

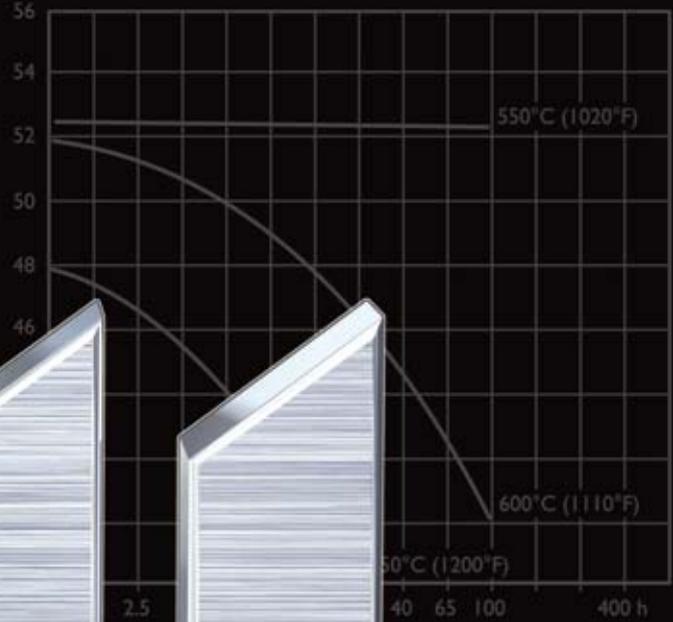
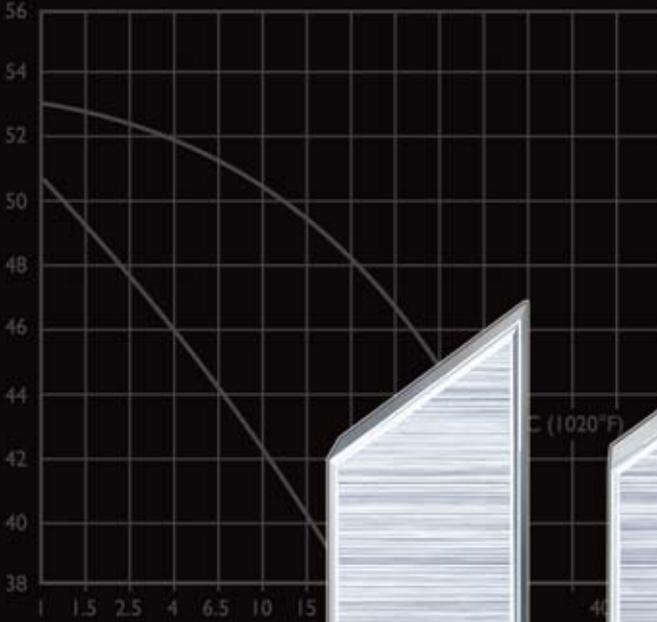
# Fotograbado de Acero para Utillajes

COLD WORK

PLASTIC MOULDING

HOT WORK

HIGH PERFORMANCE STEEL



Typical analysis %	C 2,05
Standard specification	AISI D6, ( )
Delivery condition	Soft annealed
Colour code	Red

Typical analysis %	Mn 0,8	Cr 4,5	W 0,2
Standard specification	D3 (W.Nr. 1.2796)		
Delivery condition	to approx. 200 HB		
Colour code	Your color		

Temperature	20°C (68°F)	200°C (390°F)	400°C (750°F)
Density kg/m <sup>3</sup> lbs/m <sup>3</sup>	7 770 0,281	7 670 0,277	7 650 0,275
Modulus of elasticity N/mm <sup>2</sup> psi	194 000 28,1 × 10 <sup>6</sup>	188 000 27,3 × 10 <sup>6</sup>	178 000 25,8 × 10 <sup>6</sup>
Coefficient of thermal expansion per °C from 20°C per °F from 68°F	to 100°C 11,7 × 10 <sup>-6</sup> to 212°F 6,5 × 10 <sup>-6</sup>	to 200°C 12 × 10 <sup>-6</sup> to 400°F 6,7 × 10 <sup>-6</sup>	to 400°C 13,0 × 10 <sup>-6</sup> to 750°F 7,3 × 10 <sup>-6</sup>
Thermal conductivity W/m °C Btu in (ft <sup>2</sup> h°F)	-	27 187	32 221
Specific heat K/kg °C Btu/lbs °F	455 0,109	525 0,126	608 0,145

Temperature	200°C (390°F)	400°C (750°F)
Density kg/m <sup>3</sup> lbs/m <sup>3</sup>	7 670 0,277	7 650 0,275
Modulus of elasticity N/mm <sup>2</sup> psi	188 000 27,3 × 10 <sup>6</sup>	173 000 25,1 × 10 <sup>6</sup>
Coefficient of thermal expansion per °C from 20°C per °F from 68°F	to 100°C 12,3 × 10 <sup>-6</sup> to 212°F 6,1 × 10 <sup>-6</sup>	to 200°C 14 × 10 <sup>-6</sup> to 400°F 6,7 × 10 <sup>-6</sup>
Thermal conductivity W/m °C Btu in (ft <sup>2</sup> h°F)	20,5 142	21,5 149
Specific heat K/kg °C Btu/lbs °F	460 0,110	- -

---

## Contenido

Introducción .....	3
El proceso de fotograbado .....	3
Ventajas de las superficies texturizadas .....	3
Programa de pruebas .....	4
Resumen .....	7

---

Los datos en este impreso están basados en nuestros conocimientos actuales, y tienen por objeto de dar una información general sobre nuestros productos y sus campos de aplicación. Po lo que no se debe considerar que sean una garantía de que los productos descrito tienen ciertas características o que sirven para objetivos especiales.

## Introducción

Una variedad muy grande de piezas moldeadas se confeccionan con la superficie conformada o texturada. Normalmente, la configuración se reproduce en las superficies del utillaje mediante el proceso de fotograbado.

## El proceso de fotograbado

La información publicada sobre las técnicas que utilizan las empresas especializadas en el fotograbado es muy limitada. En esencia, el fotograbado consiste en transponer un dibujo a una superficie metálica mediante un proceso fotográfico. La superficie con el dibujo es luego grabada hasta la profundidad requerida empleando un ácido apropiado, esto en unas condiciones de control muy exactas.

El fotograbado puede hacerse tanto en matrices enteras como sólo en partes específicas de ellas.

Este sistema permite producir en prácticamente cualquier matriz una gran gama de formas. Puede tratarse de una superficie de cuero o madera, por ejemplo, o de un dibujo de trazos de distinta dirección y profundidad. Son aplicaciones típicas de este proceso los accesorios para interiores de automóviles, etc., y las envolturas de plástico para distintos tipos de máquinas e instrumentos. En los

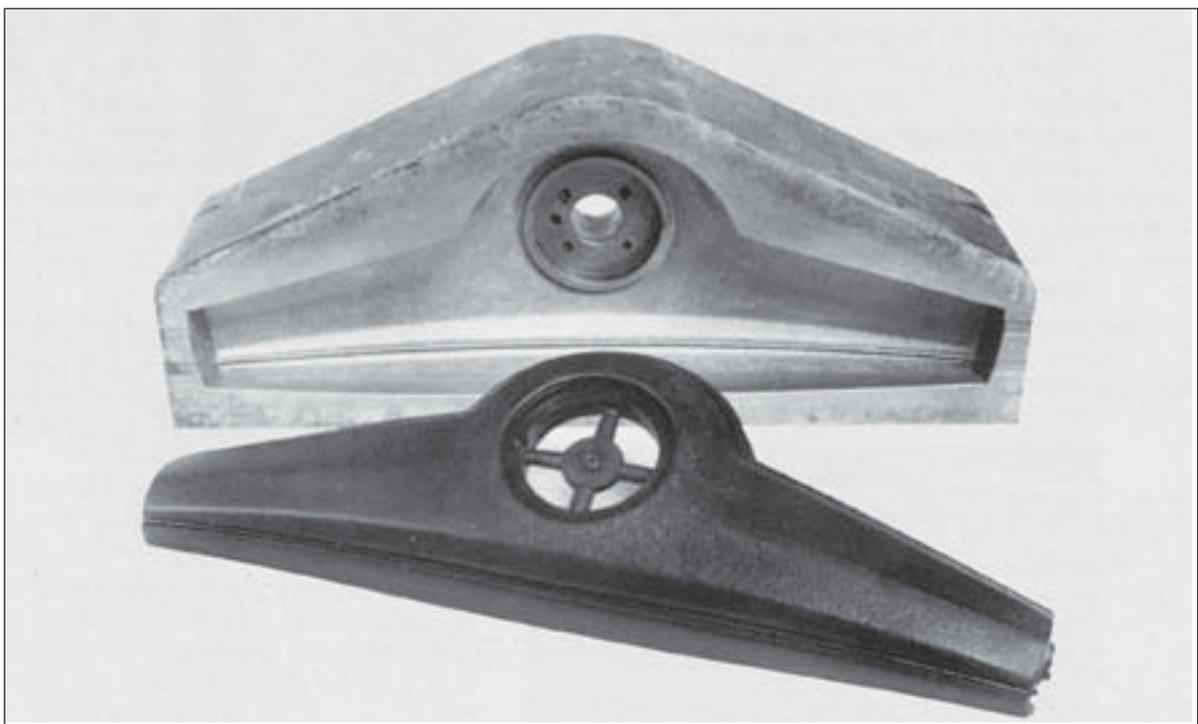
últimos años el fotograbado ha aumentado en popularidad, y es un método práctico para dar una superficie atractiva a distintos productos.

## Ventajas de las superficies texturizadas

Una superficie texturizada oculta los pequeños defectos que pueden producirse durante la fabricación o el posterior tratamiento de una pieza. Por ésta razón, el porcentaje de rechazos de productos acabados es más bajo. Además, el fotograbado sustituye al pulido, que es lento y caro, como proceso de acabado.

Es un procedimiento que permite dar al producto un acabado superficial estéticamente atractivo. La superficie ofrece luego una mayor comodidad de agarre que si fuera lisa y brillante, lo cual facilita la manipulación. Pueden evitarse en gran parte los reflejos irritantes. Y una ventaja más es que las huellas de los dedos y marcas similares no son tan visibles como en una superficie brillante.

Este folleto trata del fotograbado como proceso de acabado, consignando las posibilidades que ofrece y los factores que hay que tener en cuenta para conseguir un resultado satisfactorio. Uddeholm determinó estos factores mediante un programa de ensayos realizado en colaboración con una importante empresa de fotograbado.



*Molde texturizado y pieza de un volante de automóvil.*

# Programa de pruebas

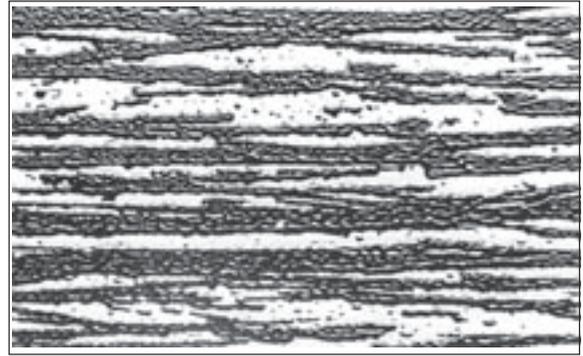
Para que el fabricante y el usuario de matrices y moldes obtengan los máximos resultados al fotografrar en nuestros aceros, Uddeholm Tooling llevó a cabo una serie de ensayos. Durante éstos se investigaron diversos factores que influyen en el material, entre ellos:

- El fotograbado en distintas calidades de aceros recocidos y templados empleados para la fabricación de matrices.
- El temple a la llama, soldado y mecanizado electroerosivo.
- La dirección de los granos del acero.
- Las variaciones en el análisis y pureza del acero.
- El tamaño de las piezas o bloques de material.

Se estudiaron varios aceros para matrices, fotografrando planchas de un tamaño de 50 x 60 mm. Todas las superficies se rectificaron con una muela de grano 280. En una serie de pruebas, todas las muestras se grabaron en idénticas condiciones con objeto de clasificar su aptitud al «ataque del ácido» en términos de cantidad de material arrancado de las distintas muestras. Tras ello, se variaron las condiciones del grabado con objeto de conseguir unos resultados óptimos en esta operación.

Los aceros abajo relacionados se han investigado, en primer lugar, como muestras longitudinales (en la dirección de laminado del material), en estado de recocido blando y también de acuerdo con los parámetros mostrados en la tabla.

Calidad Uddeholm	AISI	Otros parámetros estudiados
RIGOR	A2	Dureza: 60 HRC. Elevado contenido de austenita retenida.
CALMAX	(L6)	Dureza: 57 HRC
ORVAR SUPREME	H13	Dureza: 52 HRC. Muestra desbastada y acabada con EDM.
IMPAX SUPREME	P20	Variación de análisis. Muestra templada a la llama a 54 HRC. Superficie y centro de gran dimensión. Soldada con electrodo IMPAX.
STAVAX ESR	420	Dureza: 300 HB 55 HRC. Soldada con electrodo STAVAX.
ELMAX		Dureza: 58 HRC.



Fotografía de una superficie con dibujo.

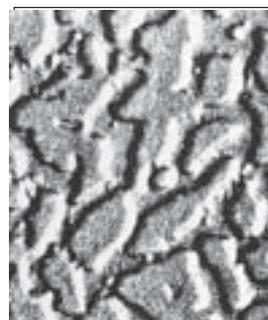
## FOTOGRAFADO DE DISTINTAS CALIDADES DE ACERO

### Resultados

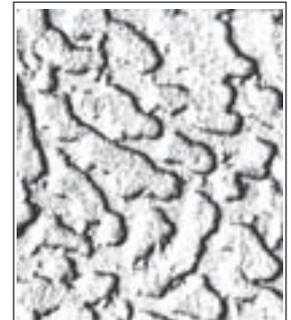
Los resultados del fotografrado se determinaron teniendo en cuenta la profundidad del ataque químico, la similitud del dibujo, el efecto de ataque lateral y la apariencia de la superficie. Las superficies no sólo se han valorado visualmente, sino que también se han examinado muy ampliadas con el fin de detectar y estudiar las diferencias microscópicas que pudieran haber.

### Material recocido

Dependiendo del método de fotografrado utilizado, un medio especial puede necesitarse al texturizar aceros con buena resistencia a la corrosión. Ello es válido para STAVAX ESR y ELMAX. De todas formas, debido a su contenido en aleación también ORVAR SUPREME y CALMAX aportan un fotografrado más débil que otras calidades cuando se utiliza un medio standard, y a la vista de ello recomendamos un medio de fotografrado especial.



Recocido blando



Templado a 55 HRC  
STAVAX ESR texturizado con un proceso especial.

Los demás aceros examinados obtuvieron una buena calificación en el examen visual después de haber sido grabados con el proceso standard. Si las superficies se examinan en el microscopio (9 aumentos) pueden observarse algunas pequeñas diferencias.

Normalmente, las diferencias observadas no tienen repercusiones prácticas. No obstante, muestran que si un utillaje está provisto de insertos y éstos deben grabarse con el mismo dibujo es aconsejable emplear material de una misma barra o bloque en todas las piezas, con objeto de conseguir un dibujo con un aspecto idéntico y uniforme en las piezas moldeadas. (Ver «Dirección de los granos en el acero», pág. 6.)

### Material templado

Se examinaron todas las calidades en estado enteramente templado. En este caso, las calidades *ORVAR SUPREME*, *STAVAX ESR*, *ELMAX* y *CALMAX* difieren también de las otras en cuanto a su aptitud al grabado químico.

Cuando las superficies fueron estudiadas en el microscopio, en algunas de las muestras templadas se observó una tendencia al estriado. Las estrías son paralelas a la dirección de laminado, y el fenómeno es una expresión de la dirección normal de laminado que aparece en los aceros aleados para utillajes. Sin embargo, este defecto es de unas proporciones tan modestas que carece de importancia al emplear aceros con un grado normal de segregación, demostrando al mismo tiempo, la importancia que tiene seleccionar un acero que sea lo más homogéneo e uniforme posible para trabajar.

La presencia de un gran contenido de austenita retenida en una herramienta templada, normalmente es una desventaja. No obstante, la aptitud de grabado químico no es afectada por un contenido relativamente alto de austenita retenida, según ha evidenciado una prueba realizada con *RIGOR*.

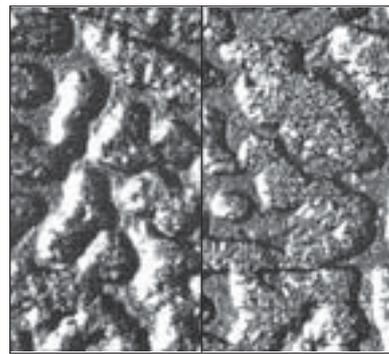
### Material nitrurado

Cuando se deba nitrurar una matriz o inserto, esta operación debe efectuarse después del fotograbado.

### Material templado a la llama

También se estudió la influencia del temple a la llama de *IMPAX SUPREME*, y aquí hay una clara diferencia entre la zona localmente templada y el material básico templado y revenido. En la zona templada a la llama es visible un leve estriado similar al de las muestras templadas. Además, se produce una diferencia en la profundidad del grabado entre el material templado a la llama y el templado y revenido.

*Por ello, el temple a la llama deberá efectuarse, siempre que sea posible, después del fotograbado.*



Material base      Zona templada a la llama

### Soldadura

En algún caso puede ser necesario soldar la herramienta, por ejemplo a efectos de reparación. La soldadura siempre afecta de forma severa el estructura uniforme del material.

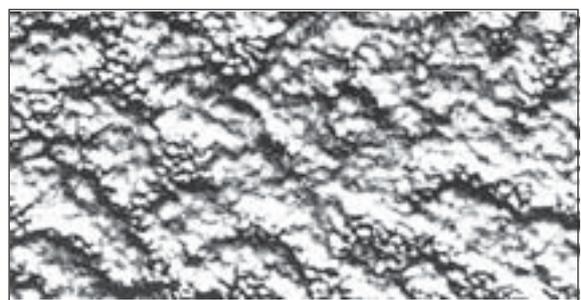
El metal soldado y el acero base deben ser de similar composición si la superficie soldada de un molde de plástico debe texturizarse mediante fotograbado. En caso contrario el grabado diferiría entre el material base y el soldado, dejando señales o marcas en el componente plástico. Soldaduras en *IMPAX SUPREME*, *STAVAX ESR* y *CALMAX* con varillas o electrodos de *IMPAX WELD*, *STAVAX WELD* y *CALMAX WELD* (o TIG-WELD) no se distinguen después de realizar el fotograbado.

Puede obtenerse más en el catálogo de Uddeholm «Soldadura de Acero para Herramientas».

*Debe siempre informarse a la empresa que vaya a realizar el fotograbado sobre las zonas en las que se ha aplicado soldadura.*

### Mecanizado por electroerosión (EDM)

Si el EDM no se efectúa del modo correcto, pueden persistir algunos defectos en la superficie del material. Por ello, hemos estudiado la influencia del mecanizado electroerosivo en la aptitud de fotograbado del acero, reviniendo muestras a 250° C con la superficie desbastada y acabada con el sistema EDM. El fotograbado de una superficie desbastada con este sistema proporciona unos resultados poco satisfactorios. Incluso después de una operación de acabado con el mismo método resulta difícil obtener un resultado aceptable.



Fotograbado de una superficie desbastada con el sistema electroerosivo.

El revenido no proporciona unas mejoras apreciables. Si se tienen dudas de cómo se ha efectuado el mecanizado electroerosivo, el material deberá rectificarse o pulirse para extraer cualquier vestigio residual del EDM. Es posible adquirir juegos de herramientas de prueba especiales para controlar la eliminación de los efectos residuales dejados por el mecanizado electroerosivo.

*Las zonas que hayan sido tratadas por electroerosión deberán ser indicadas con claridad a la empresa de fotograbado.*

### Dirección de grano en el acero

CALMAX ha sido examinado tanto en sentido longitudinal como transversal en estado recocido blando. No existe una diferencia apreciable entre las probetas examinadas. Aunque para dibujos con acabado fino, la experiencia demuestra que puede existir alguna diferencia.

Cuando sea importante que la textura fotograbada en distintas piezas de la matriz sea perfectamente igual, por ejemplo, al utilizar insertos, se recomienda encarecidamente adoptar el procedimiento que sigue:

1. Fabricar **todas** la piezas que se haya de texturizar partiendo de la misma barra o bloque de acero.
2. Fotografiar todas las superficies a texturizar con el flujo de grano longitudinal en la misma dirección.

### VARIACIONES EN LA PUREZA Y EN EL ANÁLISIS DEL ACERO

Es natural que hayan pequeñas diferencias en el análisis, entre cada colada de acero. Este aspecto se examinó empleando los dos valores extremos que ofrecía el análisis de *IMPAX SUPREME*. No se observaron sin embargo diferencias en los resultados del grabado. Por ello, las variaciones normales en el análisis de los aceros de Uddeholm para herramientas no tienen influencia en su aptitud para el fotograbado.

La pureza del acero, y especialmente su contenido de azufre, puede afectar la apariencia de los dibujos fotograbados. El acero para moldes pretemplado *IMPAX SUPREME* es especialmente adecuado para fotografiar por dos razones: posee una microestructura muy pura, ya que se somete al proceso de desgasificación por vacío al fabricarlo; además, tiene un contenido de azufre muy bajo (0,010%).

Sin embargo, hay tipos de acero similares con un contenido de azufre considerablemente más alto (0,08%), que pueden originar estriados al someterlos al ácido, tal como evidencia la fotografía que sigue.



La fotografía muestra las estrías en el fotograbado de una matriz de acero pretemplado con alto contenido de azufre.

### DIMENSIONES DEL MATERIAL

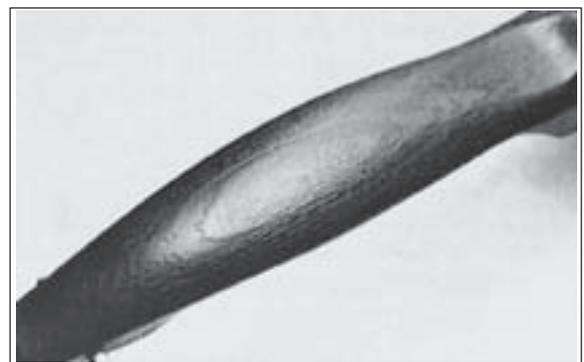
Al fabricar un material en secciones grandes, pueden observarse diferencias en su microestructura, entre la superficie y el centro. Con objeto de estudiar la influencia de dichas diferencias en la aptitud para el fotograbado, muestras de la superficie y el centro de *IMPAX SUPREME* en una barra de 500 mm de diámetro fueron fotograbadas.



Superficie  
IMPAX SUPREME Ø 500 mm.

Centro

No se observó diferencia entre las dos muestras, comprobándose que el *IMPAX SUPREME* es especialmente adecuado para fotografiar matrices grandes.



Textura de madera en el asa de una sartén.

## Resumen

Se han sometido a prueba varias calidades de acero Uddeholm para utillajes, con objeto de examinar su aptitud de fotograbado. Los resultados de las pruebas y otras experiencias acumuladas pueden resumirse del siguiente modo:

- Todas las calidades examinadas pueden fotograbarse, proporcionando resultados satisfactorios. Hay ciertas diferencias microscópicas, pero éstas normalmente no tienen ningún significado práctico.
- *ORVAR SUPREME*, *STAVAX ESR*, *ELMAX* y *CALMAX* deberán grabarse siguiendo un proceso especial.
- Si se ha de efectuar nitruración, esta operación deberá hacerse después del fotograbado.
- Deberá evitarse templar a la llama antes de fotografiar, puesto que existen diferencias entre la zona templada a la llama y el material base templado y revenido.
- En ciertas circunstancias un utillaje soldado puede fotograbarse, pero esto con la condición de utilizar el mismo material en la soldadura que el material original. También es necesario realizar una liberación de tensiones si la soldadura se efectúa sobre material en estado de recocido blando.
- Las superficies mecanizadas por electroerosión deberán esmerilarse o pulirse para ir sobre seguro. En superficies con defectos ocasionados por residuos de EDM se obtienen unos resultados de grabado poco satisfactorios.
- Las zonas de utillajes que hayan sido templadas a la llama, soldadas o mecanizadas por electroerosión deberán indicarse con claridad al taller de fotograbado.
- Si un utillaje se compone de varias piezas y éstas se han de fotografiar *exactamente* con el mismo dibujo, deberá elegirse la misma calidad de material y la misma dirección de grano en todas las piezas.
- Las variaciones normales en el análisis existentes en una misma calidad de acero no tienen influencia negativa. Los aceros con una microestructura pura y bajo contenido de azufre reportan la reproducción más exacta y uniforme del dibujo.
- Diferentes tamaños de una misma calidad del material inicial no muestran normalmente diferencias.
- Las operaciones de mecanizado iniciales deberán ser seguidas por una liberación de las tensiones antes de proceder al mecanizado de acabado.
- No deberán emplearse abrasivos de un grano superior a 220 en superficies que deban someterse al fotograbado.



*Pieza de un volante de automóvil fabricada con un molde de IMPAX SUPREME fotograbado.*



*Cuerpo de una cámara fotográfica instantánea Polaroid, con textura fotograbada en el molde. Material del molde: STAVAX ESR.*

