

# Inoculación en molde

para piezas medianas y grandes  
(hasta 100 tm)

Inoculación de moldes

**Insertos de Germalloy™ para piezas fundidas de hierro nodular GJS**

**Insertos de Optigran™ para piezas fundidas de hierro gris GJL**

**Insertos de SMW-Formling™ de hierro nodular GJS**

## Técnica de aplicación para piezas medianas y grandes

El uso de insertos (Germalloy™ y Optigran™) en la fundición viene demostrando desde hace más de tres décadas que, como consecuencia de una adición óptima, se consigue una mejora de la calidad inalcanzable con ningún otro producto, siempre que se observe punto por punto la técnica descrita a continuación, en función del sistema de colada elegido.

Además de los dos tipos de insertos de moldes Germalloy™ y Optigran™, los insertos de moldes SMW-Formling™ ofrecen la posibilidad, en el caso del hierro nodular (GJS) y en condiciones óptimas, de limitar o evitar por completo la formación de grafito chunky.<sup>1</sup> Para conseguir un efecto inoculante óptimo basta con seguir, punto por punto, la técnica que se describe a continuación, en función del sistema de entrada elegido.

La inoculación en molde ofrece los siguientes efectos positivos:

- La cantidad de inoculante se adapta con bastante exactitud a la masa de la pieza colada
- La disolución del inoculante se realiza prácticamente sin contacto con el aire
- Mediante la inoculación en molde, se incrementa el número de nódulos de grafito en el hierro nodular, o en caso de hierro gris se promueve una fina formación de grafito A.
- Mediante la elevación del contenido en ferrita es posible elaborar GJS-400-15 o GJS-400-18 o GJS-400-18-LT o GJS-400-18-RT en estado bruto de colada (se ahorran los procesos de tratamiento térmico)
- Se contrarresta la formación de segregaciones

## Proceso de inoculación en bañera

Para las piezas medianas y grandes, se pueden disponer los insertos en la caja de colada o bien en la bañera, siendo recomendable evitar su colocación en las inmediaciones del bebedero (figura 1 o figura 2).

## Características técnicas y ventajas económicas

- La cantidad de inoculante se ajusta a la masa de la pieza de fundición
- Muy buenas propiedades de disolución
- Mejora de las propiedades mecánicas
- Aumento de la estabilidad del proceso y de la calidad

## Datos básicos

- Capacidad de caja de molde: 20 – 30 % de la cantidad de hierro líquido
- Cantidad de inoculante: aprox. 0,20 %
- Punto de fusión de las insertos de moldes: 1210 - 1240° C



<sup>1</sup>A la hora de utilizar insertos de moldes SMW-Formling™, es imprescindible hacerlo de acuerdo con la técnica de aplicación de ASK Chemicals Metallurgy GmbH.



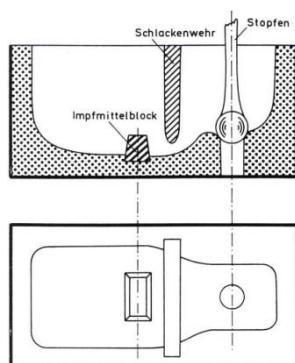


Fig 1: bañera con stopper

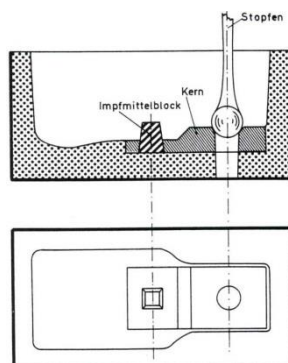


Figura 2: bañera con macho rasante insertado

Las bañeras deben tener una capacidad tal que el hierro se repose a pesar de la rapidez de la colada y no se produzca un efecto succionador. Asimismo, debe poder mantenerse siempre llena con la potencia de colada de la cuchara. Sería conveniente que la capacidad de las bañeras de colada estuviera sobredimensionada. El dimensionamiento es crucial para que el proceso de inoculación en bañera tenga éxito. Sus dimensiones (bañera) dependerán de la sección total del bebedero, siendo además un componente del sistema de alimentación. La capacidad de la bañera debe ser, como mínimo, del 20 – 30 % de la cantidad de hierro que se va a colar.

La colada en bañera con stopper, es decir, cuando la entrada de caldo al molde se cierra y abre mediante un tapón, ha demostrado ser un sistema eficaz. Para piezas pequeñas y medianas, la entrada de caldo de bañera a bebedero también se puede cerrar con una chapa de acero, cuyo grosor será el suficiente como para que no se funda hasta que no se haya llenado la bañera.

Si la bañera está revestida con arena y resina fría, el inserto de inoculante queda fijado, una vez fraguada la arena, haciendo la unión en cola de milano. Con esta técnica de trabajo, la base del inserto queda sujeta en la arena ya que el inoculante es de forma piramidal. Hay que asegurarse de que 2/3 de la altura del inserto quede al descubierto en la bañera.

Si se trabaja con el denominado macho rasante, el bloque de inoculante debe insertarse tal como muestra la figura 1.

## Disposición de los bloques de inoculante en la zona de transición entre bebedero y la entrada a los canales de alimentación

Este proceso es aplicable con piezas medianas y grandes cuando por algún motivo determinado no se pueden colocar los bloques de inoculante en la bañera de colada. En estos casos, los canales son trapezoidales y las entradas son planas. La distancia entre el primer ataque y la cámara donde se encuentra el inoculante debe ser de 120 mm, como mínimo (ver figura 3).



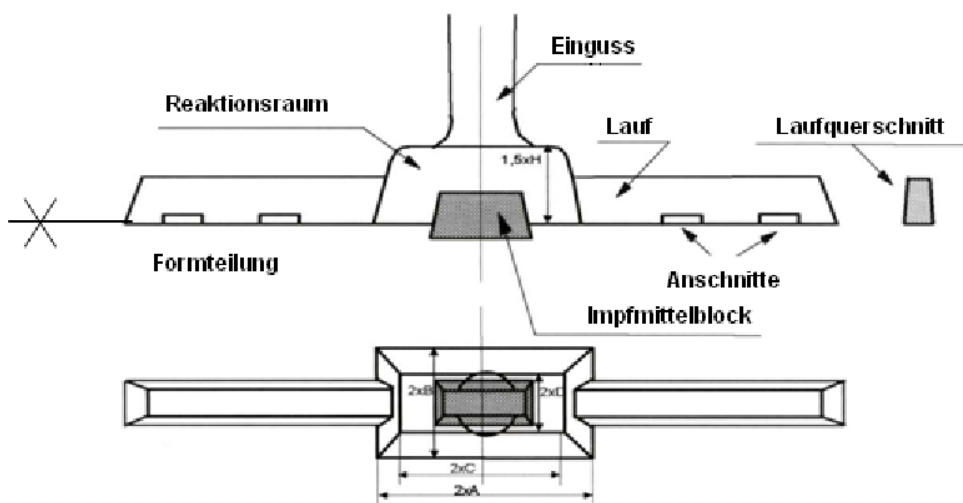


Fig 3: Esquema básico de entrada para piezas medianas (hasta 3 t, )

Fig 4: Tamaño de los bloques de inoculante (insertos)

	Inserto de moldes	A	B	C	D	H
		P 300	50		30	
P 500		60		32		69
P 800		79		35		83
P 2		165	75	133	45	75
P 5		221	101	170	53	110
P 10		260	135	210	85	140
P 15		330	150	295	120	120
P 20		310	170	260	115	165
P 30		350	195	295	135	190
P 50		340	250	270	175	250

También se pueden emplear dos sistemas de entrada separados entre sí si, p. ej. la pieza se cuela con dos cucharas. En tal caso, debe usarse un bloque de inoculante por cada entrada.

### Cantidad de inoculante, tiempo de colada, temperatura de colada, tiempos de disolución de los insertos y elección de los mismos

Si se usa la inoculación en molde con moldeo manual, debe prestarse atención a los siguientes puntos:

- Cantidad de inoculante que se debe usar
- Tiempo de colada
- Temperatura de colada
- Tiempos de disolución de los insertos
- Elección y colocación de los insertos necesarios

### Cantidad de inoculante

La cantidad de inoculante debe ascender aprox. al 0,2 por ciento del peso, con lo que hay que observar una combustión de silicio de aprox. 0,15 %. Si se realizan piezas moldeadas a mano, es especialmente recomendable añadir los denominados "Starters" (pequeños insertos, p. ej. P 300, P 500, P 800 o P 2). Estas pequeños insertos tienen que tener un tiempo de disolución tal, que se pueda garantizar que antes de empezar a colar, haya hierro bien inoculado en la bañera de colada.

Al utilizar insertos de moldes SMW-Formling™ es imprescindible el uso de starters. De este modo se suministra también el primer hierro en las zonas de alimentación con las correspondientes partículas para la formación de la estructura sin grafito chunky.

### Tiempo de colada

Si no se han calculado tiempos de colada, se aplicarán los valores orientativos de la figura 5. Los valores calculados en el diagrama se basan en los resultados de numerosas pruebas. Naturalmente, en casos aislados puede ser necesario acelerar o ralentizar la colada.

### Temperatura de colada

Los rangos de temperatura habituales oscilan entre 1.320 y 1.380 °C. El rango de fusión de los insertos oscila entre 1.210 y 1.240 °C.

### Tiempos de disolución de los insertos

Los tiempos de disolución de los insertos se aprecian en la figura 6 (p. ej. P 2 se disuelve en 45 seg.) Los tiempos de disolución deben adaptarse en gran medida a los de colada. Siempre es mejor que el tiempo de colada sea igual o menor que el de disolución. En ningún caso será el tiempo de colada mayor que el de disolución.

### Elección de los insertos

Teniendo en cuenta lo antes expuesto, hay que asegurarse de que se esté inoculando hierro durante todo el proceso de colada. Para la mayoría de aplicaciones, un 0,2 % del peso en inoculante es suficiente.

Dicho 0,2% se compone en la mayoría de las ocasiones de varios insertos, p. ej. pieza colada 5.000 kg, tiempo de colada aprox. 48 s. 1 x P 300 + 1 x P 800 + 2 x P 2 + 1 x P 5 (véase el ejemplo de la página 9).

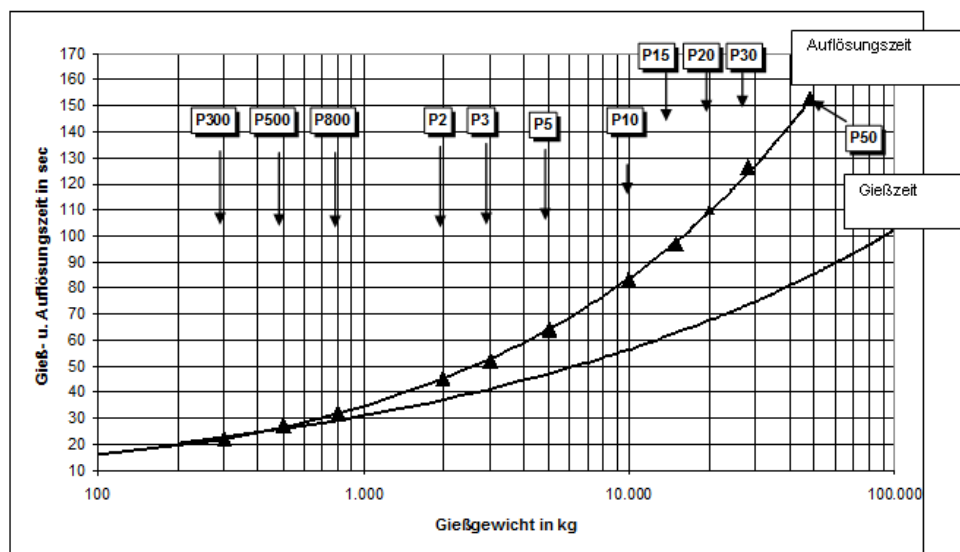


Fig 5: valores orientativos para los tiempos de colada con pesos de hasta 50 t, aprox.



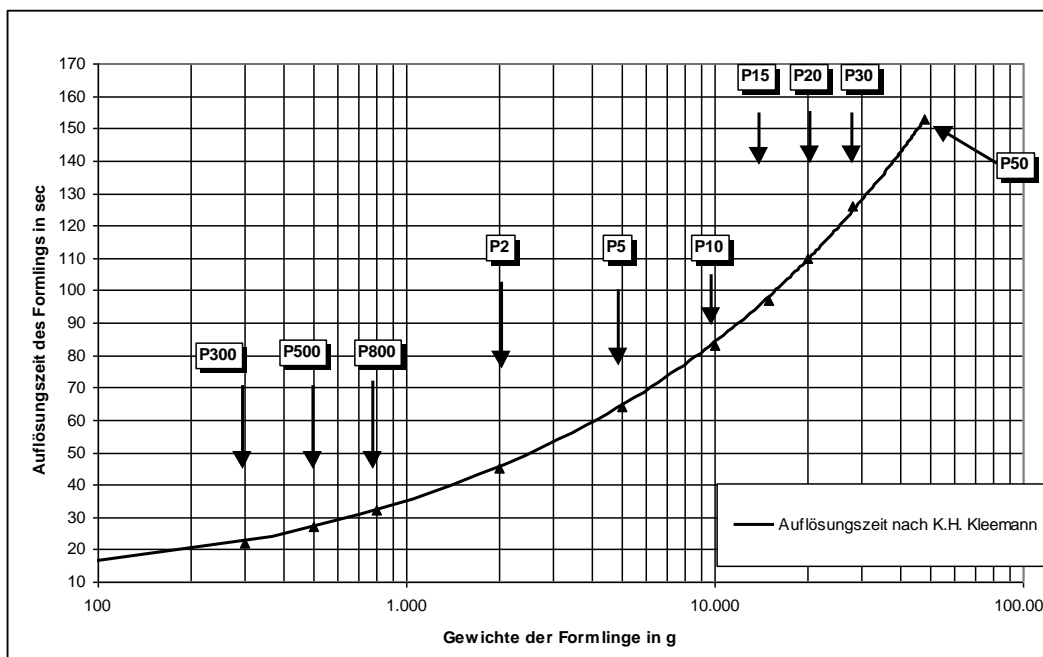


Fig 6: Tiempos de disolución de los insertos

## Análisis de los insertos

Para Germalloy™ y Optigran™ se aplican los siguientes análisis marco:

Germalloy™: % Si 68 - 76  
 % Al 3,2 - 4,5 \*)  
 % Ca 0,3 - 1,5  
 % Mg Trazas  
 % Cer-MM Trazas  
 % Fe Balance

Optigran™: % Si 68 - 76  
 % Al 0,8 - 1,8 \*)  
 % Ca 0,3 - 1,4  
 % Mn 3,5 - 4,5  
 % Mg Trazas  
 % Cer-MM Trazas  
 % Fe Balance

\*) Para análisis especiales, rogamos consultar

SMW-Formling™:	Tipo 1	Tipo 2
% Si	70 - 75	70 - 75
% Al	0,8 - 1,2	3,2 - 4,5
% Ca	max. 1,5	max. 1,5
% Bi	0,8 - 1,2	0,4 - 0,8
% Cer-MM	0,8 - 1,2	0,4 - 0,8
% Fe	Balance	Balance

Los correspondientes valores reales deben tomarse del certificado de pruebas. Lo mismo es aplicable a los análisis especiales realizados a petición del cliente.



## Controles de calidad

En el marco de los controles de calidad, se calculan, almacenan y evalúan los valores de los análisis de fusión de los insertos. La prueba de características superficiales se realiza sobre la base de las directrices de clasificación o estándares internos. Cada unidad de embalaje cuenta con una etiqueta adhesiva en la que se reflejan los datos sobre contenido, clasificación y comprobación.

## Cálculo y determinación del sistema de colada

En las piezas coladas pequeñas y grandes, las magnitudes variables, como altura de colada, modo de colada y temperatura de colada, son muy distintas y, por tanto, influyen considerablemente en el cálculo de las secciones del sistema de alimentación.

Es recomendable seguir este procedimiento:

1. Cálculo del peso de la colada, incluyendo todo el sistema de alimentación, en kg.
2. Determinación del tipo de pieza y temperatura de colada, tras lo que se calcula el "factor de velocidad". Para reunir experiencia propia en este sentido, los valores de los factores de velocidad deben determinarse de nuevo a posteriori. Se indican los valores del factor de velocidad para temperaturas de colada de 1.340 – 1.400 °C<sup>1</sup>.
3.
 

Colada descendente:	0,75 – 0,85
Colada lateral cebada una vez:	0,60 – 0,70
Colada lateral cebada varias veces:	0,50 – 0,60
Colada ascendente:	0,30
4. Selección en el diagrama de los tiempos de colada deseados
5. Cálculo de las secciones rectas según la siguiente fórmula<sup>1</sup>:

$$\Sigma A = \frac{22,6 * G}{\gamma * t * \xi \sqrt{h}} \text{ (cm}^2\text{)}$$

$\Sigma A$	=	Suma de secciones rectas (cm <sup>2</sup> )
G	=	Peso de colada (kg)
$\gamma$	=	Peso específico del hierro líquido (según análisis y temperatura 6,8 – 7,0 g/cm <sup>3</sup> )
t	=	Tiempo de colada predeterminado (s.)
h	=	Altura de colada (cm) o distancia entre el nivel de entalladura y el nivel de metal en el bebedero o en el pico de la cuchara
$\xi$	=	Factor de velocidad
22,6	=	Factor resultante de la gravedad con la dimensión (s * cm <sup>-1/2</sup> )

<sup>1</sup> de: Atlas zur Anschnitt- und Speisertechnik für Gusseisen von A. Holzmüller, L. Kucharčík editado por VDG Giesserei Verlag Düsseldorf 1969.



6. Para los demás elementos del sistema de entrada, en la siguiente tabla se pueden consultar las secciones necesarias conforme a las secciones de entalladura obtenidas. La gradación de las secciones en la sección de entrada: sección de salida: sección de entalladura corresponde a la proporción 1:2:0,75 a 0,90.

Pueden realizarse otras gradaciones de las secciones, especialmente si se usan filtros de colada en el sistema de entalladura.

**Tabla: medidas para el sistema de entrada de colada**

Entrada de colada Diámetro mm	Diámetro mm <sup>2</sup>	Sección de salida mm <sup>2</sup>	Diámetro de entalladura mm <sup>2</sup>
50	1960	3920	1470 - 1760
60	2830	5660	2120 - 2550
70	3850	7700	2880 - 3460
80	5030	10060	3770 - 4540
2 x 60	5660	11120	4250 - 5100
2 x 70	7700	15440	5800 - 6900
2 x 80	10060	20120	7550 - 9100

## Ejemplos de cálculo en los sistemas de entrada de colada

### Ejemplo 1:

Peso de colada: 2.000 kg  
 Altura de colada: 60 cm  
 Factor de velocidad en colada lateral: 0,60

Sobre la base del diagrama, se obtiene un tiempo de colada de 37 s. Según la ecuación, se obtiene una sección recta de 38 cm<sup>2</sup>.

Las secciones correspondientes son:

\* Entrada: 50,3 cm<sup>2</sup> = 80 mm  
 \* Salida: 100 cm<sup>2</sup> = 2 salidas de 50 cm<sup>2</sup> cada una

Se ha elegido el sistema de entrada de colada (figura 3) con un diámetro de entrada de colada de 80 mm, salidas en forma de trapecio con las dimensiones (1 = 55, b = 45, h = 100) y 4 cortes con las dimensiones 16 x 60 mm.

Si se emplea el proceso de inoculación en molde, con GJS se usarán dos insertos de Germalloy P 2 + una P 300.

### Ejemplo 2:

Peso de colada: 10.000 kg  
 Altura de colada: 250 cm  
 Factor de velocidad en colada lateral: 0,40

Se trata de conseguir un tiempo de colada de 60 s. La sección recta obtenida es de 87 cm<sup>2</sup>.





**Inoculación de moldes**

Las secciones correspondientes son:

- \* Entrada: 100,6 cm<sup>2</sup> = 2 x 80 mm
- \* Salida: 200 cm<sup>2</sup> = 2 salidas de 100 cm<sup>2</sup> cada una

Se eligió un sistema de entrada de colada con dos bebederos de de 80 mm, la salida en forma de doble trapecio con las dimensiones (a = 60, b = 50, h = 85) ( $\Sigma L = 187 \text{ cm}^2$ ) y 8 entalladuras con las dimensiones 16 x 70 mm ( $\Sigma A = 89,6 \text{ cm}^2$ ).

Si se aplica el proceso de inoculación en molde, con GJS se usan una P 5 + dos P 2 + una P 300

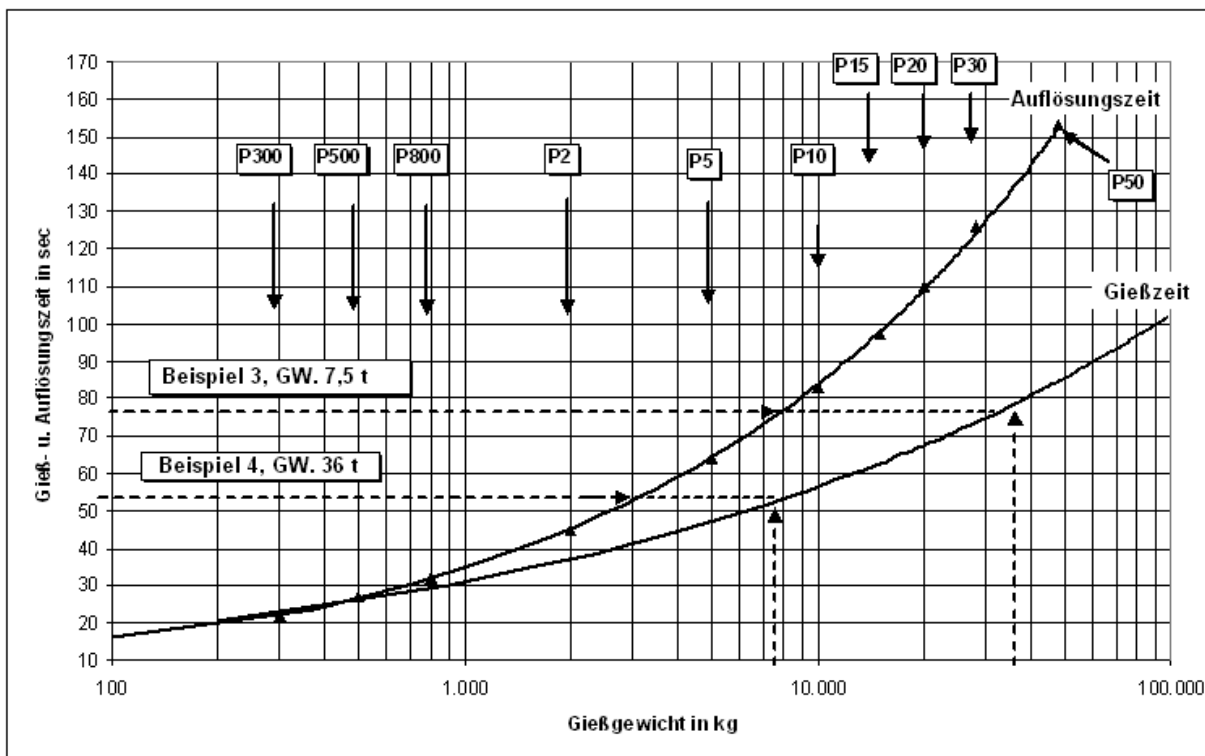


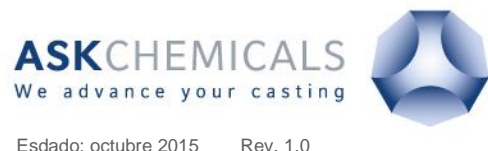
Fig 7: Tiempo de colada y de disolución de los insertos en función del peso de colada

Ejemplo 3: (ver figura 7)

Peso de colada: 7.500 kg  
 Pila de colada: 1  
 Tiempo de colada: aprox. 52 s.  
 Cantidad prevista de inoculante: 0,2 % = aprox. 15 kg material

El tiempo de colada de 52 s., aproximadamente, se sitúa entre los tiempos de disolución de los insertos P 5 y P2, de modo que ambas piezas son necesarias para este uso. Debido al prolongado tiempo de disolución, de 82 s., no entra en consideración el uso de un P 10. Para inocular de manera segura incluso el primer hierro, como "starter" se recomienda un P 500. Para esta pieza se emplearán:

dos P 5 + dos P 2 + un P 500



Esdado: octubre 2015 Rev. 1.0



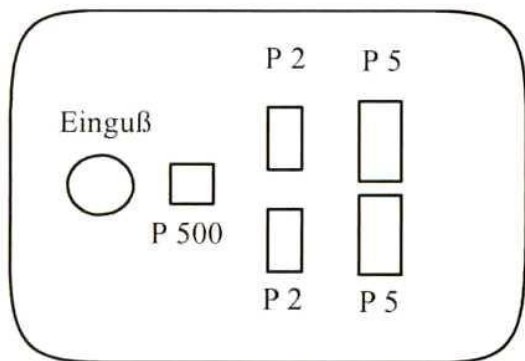


Figura 8: Disposición de las piezas inyectadas en la bañera

Ejemplo 4: (ver figura 7)

Peso de colada:	36.000 kg
Cajas de colada:	2
Tiempo de colada:	aprox. 78 s.
Cantidad prevista de inoculante:	0,2 % = aprox. 36 kg

El tiempo de colada se acerca al tiempo de disolución de P 10, por eso se usa. Además, para un proceso de inoculación continuo, desde el principio de la colada se debe elegir la siguiente combinación de piezas de inoculante: tres P 10 + un P 5, un P 800 y un P 300

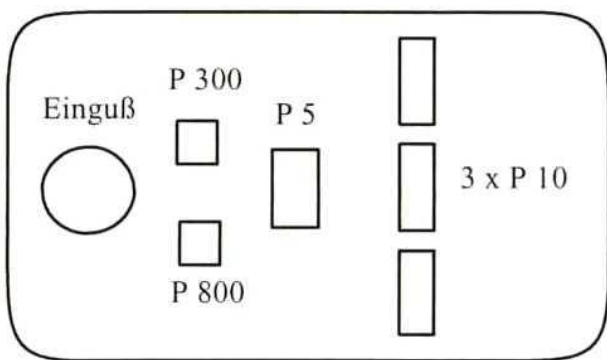


Fig 9: Disposición de las piezas de inoculante por bañera

**Asesoramiento**

Si tiene alguna pregunta relacionada con la técnica de aplicación, el cálculo de los sistemas y las temperaturas de colada y la selección de los insertos de moldes, puede dirigirlas al servicio técnico de ASK Chemicals Metallurgy GmbH.

## Embalaje, etiquetado y almacenamiento

### Embalaje Germalloy:

P 300/P 500/ P 800	bidones morados de 100 kg o cajas de cartón de aprox. 500 kg con adhesivo morado
P 2	bidones morados de 100 kg o cajas de cartón de aprox. 700 kg con adhesivo morado
P 5	bidones morados de aprox. 100 kg o cajas de cartón de aprox. 800 kg con adhesivo morado
P 10	bidones morados de aprox. 100 kg o cajas de cartón de aprox. 600 kg con adhesivo morado
P 15/P 20	bidones negros de aprox. 250 kg o cajas de cartón de aprox. 700 kg, en ambos casos con adhesivo morado
P 30	cajas de cartón de aprox. 700 kg con adhesivo morado
P 50	cajas de cartón de aprox. 500 kg con adhesivo morado

### Embalaje Optigran:

P 300/P 500/P 800	bidones rojos de 100 kg o cajas de cartón de aprox. 500 kg con adhesivo rojo
P 2	bidones rojos de 100 kg o cajas de cartón de aprox. 700 kg con adhesivo rojo
P 5	bidones rojos de aprox. 100 kg o cajas de cartón de aprox. 800 kg con adhesivo rojo
P 10	bidones rojos de aprox. 100 kg o cajas de cartón de aprox. 600 kg con adhesivo rojo
P 15/P 20	bidones negros de aprox. 250 kg o cajas de cartón de aprox. 700 kg, en ambos casos con adhesivo rojo
P 30	cajas de cartón de aprox. 700 kg con adhesivo rojo
P 50	cajas de cartón de aprox. 500 kg con adhesivo rojo







**Inoculación de moldes**

**Embalaje de SMW-Formling™ tipo 1:**

P 300/P 500/ P 800/P 2	bidones amarillos de 100 kg
P 5/P 10	bidones amarillos de aprox. 100 kg
P 15/P 20	bidones negros de aprox. 250 kg o cajas de cartón de aprox. 700 kg, en ambos casos con cinta amarilla
P 30	cajas de cartón de aprox. 700 kg con cinta amarilla
P 50	cajas de cartón de aprox. 500 kg con cinta amarilla

**Embalaje de SMW-Formling™ tipo 2:**

P 300/P 500/ P 800/P 2	bidones negros de 100 kg con cinta verde
P 5/P 10	bidones negros de aprox. 100 kg con cinta verde
P 15/P 20	bidones negros de aprox. 250 kg o cajas de cartón de aprox. 700 kg, en ambos casos con cinta verde
P 30	cajas de cartón de aprox. 700 kg con cinta verde
P 50	cajas de cartón de aprox. 500 kg con cinta verde

Inoculante:	<b>Germalloy™</b>	<b>Optigran™</b>	<b>SMW-Formling Tipo 1</b>	<b>SMW-Formling Tipo 2</b>
Aplicación:	Inoculante en molde para hierro colado nodular	Inoculante en molde para hierro gris	Inoculante en molde para piezas gruesas de hierro fundido con grafito nodular	Inoculante en molde para piezas gruesas de hierro fundido con grafito nodular
Identificación de colores:	 Morado	 Rojo	 Amarillo	 Verde

Los inoculantes deben guardarse en lugares secos y ventilados protegidos de la humedad. No pueden entrar en contacto con ácidos ni vapores ácidos.

En el caso de los insertos de moldes Germalloy™ y Optigran™, no deberá superarse el tiempo de almacenamiento recomendado de 6 meses.

Los insertos de moldes SMW-Formling™ deben utilizarse lo antes posible una vez suministrados. El tiempo de almacenamiento tras el suministro no debería sobrepasar, a ser posible, las 6 semanas.

La información contenida en este documento reflejan el estado actual de nuestros conocimientos y su propósito es informar sobre nuestros productos y sus usos. Por eso, su sentido no es garantizar propiedades particulares del producto o su idoneidad para un uso en particular ni contiene instrucciones completas de uso. Tampoco representa una garantía de calidad o durabilidad ni exime al usuario de verificar la idoneidad y las posibilidades de aplicación para los fines previstos. Todos los derechos existentes deben ser respetados. ASK Chemicals Metallurgy GmbH está certificada y cumple con los requisitos de las normas DIN EN ISO 9001, 14001, 50001 y OHRIS. Cuando se publique una nueva edición, el presente documento perderá su validez.

**ASKCHEMICALS**  
We advance your casting



Estdado: octubre 2015 Rev. 1.0