#### Elaboración de termostables

En el moldeo por inyección de los termostables, la adhesión de los agujeros ocurría con frecuencia al comienzo. El recubrimiento BALINIT ha solucionado este problema completamente.

#### Cajas de Interruptores

Un molde con recubrimiento BALINIT produjo 150.000 cajas de interruptores de un compuesto de moldeo fenólico sin mostrar signos de desgaste. Anteriormente el mismo molde fue reparado y recubierto con cromo duro después de 100.000 piezas.

#### Cajas de Contadores de Electricidad

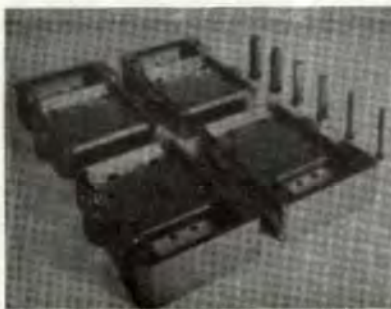


Fig. 15 Molde de cuatro cavidades con recubrimiento BALINIT de ISO 1.2083/AISI 420 para cajas de contadores de electricidad.

Ventajas del recubrimiento BALINIT:

El molde no precisó ser reparado después de 660.000 ciclos de moldeo (en moldes sin recubrimiento las reparaciones se hacían necesarias después de 150.000 ciclos).

Los moldes no precisaban de limpiezas tan frecuentes.

Se mejoró el desmoldeo.

Los recubrimientos BALINIT ofrecen más ventajas

Costes de mantenimiento y herramientas más bajos por su larga vida útil y menor necesidad de repulidos. Mayor tiempo de uso para los equipos de producción por la disminución de inactividades para la limpieza de los moldes y equipos de inyección. Mayor productividad a través de un mejor desmoldeo.

Flujo de la masa fundida, dosificaciones más uniformes y menores efectos superficiales.

#### Agradecimientos

A la firma Balzer-Elay S.A. de Barcelona - España, por la colaboración a la Revista Informador Técnico del Centro Colombo Alemán ASTIN, en permitirnos reproducir este documento, para contribuir a la actualización tecnológica de nuestros lectores y de los empresarios de la industria colombiana.

Los lectores interesados en obtener más información sobre recubrimientos BALINIT pueden dirigirse a la siguiente dirección:

BALZERS-ELAY S.A.  
Carrer Central, Cantonada C/Textil  
Pol. Industrial La Ferreira  
08110 Montcada I Reixach,  
Barcelona - ESPAÑA