

Fabricación de moldes para fundición: arena verde y cera perdida

Autor: EA4IPV

Fecha: 23/03/2026

Categoría: Orientación y Navegación

Etiquetas: Sin etiquetas

Fabricación de moldes para fundición: arena verde y cera perdida

La fundición permite al herrero producir piezas de formas complejas que serían imposibles o muy laboriosas de obtener mediante forja. Los dos métodos de moldeo más accesibles en un taller artesanal son la fundición en arena verde (green sand casting) y la fundición a la cera perdida (lost wax o investment casting). La arena verde permite fabricar piezas grandes con tolerancias modestas ($\pm 1-2$ mm) y es ideal para piezas utilitarias como poleas, soportes, carcasas y contrapesos. La cera perdida produce piezas de alta precisión ($\pm 0,1-0,3$ mm) con excelente acabado superficial, siendo el método histórico para joyería, escultura y componentes mecánicos finos. Ambas técnicas funcionan con aluminio, bronce, latón y hierro fundido, y requieren un horno capaz de alcanzar 700-1500 °C según el metal.

Arena verde: composición, preparación y pruebas

La arena verde es una mezcla de arena de sílice, arcilla bentonita y agua que se compacta alrededor de un modelo para formar la cavidad del molde. Se llama "verde" porque se usa húmeda (sin cocer). Su capacidad para retener la forma depende del contenido de arcilla y la humedad.

Componente

Proporción

Función

Fuente accesible

Arena de sílice (SiO_2)

85-90 %

Refractariedad y estructura

Arena de playa lavada, arena de río (tamizar a malla 50-100)

Bentonita sódica

8-12 %

Aglomerante: da cohesión

Arena para gatos (bentonita pura sin perfume ni aditivos)

Agua

3-5 %

Activa la bentonita

Agua corriente

Polvo de carbón (optional)

2-4 %

Mejora acabado superficial; genera gas reductor

Carbón vegetal molido fino

Preparación de la arena: Tamizar la arena de sílice con malla 50 (0,3 mm) para eliminar piedras y grumos. Mezclar en seco la arena con la bentonita hasta distribución uniforme. Añadir agua gradualmente mientras se mezcla (con las manos o en hormigonera pequeña) hasta la consistencia correcta. La mezcla es un proceso lento: la bentonita necesita 10-15 min de amasado para hidratarse completamente.

Prueba de compresión manual: Apretar un puñado de arena verde con fuerza. Al abrir la mano, debe mantener la forma del puño con todos los detalles de las líneas de la mano visibles. Si se desmorona, falta agua o bentonita. Si exuda agua al apretar, hay exceso de humedad.

Prueba de fractura: Partir la muestra de compresión por la mitad. La superficie de fractura debe ser limpia y mate, sin zonas brillantes (que indicarían exceso de agua) ni zonas pulverulentas (que indicarían falta de humedad). Los granos individuales no deben desprenderse al tocar la superficie.

Prueba de permeabilidad: La arena debe permitir el paso de gases (vapor de agua, gases de combustión de la bentonita) durante el vertido. Compactar arena en un tubo y soplar por un extremo: el aire debe pasar con resistencia moderada. Si la arena es impermeable, los gases quedan atrapados y producen porosidad en la pieza fundida. Solución: reducir la compactación o añadir más arena gruesa.

Moldeo en arena verde: cajas, modelos y vertido

El proceso de moldeo en arena verde requiere un juego de cajas de moldeo (flask), un modelo de la pieza (pattern), herramientas de compactación y un sistema de colada (canales por donde entra el metal fundido).

Cajas de moldeo (flask): Dos bastidores rectangulares de madera o metal sin fondo ni tapa, llamados cope (superior) y drag (inferior), que encajan mediante pasadores de alineación. Dimensiones mínimas: la pieza más 50-75 mm de arena alrededor por cada lado y 40-60 mm por encima y por debajo. Para piezas de hasta 300 mm, cajas de madera contrachapada de 18 mm con escuadras metálicas de refuerzo son suficientes.

Modelo (pattern): Réplica de la pieza final fabricada en madera, resina o metal. Debe ser un 1-2 % mayor que la pieza final (contracción del metal al solidificar: aluminio ~1,3 %, bronce ~1,5 %, hierro fundido ~1,0 %). Todas las superficies verticales deben tener ángulo de desmoldeo (draft angle) de 1-3° para poder extraer el modelo sin dañar la arena. Aplicar pintura o barniz para sellar la porosidad de la madera y facilitar la extracción.

Proceso de moldeo: Colocar el drag invertido sobre una tabla plana. Asentar el modelo centrado y espolvorear polvo de separación (talco o licopodio). Llenar de arena verde compactando por capas de 30-40 mm con apisonador (rammer). Voltar el drag. Colocar el cope encima, asentar los modelos de bebedero y mazarota, rellenar y compactar. Extraer los modelos con cuidado levantándolos verticalmente. Perforar canales de ventilación con alambre fino (1 mm) hasta las inmediaciones de la cavidad.

Sistema de colada: El metal entra por el bebedero (embudo superior), baja por el canal de bajada (sprue), recorre el canal de distribución (runner) y entra en la cavidad por una o más entradas (gates). Incluir al menos una mazarota (riser): cilindro de arena conectado a la zona más gruesa de la pieza que actúa como reserva de metal líquido para compensar la contracción durante la solidificación. Sin mazarota, la pieza desarrolla rechupes (cavidades internas por contracción).

Seguridad en el vertido: El metal fundido (660 °C para aluminio, 1050 °C para bronce, 1200-1400 °C para hierro fundido) es extremadamente peligroso. Cualquier humedad atrapada en la arena, herramientas o el suelo genera una explosión de vapor que proyecta metal fundido a varios metros. Precalentar todas las herramientas de vertido. Verter sobre suelo de arena seca. Equipo obligatorio: careta de protección facial completa, guantes de cuero de caña larga, botas de cuero, polainas, delantal de cuero, sin ropa sintética (la ropa sintética se funde y adhiere a la piel).

Fundición a la cera perdida: proceso completo

La cera perdida permite fundir piezas de geometría imposible para moldeo en arena: conductos internos, socavaduras, superficies curvas complejas y piezas con detalles finos. El proceso consiste en crear un modelo exacto en cera, recubrirlo con un molde cerámico refractario, derretir la cera para dejar la cavidad vacía, y verter metal fundido en su lugar.

Fabricación del modelo en cera: La cera para fundición artesanal se prepara mezclando parafina (punto de fusión 52-58 °C) con 10-20 % de cera de abeja (mejora la plasticidad y reduce la contracción). Fundir a baño maría a 80-90 °C y verter en un molde de silicona o tallar directamente el modelo a mano con herramientas de modelismo (espátulas calientes, cuchillas). El espesor mínimo de pared de la cera debe ser de 2-3 mm para que el metal rellene correctamente.

Árbol de colada: Unir los modelos de cera a un bebedero central (también de cera, varilla de 8-10 mm de diámetro) formando un "árbol". Cada modelo se une con cera derretida al tronco principal. El árbol permite fundir varias piezas en una sola colada. Los modelos deben estar separados al menos 10 mm entre sí para que la cerámica los recubra uniformemente.

Recubrimiento cerámico (investment): Sumergir el árbol de cera en lechada refractaria (slurry): mezcla de sílice coloidal o silicato sódico con harina de sílice o chamota fina (malla 200). Tras cada inmersión, espolvorear arena de sílice gruesa (stucco, malla 30-60) y dejar secar completamente (4-6 horas por capa). Repetir 6-8 capas hasta lograr una cáscara de 6-10 mm de espesor. La primera capa (face coat) usa material más fino para capturar el detalle; las capas siguientes (backup coats) usan material más grueso para dar resistencia.

Descere (dewaxing): Introducir el molde cerámico en horno o fragua a 150-200 °C con el bebedero hacia abajo para que la cera derretida escurra en un recipiente (se puede reutilizar). Subir gradualmente hasta 700-800 °C durante 2-3 horas para cocer la cerámica y quemar los residuos de cera. El molde sale del horno listo para el vertido: blanco-rosado, ligero y con la cavidad perfectamente definida.

Vertido y desmolde: Verter el metal fundido (aluminio, bronce, latón) en el molde cerámico caliente (vertido

en caliente, a 400-600 °C, mejora el llenado de detalles finos). Una vez solidificado y enfriado (esperar al menos 1 hora), romper la cáscara cerámica con martillo. El molde cerámico es de un solo uso. Cortar las piezas del árbol de colada con sierra de arco y repasar las marcas con lima y lija.

Defectos comunes y soluciones

Tanto la fundición en arena verde como la cera perdida presentan defectos característicos que el fundidor debe conocer para diagnosticar y corregir.

Defecto

Causa probable

Solución

Porosidad superficial (agujeros pequeños)

Gases atrapados: arena húmeda, pintura del modelo sin secar, ventilación insuficiente

Secar arena, mejorar ventilación, precalentar molde

Rechupe (cavidad interna en zona gruesa)

Solidificación sin alimentación de metal líquido

Añadir mazarota en la zona más gruesa; rediseñar geometría

Inclusiones de arena

Erosión del molde durante el vertido; arena mal compactada

Compactar mejor; reducir velocidad de vertido; mejorar sistema de colada con filtro cerámico

Grietas en caliente (hot tears)

Contracción impedida por el molde; esquinas agudas en la pieza

Redondear esquinas (radio mínimo 3 mm); usar arena más colapsable

Metal frío (misrun)

Metal solidifica antes de llenar la cavidad

Aumentar temperatura de vertido; precalentar molde; agrandar entradas

Superficie rugosa (penetración metálica)

Arena demasiado gruesa; compactación insuficiente

Usar arena más fina (malla 80-100); compactar más; aplicar pintura refractaria al molde

Nota sobre metales: El aluminio (punto de fusión 660 °C) es el metal más seguro y accesible para iniciar la fundición artesanal. El bronce (950-1050 °C) produce piezas de excelente calidad pero requiere mayor temperatura. El hierro fundido (1200-1400 °C) exige equipamiento serio: horno de cubilote o crisol de grafito/carburo de silicio, y solo debe intentarse con experiencia previa en fundición de metales de menor punto de fusión.

⚠ Advertencia: Esta información es orientativa y educativa. En situaciones de emergencia real, consulte a profesionales cualificados siempre que sea posible. No ponga en riesgo su vida ni la de otros sin la

formación adecuada.