

LA SUPERFICIE DE LA CAVIDAD DEL MOLDE:

Métodos de fabricación y efectos sobre la pieza

Por: D. Schauf / BAYER

La impresión estética de una pieza termoplástica inyectada depende obviamente de su forma y color, pero también de la calidad de la superficie que, de manera aproximada, refleja la superficie de la cavidad del molde de inyección. Para estas superficies se prefieren cada vez más las estructuras gruesas, porque se parecen mucho a las texturas naturales como la madera, el cuero y los textiles, materiales que se asocian con una mayor calidad. La elaboración de superficies brillantes es más dispendiosa que las estructuradas, requiere por ejemplo de un intenso pulido de la cavidad del molde. Además, posibles defectos como rechupes y líneas de flujo son más visibles, mientras que en superficies rugosas muchas veces se logra disimularlos, hasta cierto punto. Por otra parte, las superficies estructuradas, según profundidad y tipo de rugosidades, exigen mayores ángulos para el desmoldeo que las cavidades pulidas. Ángulos deficientes o falta de rigidez del molde pueden causar deformación de la estructura superficial de la pieza, en la etapa de apertura del molde. La nitidez que se logre en la reproducción de los contornos de la cavidad en el termoplástico, depende de la viscosidad del fundido, la velocidad de solidificación y los parámetros del proceso como tiempo de inyección, presión y temperatura.

A continuación se presentan diferentes procesos para elaborar la superficie de una cavidad y explicar su reproducción en la pieza plástica mediante el moldeo por inyección. Pocos temas se prestan tanto para la ilustración por imágenes. Con el planteamiento del problema y algunas propuestas para su solución, esperamos contribuir a que, en el futuro, se eviten errores similares y se puedan suprimir los dispendiosos tratamientos posteriores, como por ejemplo el barnizado.

PROCESOS PARA ELABORAR LA SUPERFICIE DE UN MOLDE

El procedimiento clásico para elaborar la cavidad es el mecanizado con desprendimiento de viruta, o sea el fresado, el torneado o la electroerosión; mientras que para el mecanizado fino se usa el rectificado y el pulido. Con métodos de conformado, sin desprendimiento de viruta, como el troquelado en frío, la fundición o el galvanizado, se obtienen superficies de poca rugosidad, directamente, sin necesidad de trabajos posteriores. En el marco del presente artículo no se pretende profundizar en las medidas de superficie, como rugosidad media R_a o profundidad máxima de rugosidades

R_t , según DIN 4768/1 y 4761/1, ya que el tema central es la elaboración del contorno del molde, su mejoramiento mediante el pulido y el estructurado, y sus efectos sobre la pieza terminada.

El pulido

Si la geometría de la cavidad es correcta, basta con un buen pulido para obtener superficies lisas que permiten un desmoldeo impecable. Como medios de pulir sirven papel lija y pasta de diamante. El pulido debe efectuarse en lo posible en sentido del desmoldeo, hacia los ángulos de salida del macho y de la matriz. Los procedimientos más comunes están resumidos en la figura 1 (según N. Ölberg/1).

Si se desea obtener una superficie brillante en una pieza no transparente, bastará un rectificado fino con papel lija de grano grueso P400 o una pasta de diamante con granulosidad de $30\mu\text{m}$. Donde se exija un pulido con rayado visible en la pieza, se usan tamaños de grano entre P280 y P320. La figura 2 muestra la cabeza de una máquina de afeitar de PC (Makrolon) con superficie pulida a rayado. El pulido brillante se usa en artículos como útiles de cocina y teléfonos que, por razones de higiene, requieren de una fácil limpieza.

Cuando se necesita pulidos de mayor calidad, como por ejemplo en piezas

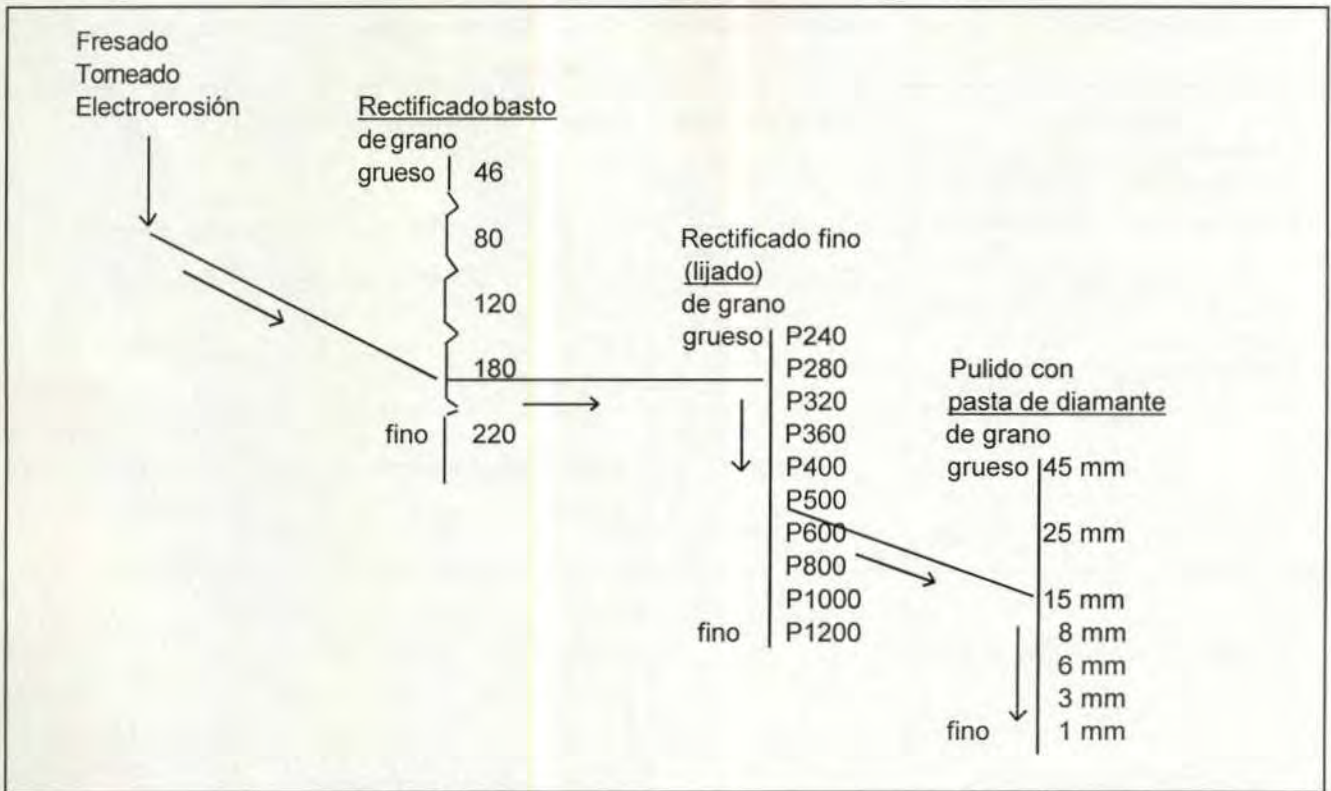


Figura 1. Procedimientos para elaborar superficies de acero, de alto brillo

transparentes, hay que someter la superficie a un rectificado fino y luego al pulido con pasta de diamante hasta

de P500. La inversión de tiempo puede ser considerable, lo cual aumentaría en forma significativa los costos de

fabricación para el molde. La figura 3 presenta en porcentaje la inversión técnica y los costos en función de la calidad de la superficie a elaborar (según Christoffer/3).

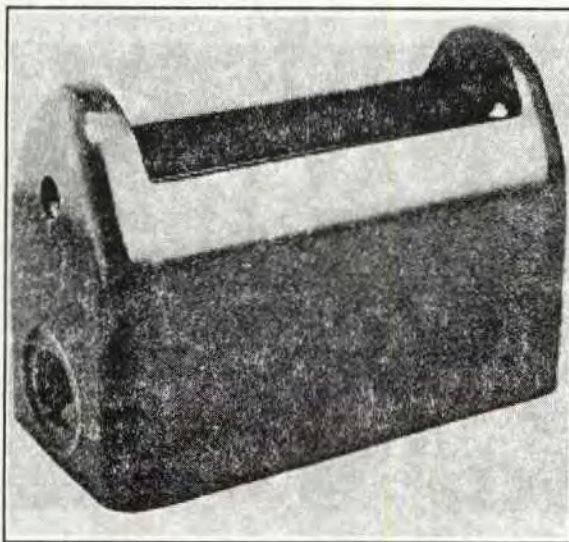


Figura 2. Cubierta de una cabeza de afeitar de PC, con pulido a rayado

Para elaborar cavidades con superficies pulidas de alta calidad óptica, por ejemplo para las cubiertas transparentes de tocadiscos o para lentes, hay que cumplir con exigencias muy específicas en cuanto al acero, su tratamiento térmico y la técnica de pulido.

El acero debe ser en lo posible homogéneo, por eso hay que limpiarlo de escoria indeseable, mediante fundición al vacío o refundido eléctrico, tratamientos que logran un grano más fino, mejorando así la aptitud del acero para el pulido/1. Un tratamiento térmico incorrecto, carburación excesiva u oxidación de la superficie


<i>Superficie</i>	<i>Identificación técnica</i>	<i>Aplicaciones</i>	<i>Inversión en %</i>
reflejante sin hundimientos, marcas, ranuras visibles y ondulaciones	Pulido al alto brillo $\sqrt{R_t} = 1$	Elementos transparentes visibles	100
brillante sin hundimientos, ranuras visibles y ondulaciones; (calidad de partida para superficies mates)	Pulido al brillo $\sqrt{R_t} = 6$	Superficies que requieren de un buen aspecto óptico	85
lisa sin ranuras sensibles / palpables	Pulido $\sqrt{R_t} = 10$	Superficies visibles de un equipo o aparato	60
mate rugosidad sensible, sin resaltos	Pulido $\sqrt{R_t} = 10$	Superficies sin pulido posterior; debe garantizarse sin embargo el desmoldeo	40
sin exigencias específicas		Superficies no funcionales; sin afectar el desmoldeo	30

Figura 3. Necesidad de pulido en % en función de la calidad de la superficie

pueden reducir las posibilidades para un pulimento. Lo más importante es, sin embargo, el proceso de pulido mismo. En la transición de un tamaño de grano a otro más fino, debe procurarse la mayor limpieza. Se debe limpiar el inserto del molde y usar cada vez una nueva herramienta de pulir. Deben usarse materiales duros: madera, cobre o latón. Medios blandos como el fieltro conducen fácilmente a un sobrepulido y generan la famosa piel de naranja.

Superficies con alta calidad óptica, planas o de curvatura regular, como las que se exigen en la fabricación de lentes, sólo pueden obtenerse con máquinas especiales. El uso de herramientas con diámetros de 50 mm, permite alcanzar rugosidades en la pieza de $R_t < 0,02 \mu\text{m}$ y una lisura de

$< 0,03 \mu\text{m}$. La calidad de superficies puede ser determinada por interferencia, mientras que el brillo de superficies plásticas obtenidas a partir de las metálicas puede ser medido con reflectómetro según norma DIN 67 530.

El erosionado

Si el contorno del molde de todos modos es fabricado por electroerosión, resulta muy económico prever una estructura erosionada para la superficie de la cavidad. De acuerdo con la energía eléctrica de descarga, se pueden generar superficies desde aterciopeladas hasta de grano grueso. La figura 4 presenta una secuencia de muestras según VDI 3400.

Muchas empresas poseen normas internas para el erosionado y elaboran muestras, que sirven de patrón para la superficie del termoplástico a moldear. La figura 5 muestra una caja de ABS (Novodur) con superficie erosionada. Es recomendable no elegir estructuras demasiado finas, porque un barrido no uniforme durante el erosionado afectaría la calidad de la superficie. Otro punto crítico es la sensibilidad de la pieza plástica al rayado. Se ha obtenido buenos resultados con superficies grado 30–36, según VDI 3400, con rugosidades R_a de $\sim 3\text{--}6 \mu\text{m}$ (véase también figura 12 a).

En la figura 6 se aprecia la estructura superficial de la caja para una herramienta eléctrica de PA6–GF (Durethan), donde la cavidad del molde fue erosionada con grado 36.

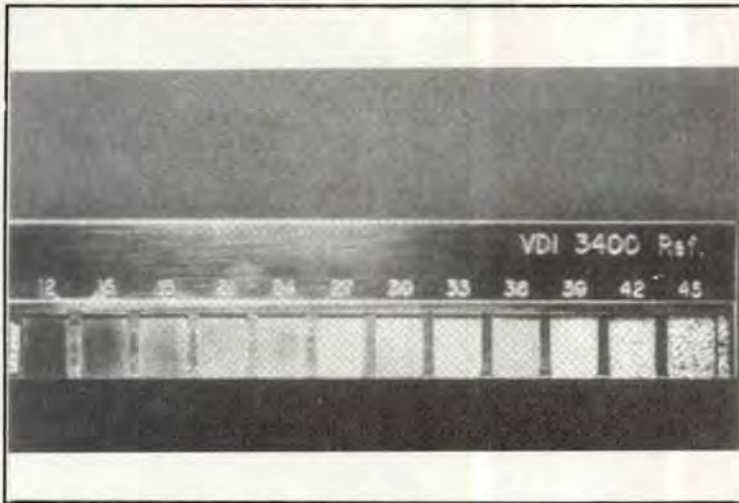


Figura 4. Muestras de erosionado según directriz VDI 3400

Las superficies electroerosionadas presentan una estructura relativamente redondeada, lo cual en termoplásticos de baja viscosidad genera buena resistencia al rayado. Sin embargo, daños en superficies erosionadas son difíciles de reparar, puesto que el electrodo debe ser insertado con gran precisión en el contorno.

El fotograbado

Por fotograbado, también conocido como estructurado, texturizado o graneado, se entiende la corrosión

parcial de los contornos de la cavidad por medio de ácidos. Con métodos fototécnicos se protege determinadas zonas de la capa metálica, de manera que el ácido actúe únicamente en las superficies dejadas al descubierto. Este proceso de estructuración fotoquímica se ha impuesto en la industria del plástico y constituye hoy en día el método más importante para la obtención de superficies estructuradas/7.

La figura 7 representa de forma esquemática los procedimientos para

la elaboración de estructuras fotograbadas.

En la práctica se efectúan varios ataques, con el fin de generar rugosidades uniformes y, con ello, un acabado mate. Además es posible corregir posteriormente el grado de brillo, por ejemplo mediante pulido por bolas de vidrio. Así se pueden recuperar también superficies desgastadas. En la figura 8 se muestran estructuras típicas, con la opción de escoger entre centenares de patrones diferentes.

Casi todos los materiales que se usan en la fabricación de moldes son aptos para el fotograbado. Sin embargo, hay que tener en cuenta que, con crecientes contenidos de cromo, los aceros son más resistentes al tratamiento fotoquímico. Por lo general se considera como apto para el fotograbado un acero con máximo 5% de cromo. Pero procedimientos más dispendiosos permiten el estructuración fotoquímico también en aceros con 15% de cromo. El contenido de azufre no debe exceder el 0,03%, porque la distribución no uniforme del azufre puede producir manchas durante el fotograbado. Entre más homogéneo sea el material de la cavidad, más



Figura 5. Caja de ABS (Novodur) con superficie electroerosionada

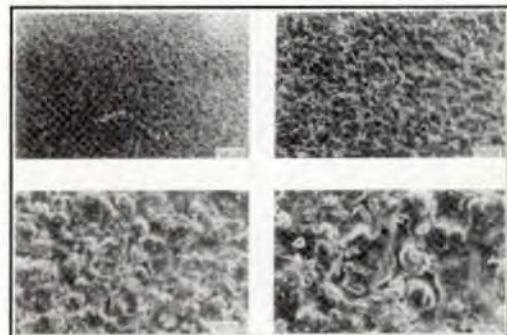


Figura 6. Caja de una lijadora de cinta, con estructura generada por electroerosión no. 36, rugosidad $R_a = 6,3 \mu\text{m}$; material: PA6 - GF 30 (Durethan BKV)

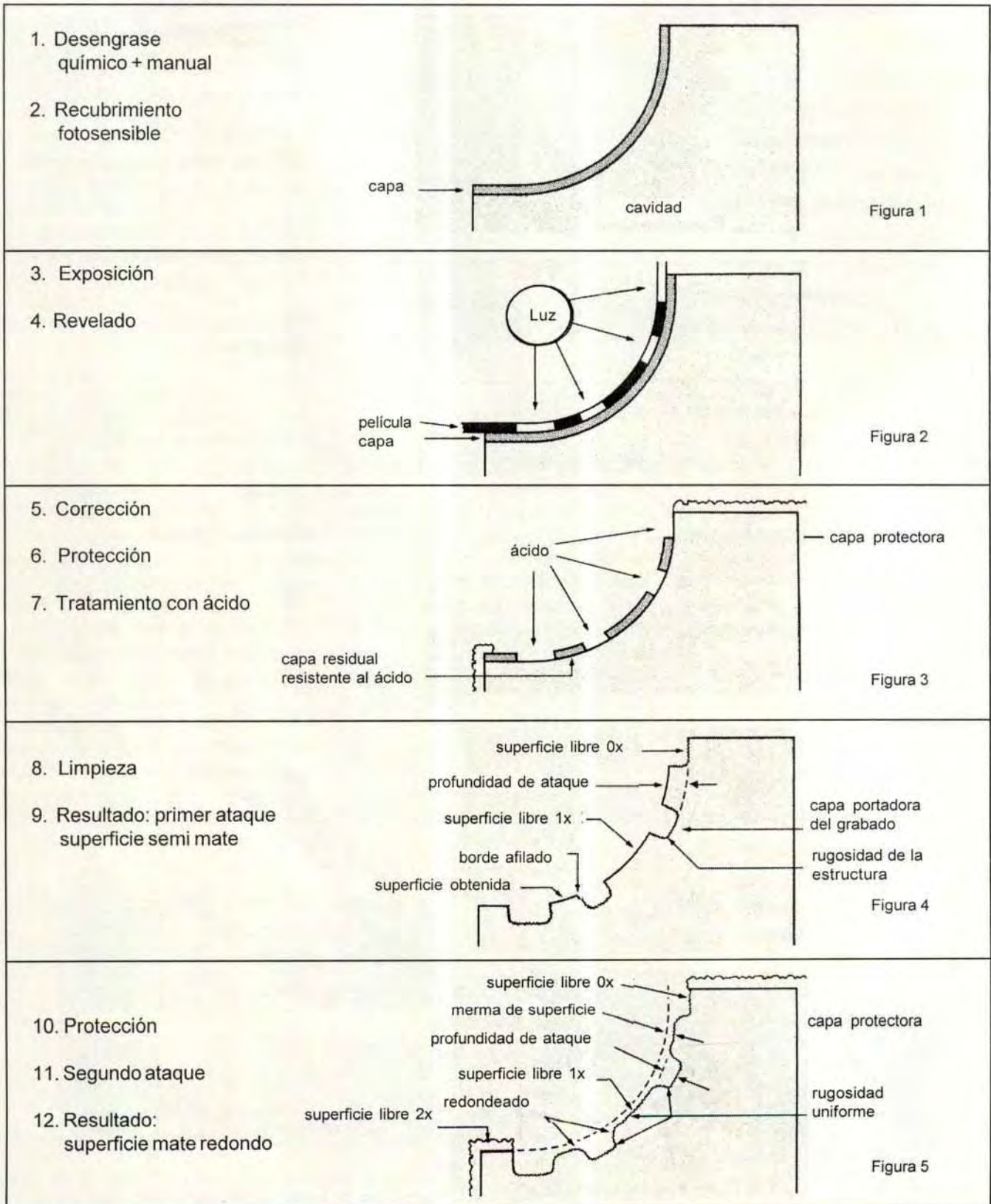


Figura 7. Procedimientos para la elaboración de estructuras fotograbadas (según Wagner/7)

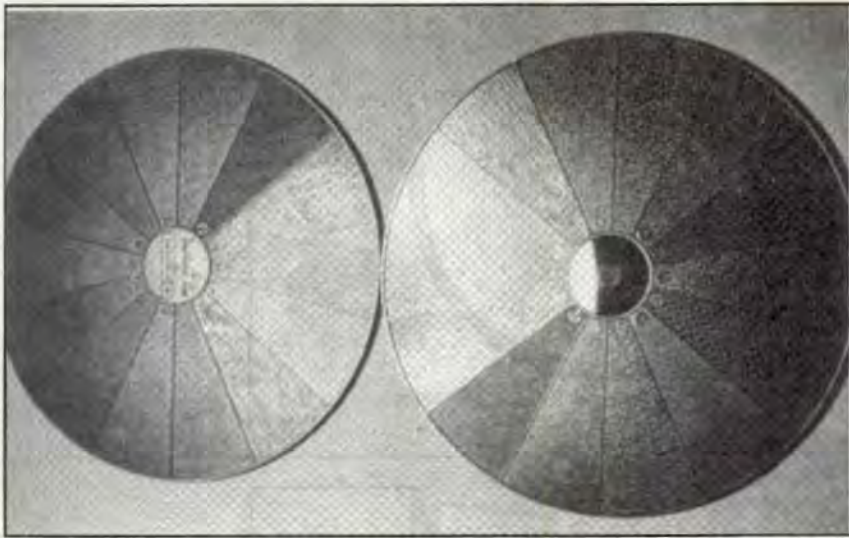


Figura 8. Estructuras fotograbadas: a la izquierda, una placa mate de ABS, a la derecha una placa brillante de PVC

uniforme será la estructura que se obtiene. Insertos del molde pueden ser texturizados antes o después del tratamiento térmico, sin embargo, un cementado por nitruración en baño Tenifer, sólo es posible después del fotograbado.

Es importante que el matricero escoja para todos los insertos de una cavidad el mismo acero, del mismo lote y, en lo posible, laminado en el mismo sentido. Además debería someter todos los componentes de un molde al mismo tratamiento térmico, antes del ataque con químicos. Hay que recordar sin embargo que, al tratar con químicos aceros blandos, de granulación basta, se producen grandes rugosidades estructurales en la capa portadora del grabado. Las correspondientes superficies termoplásticas presentan elevada sensibilidad al rayado.

La figura 9 muestra los pasos clásicos del fotograbado. Se trata de fotografías que muestran reproducciones de la cavidad en silicona. Se observa que con un primer ataque fotoquímico, las superficies cubiertas conservan las estructuras del pulido. Cuando se

exige un acabado mate general, se necesita por lo menos un segundo ataque con ácido. Según la dureza del acero para herramientas puede justificarse además un pulido posterior por chorro.

El estructurado químico no sólo es posible en aceros, sino también en metales no ferrosos como el aluminio, el cobre y el cinc. Una superficie fotograbada puede ser sometida además a un cromado duro, lo cual es

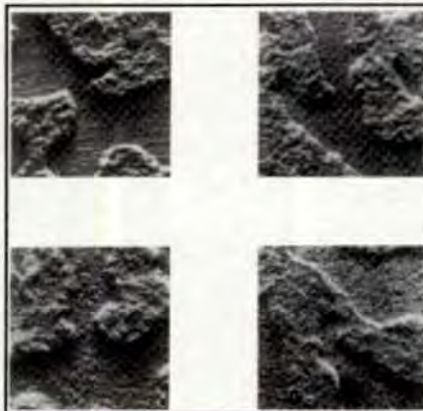


Figura 9. Etapas típicas del fotograbado, con tratamiento posterior. Acero bonificado 2311 (copia en silicona)

recomendable para la transformación de polímeros reforzados con fibra de vidrio y para la producción en grandes series.

De acuerdo con la profundidad corrosiva y el tipo de granulado, se requieren mayores ángulos para el desmoldeo. Existen los siguientes valores empíricos/7: un grado de conicidad por cada 0,02 mm de profundidad del grabado, la cual oscila entre los 0,02 y los 0,30 mm. Por lo general se recomiendan ángulos mínimos de 3 grados. Para piezas de poco espesor de pared y moldes con rigidez insuficiente se deben proyectar ángulos mayores (véase también la figura 17).

Otros procesos

Las superficies de moldes son elaboradas además mediante pulido por chorro, cromado mate, colado y procedimientos de galvanizado.

El soplado con materiales duros como el carburo de silicio, o blandos como bolas de vidrio, sólo es adecuado para piezas más o menos planas. La figura 10 muestra componentes moldeados en cavidades pulidas por chorro.

El cromado mate de contornos pulidos permite generar superficies resistentes al desgaste, lo cual sin embargo sólo es recomendable para la transformación de termoplásticos agresivos con carga. Mediante colado o recubrimiento galvánico es posible obtener estructuras redondeadas que, a diferencia del fotograbado, son casi idénticas con el original. Esto es importante por ejemplo, cuando artículos moldeados por inyección están integrados en cubiertas de película sobre una capa espumada de PUR (tapas de cenicero en el tablero de instrumentos). No obstante, el fotograbado de cavidades ha

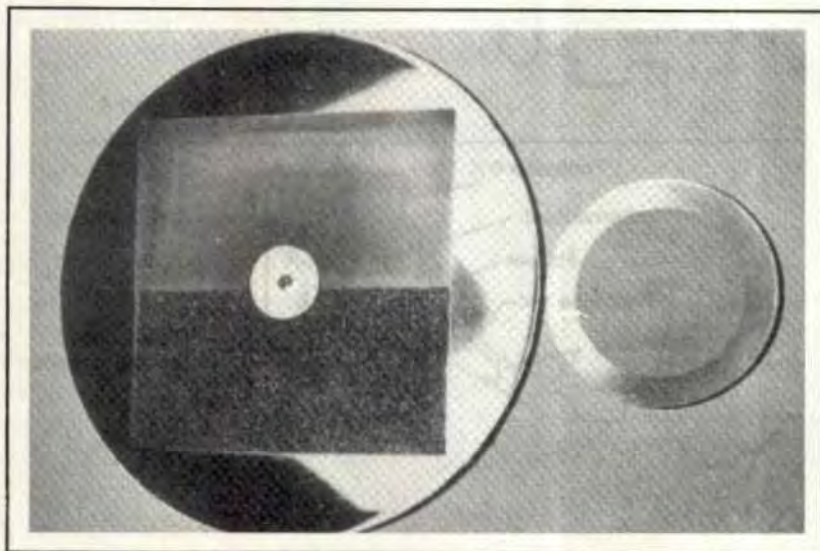


Figura 10. Reproducción de una cavidad elaborada mediante pulido por chorro de bolas de vidrio (50 μm) y de granalla (grueso)

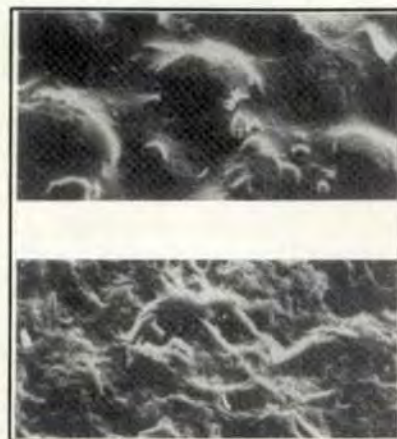


Figura 11. Superficie de PA 6 (Durethan B) moldeada en una cavidad erosionada (arriba) y una cavidad fotograbada (abajo)

progresado tanto que hoy en día se pueden elaborar superficies de cualquier estructura deseada.

REPRODUCCIÓN DE LA SUPERFICIE DE LA CAVIDAD EN LA PIEZA MOLDEADA

Aparte de las estructuras elaboradas mediante erosionado o fotograbado, se generan en la superficie del molde

estructuras finas muy diferentes. Las superficies erosionadas tienen un perfil redondeado, en forma de "islotas", mientras que las superficies fotograbadas tienden a microestructuras filosas, "escarpadas". Cuando son reproducidas por masas termoplásticas, esta diferencia se evidencia especialmente en materiales de baja viscosidad. En la figura 11 se puede observar en una PA 6 la diferencia entre una superficie erosionada y otra fotograbada.

Si comparamos la reproducción de superficies erosionadas y fotograbadas por termoplásticos altamente viscosos – el Novodur (ABS) y el Makrolon (PC) – con la que se obtiene con materiales de baja viscosidad - el Durethan (PA) y el Pocan (PBTP) - podemos observar, que las superficies erosionadas producen superficies plásticas bastante redondeadas y resistentes al rayado en los dos tipos de material, mientras que las superficies fotograbadas son reproducidas en forma excelente por

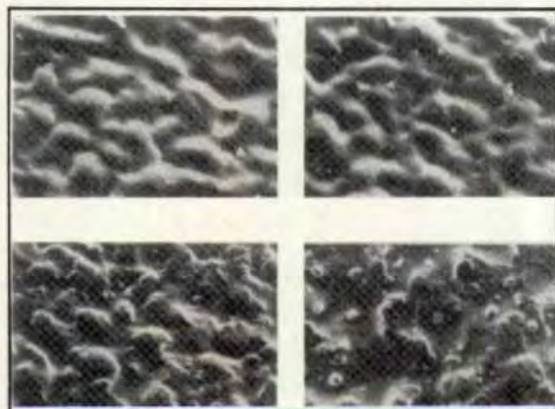


Figura 12a. Superficie erosionada y fotograbada, reproducida por Novodur (ABS), Makrolon (PC), Durethan (PA 6) y Pocan (PBTP)

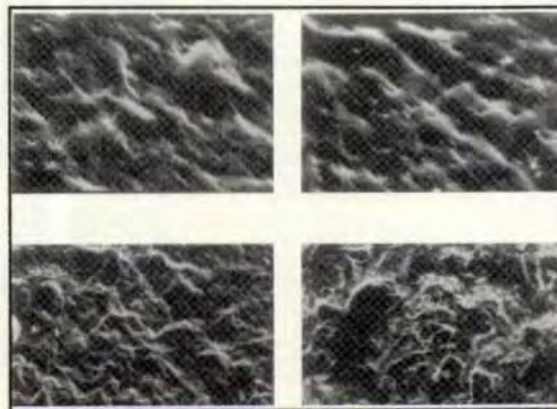


Figura 12b. Superficie erosionada y fotograbada, reproducida por Novodur (ABS), Makrolon (PC), Durethan (PA 6) y Pocan (PBTP)



Figura 13. Superficie fotografada reproducida en Durethan (PA) y en Novodur (ABS)

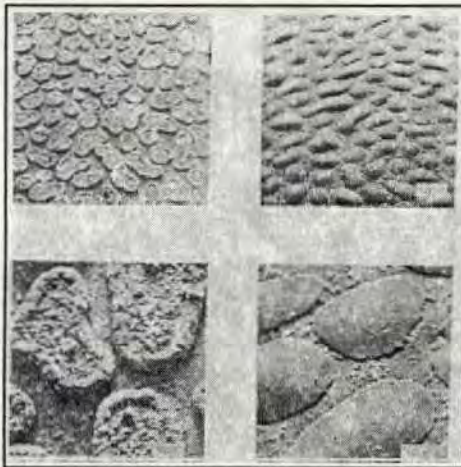


Figura 14. Superficie de PA en función de la velocidad de inyección a partir de una cavidad de grabado desfavorable

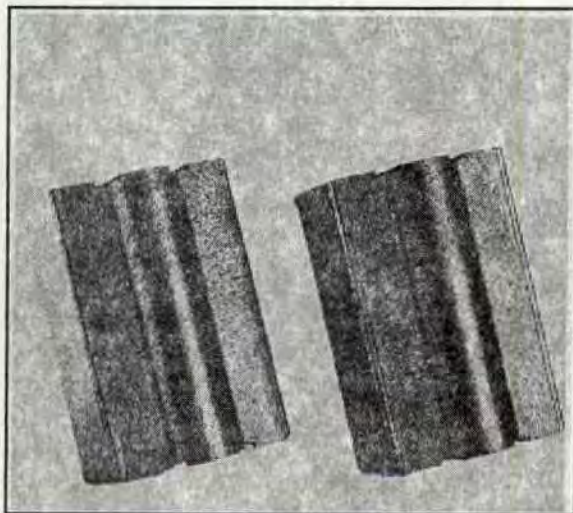


Figura 15. Tapa de pila de Novodur (ABS), a la izquierda brillante, a la derecha mate, debido a diferencias de presión y de la temperatura del molde

termoplásticos de baja viscosidad, como el PP, PA, PETP, generándose superficies de un mate intenso, pero con gran sensibilidad al rayado (ver figuras 12 a y b).

En la figura 13 se aprecia claramente, que la superficie moldeada en PA es más precisa que la en ABS.

La reproducción exacta de la estructura no sólo depende de la viscosidad del termoplástico, sino también de los parámetros del proceso, especialmente de la velocidad de inyección, la presión y la temperatura del molde. La figura 14 muestra la estructura de un fundido de baja viscosidad (PA) en función de la velocidad de inyección $V_{max} : V_{min}$.

Sin embargo, los parámetros decisivos para la exactitud del moldeo son la presión y la temperatura en la cavidad. La figura 15 presenta el componente de una caja, con diferentes grados de brillantez.

Zonas brillantes se generan debido a bajas temperaturas del molde y presión insuficiente, (la superficie no es reproducida con exactitud). Con mayores temperaturas y presiones, aumenta la matidez. Así, se pueden esperar diferencias de brillo en una cavidad según la distancia del punto de inyección. La figura 16 a y b muestra un componente de la caja de una aspiradora (en Novodur) con dos teclas, que aquí ya están ensambladas. Las superficies del molde para la tecla (a) y de la caja (b) son fotografadas de la misma forma. Las fotos de una reproducción en silicona de la superficie para la tecla

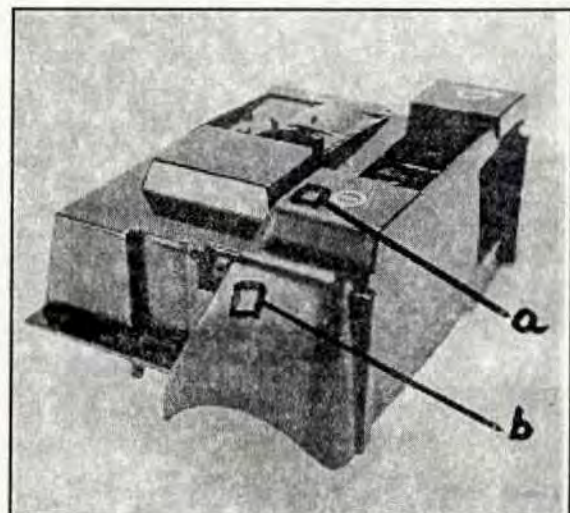


Figura 16 a y b. Parte de la caja de una aspiradora con interruptores separados de Novodur (ABS); brillo diferente en a y b

(figura 16c) y para la caja (figura 16d) son prácticamente idénticas. La pequeña tecla, sin embargo, muestra una superficie mucho más estructurada (figura 16e) que la caja (figura 16f), cuya mayor brillantez se debe a una mayor distancia del punto de inyección, y con ello a una menor presión del fundido, al llenarse la cavidad. Se puede lograr una aproximación, modificando el diseño del producto, el estructurado o también algunos parámetros del proceso.

Otro punto de constante discusión es el ángulo para el desmoldeo. Con cavidades pulidas a elevado brillo o bruñidos en sentido del desmoldeo, se usa por lo general una inclinación

mínima de 0,5 grados para termoplásticos sin refuerzo. Para materiales reforzados o cargados debería preverse un ángulo de 0,75 grados. La tabla de la figura 17 ofrece ángulos mínimos de desmoldeo para diferentes termoplásticos en función de las rugosidades de superficie. Estos valores son aplicables para estructuras erosionadas o grabados redondeados, con un espesor de pared $s = 2$ mm.

Para termoplásticos cargados o reforzados con fibra de vidrio debería elegirse el ángulo mayor que sigue en la escala. Se parte del supuesto que los semimoldes cierran bien, sin decalaje, y que el molde en general

presenta buena rigidez. Estructuras profundas en piezas con poco espesor de pared y moldes de rigidez insuficiente generan distorsión de la estructura, al abrir el molde (véase también la figura 25). Se debe procurar que la contracción del espesor de pared sea igual o mayor a la profundidad del grabado y la respiración del molde.

Determinados ángulos de desmoldeo, necesarios en principio, a veces no son aceptables, por ejemplo por razones del diseño. No obstante puede resultar posible aplicar una estructura externa. En estos casos debe sacarse primero el macho, al abrirse el molde, para que la pieza

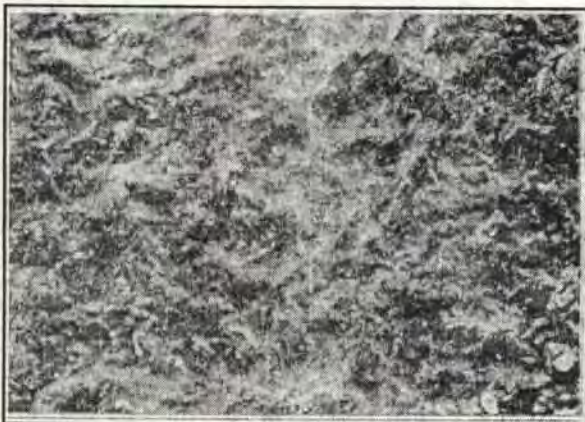


Figura 16c. Superficie de la tecla



Figura 16d. Superficie de la tapa



Figura 16e. Superficie de la tecla



Figura 16f. Superficie de la tapa

Ángulos de desmoldeo α°					
No	Ra μm	\sim Rz μm	PA	PC	ABS
12	0,40	1,5	0,5	1,0	0,5
15	0,56	2,4	0,5	1,0	0,5
18	0,80	3,3	0,5	1,0	0,5
21	1,12	4,7	0,5	1,0	0,5
24	1,60	6,5	0,5	1,5	1,0
27	2,24	10,5	1,0	2,0	1,5
30	3,15	12,5	1,5	2,0	2,0
33	4,50	17,5	2,0	3,0	2,5
36	6,30	24,0	2,5	4,0	3,0
39	9,00	34,0	3,0	5,0	4,0
42	12,50	48,0	4,0	6,0	5,0
45	18,00	69,0	5,0	7,0	6,0

Figura 17. Ángulos mínimos de desmoldeo α° en función de la profundidad rugosa, con $s = 2 \text{ mm}$

moldeada pueda contraerse antes de ser desmoldeada. En la figura 18 se observa una pieza de este tipo, de ABS (Novodur), con estructura erosionada.

PROBLEMAS DE ELABORACIÓN Y USO DE SUPERFICIES DE MOLDES

Superficies pulidas, de suficiente dureza, no presentan desgaste

abrasivo en el moldeo de termoplásticos sin refuerzo. Superficies estructuradas con durezas Rockwell $> 55 \text{ HR}_c$ han permitido ≥ 1 millón de HR_c inyecciones.

En el moldeo de termoplásticos reforzados con fibra de vidrio, la superficie pulida sufre desgaste, por el fundido que la golpea en cercanía del punto de inyección, y a causa de la abrasión que se presenta durante el desmoldeo. Cuando se usan aceros bonificados, se necesita un repulido, periódicamente. Recomendables son aceros de cementación y templado total, con dureza Rockwell de $55 - 58 \text{ HR}_c$. La figura 19 muestra este tipo de desgaste, después de 270 000 inyecciones con PC-GF 30. El desgaste por rozamiento es favorecido además por la respiración del molde.

A altas temperaturas, algunos termoplásticos, como por ejemplo el PVC, disocian productos agresivos, que pueden afectar la cavidad del molde y la superficie de separación. Es posible reducir estos problemas, usando

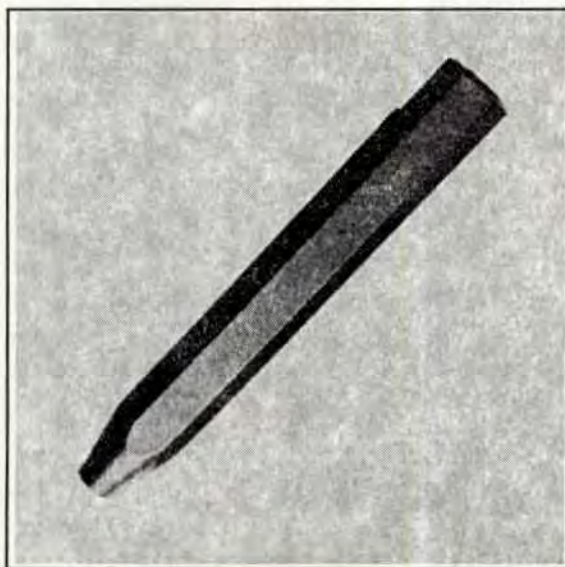


Figura 18. Caja de bolígrafo, con superficie erosionada y poca conicidad

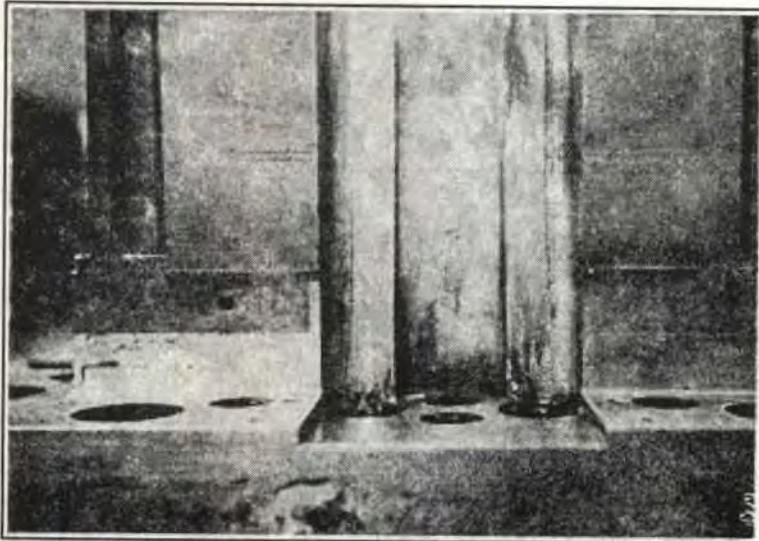


Figura 19. Desgaste en una superficie pulida de acero bonificado después de 270000 inyecciones con PC-GF 30 (Makrolon GF)

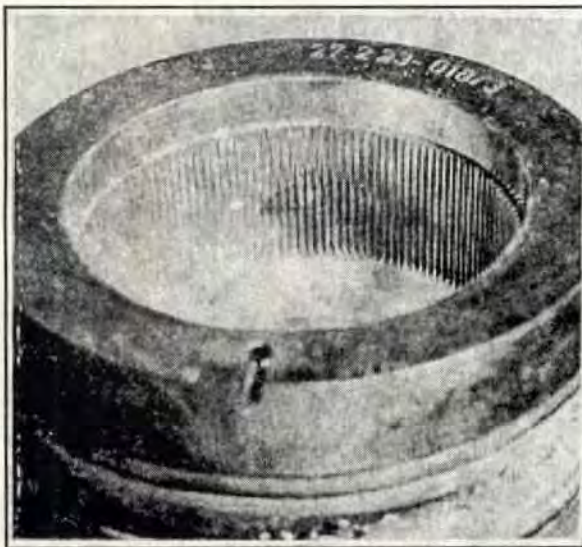


Figura 20. Corrosión del molde por inclusión de aire (efecto Diesel)

aceros de mayor aleación, especialmente de cromo, y mayores contenidos de carbono, tal como se aplica a la superficie del acero en el proceso de carburación. En este caso es importante procurar una buena ventilación del molde. La figura 20 muestra un tipo de corrosión causado, porque el aire no puede salir por la superficie de separación y queda

encerrado en el molde (efecto Diesel con productos de desdoblamiento = corrosión).

Por su naturaleza, las superficies estructuradas son más propensas al desgaste. Especialmente las "aterciopeladas", de estructura muy fina, que se usan en el moldeo de termoplásticos con fibra de vidrio y

con mayores contenidos de pigmento, muestran al poco tiempo un desgaste visible que se detecta por brillos en la pieza terminada. Así por ejemplo, en la fabricación de un aparato de afeitar con superficie aterciopelada y un ABS con alto porcentaje de pigmento, era necesario un tratamiento (correctivo) después de cada 10.000 inyecciones, a una dureza superficial del molde de 40-50 HR_c. El aumento de la dureza a 55 HR_c pudo quintuplicar la vida útil del molde. Sin embargo, en principio, las superficies de estructura fina no son recomendables./2.

La figura 21 muestra una superficie fotograbada, después de algún tiempo de uso. Se distingue claramente el desgaste abrasivo en los bordes de la estructura del inserto de acero bonificado.

Decisiva para la vida útil de superficies de cavidad es su dureza. Los mejores resultados se han obtenido con superficies electroerosionadas, recubiertas con carburo de cromo. Aun después de un millón de inyecciones no se detectó en ellas ninguna alteración visible.

PROBLEMAS EN LA SUPERFICIE DE LA PIEZA TERMOPLÁSTICA

La resistencia de una superficie termoplástica al rayado depende del material y la estructura fina de la cavidad del molde. En ello, como ya mencionamos antes, juega un papel protagónico la rugosidad en la capa portadora del grabado. Con estructuras de grano grueso, las rugosidades en la capa portadora son inevitables. Este aspecto se hace más importante entre más baja sea la viscosidad del fundido. En la figura 22 pueden distinguirse claramente las huellas de rayado ocasionado por daños mecánicos de la estructura fina.

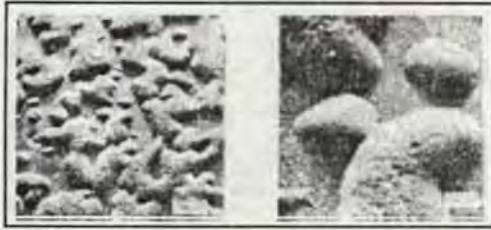


Figura 21. Estructura superficial de un molde después de un prolongado uso



Figura 23. Estructura de una unión de flujos (PC)

En superficies estructuradas se disimulan por lo general en buen grado las líneas de flujo. Sin embargo, en un molde con estructuras muy filosas, que son reproducidas con poca nitidez, la presión que se genera en el cordón de unión de flujos facilita una mejor reproducción de la superficie, lo cual se traduce en una mayor matidez. La figura 23 aclara este problema. Una estructura más redondeada puede reducir este fenómeno.

Muchas veces se presentan también variaciones de brillo en superficies estructuradas, debido a cambios bruscos de espesor de pared y al uso de diferentes aceros. La figura 24a muestra artículos casi idénticos de dos moldes diferentes que localmente presentan un menor espesor de pared. Para los insertos se usaron aceros bonificados distintos, pero fotograbados de la misma manera. Según figura 24b, los dos moldes presentan superficies de estructura similar, en zonas de espesor de pared normal de $s = 4$ mm. Sólo en áreas de menor espesor de pared, el molde 2, de grabado filoso, produce una mayor matidez. Mediante pulido especial de esta zona mate con un pincel de vidrio se puede sanar el defecto.

Falta de conicidad o de rigidez del molde produce daños en la superficie de la pieza moldeada. La figura 25 muestra una deformación mecánica de esta naturaleza en la superficie estructurada de una pieza, ocasionada durante el desmoldeo.

Los termoplásticos reforzados con fibra de vidrio exigen parámetros especiales de proceso, para evitar daños de superficie causados por las fibras de vidrio. Una fibra de vidrio, que se encuentre en la superficie del molde y no sea cubierta totalmente por el fundido, será visible en la superficie de la pieza. Este problema aumenta con crecientes contenidos de fibra de vidrio.



Figura 22. Huellas de rayado en una superficie de PA (ensayo con uña)

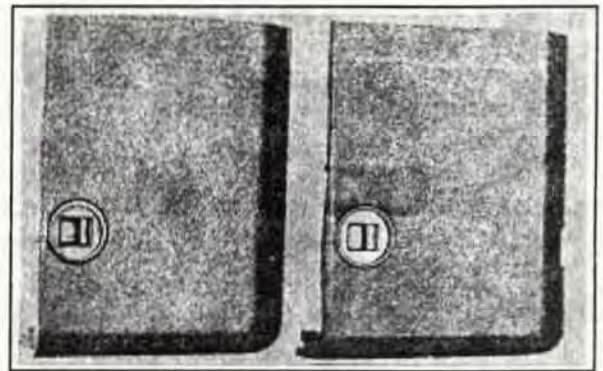


Figura 24 a. Reproducción de la estructura en Novodur (ABS) con cambios bruscos del espesor de pared y dos diferentes moldes



Figura 24 b. Reproducción de la estructura en Novodur (ABS) con cambios bruscos del espesor de pared y dos diferentes moldes



Figura 25. Superficie de una pieza moldeada, deformada mecánicamente durante el desmoldeo



Figura 26. Superficie de Makrolon GF (PC-GF 10)

En la figura 26 vemos la superficie de una pieza moldeada de Makrolon con 10% de fibra de vidrio (PC-GF 10). Otra estereo-escanografía muestra la estructura superficial del mismo termoplástico con 40% de fibra de vidrio.

El envolvimiento de fibras de vidrio en la superficie del molde depende de la velocidad de inyección y de la temperatura del molde. También con productos reforzados se pueden obtener superficies de elevado brillo, lo cual es más fácil con colores claros, parecidos al de la fibra de vidrio, que con termoplásticos de color oscuro. En piezas negras, sin embargo, siempre se presenta un velo gris residual, inevitablemente.

BIBLIOGRAFÍA

/1/ Stoeckert, K Werkzeugbau für die Kunststoffverarbeitung (Construcción de moldes para la transformación de plásticos) Carl Hanser Verlag, München – Wien 1979.

/2/ Vorbach, G. Anforderungen an das Spritzgussteil aus der Sicht des Entwicklers und Konstrukteurs (Las exigencias de la pieza inyectada en la perspectiva del diseñador y del constructor) Serie: "Das Spritzgussteil", VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1980.

/3/ Christoffers, K.-E. Formteilgestaltung – verarbeitungsgerecht (Configuración de la pieza y condiciones de transformación) Serie: "Das Spritzgussteil", VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1980.

/4/ VDI-Gesellschaft Kunststofftechnik: Gestalten von Spritzgussteilen aus thermoplastischen Kunststoffen (La configuración de piezas termoplásticas de inyección) Richtlinie VDI 2006, julio de 1979.

/5/ Menges, G; Mohren, P. Anleitung zum Bau von Spritzgießwerkzeugen (Instrucciones para la fabricación de moldes de inyección) Carl Hanser Verlag, München 1983/2ª ed.

/6/ Böhm, D. Oberflächenveredlung von Kunststoffteilen (Tratamiento de superficies de piezas plásticas) Serie "Konstruieren mit Kunststoffen", TAE, curso no 5807, 1982.

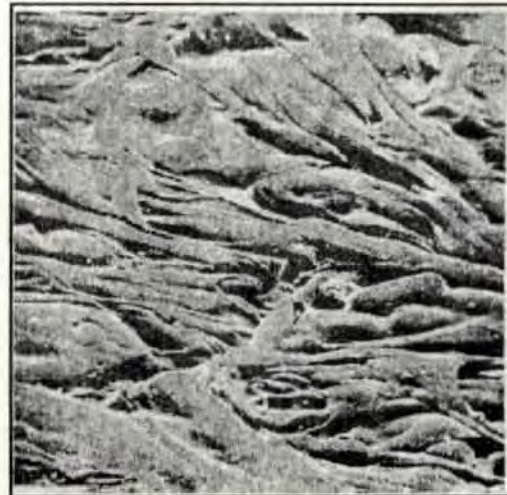


Figura 27. Superficie de Makrolon GF (PC-GF 40)

/7/ Wagner - Ätzstrukturen, Fotogravuren (Las estructuras erosionadas y fotogradas de la firma Wagner) Wagner Graviertechnik GmbH, Ohringen, 1979.

/8/ MOLD-TECHPRO PLASTIC. Oberflächenstrukturen (Superficies estructuradas) "Technische Informationen", Standard International GmbH, Krefeld.

Traducido para el INFORMADOR TÉCNICO por Ilse Koenig de Laverde, Instructora CDT-ASTIN, SENA Regional Valle del Cauca.

Tomado de: SCHAUF, D. -- Die Formnestoberfläche. Herstellung und Auswirkung auf das Formteil = La superficie de la cavidad del molde: Métodos de fabricación y efectos sobre la pieza. Bayer (Leverkusen): Información para la aplicación técnica número 435/84 (01.07 1984).