

# **Propiedades especiales del babbitt b-83, obtenido por el método de fundición turbulento.**

**Hernández Arcelio A., Potekhin Boris A., Castellanos Luís M., Khristolyubov Alexei S.**

Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba, Universidad Estatal Técnico Forestal de los Urales, Ekaterinburgo, Federación Rusa, Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena de Indias, Colombia.

## **RESUMEN**

Se estableció la dependencia entre la estructura del babbitt marca B83, obtenido por diferentes métodos de vaciado y sus propiedades. Se demostró que la segregación (separación debida a la diferencia de densidad de los componentes) durante el vaciado centrífugo influye negativamente en la resistencia a la fatiga y las propiedades tribológicas. Se propone un método nuevo y perfeccionado del método de vaciado centrífugo del babbitt B83, que garantiza la cristalización de los compuestos intermetálicos SnSb y Cu<sub>3</sub>Sn de la aleación fundida en movimiento turbulento, lo cual no solo elimina la segregación sino que convierte el compuesto intermetálico SnSb de agujas afiladas a forma globular. Esto eleva la resistencia a la fatiga y permite deformar la aleación fundida B83 a 200°C en los límites de 40%.

**Palabras claves:** babbitts, métodos de fundición, propiedades, régimen turbulento

## **ABSTRACT**

Dependence between the structure of babbitt mark B83, obtained by different casting methods and its properties was established. It was showed that segregation (separation due to the difference in density of the components) during the centrifugal casting had a negative influence on the fatigue resistance and tribological properties. Authors propose a new and improved method of centrifugal casting of babbitt B83, which guarantees the crystallization of inter metallic compounds Cu<sub>3</sub>Sn and SnSb from molten alloy in turbulent motion, which not only eliminates the segregation but becomes SnSb inter metallic compound from sharp needles form to globular. This raises the fatigue resistance and allows deforming the molten alloy B83 at 200°C within the limits of 40%.

**Key words:** babbitts, casting methods, properties, turbulent regime

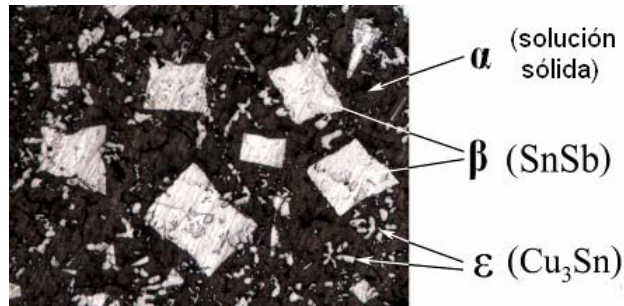
## **1. INTRODUCCIÓN**

En muchas piezas para la construcción de maquinaria se emplean ampliamente aleaciones de deslizamiento, en particular los babbitts. Por sus propiedades antifricción los babbitts superan a todas las restantes aleaciones de deslizamiento, pero las afectan significativamente su resistencia a la fatiga, lo cual influye en la capacidad de trabajo general de los cojinetes (Chichinadze et al., 2003). Los babbitts poseen baja dureza (13 – 32 HB), tienen temperatura de fusión no muy alta (240 – 320°C), elevada capacidad de reblandecimiento (9-24 HB a 100°C), se pueden procesar de forma excelente y constituyen un compensador muy particular de diferente género de imprecisiones del tratamiento de la capa antifricción y de montaje de los cojinetes.

El mejor conjunto de propiedades antifricción las poseen los babbitts en base a estaño (B88, B83, B83S). Debido a su alto contenido de estaño, elemento que permanece caro, los mismos se usan preferentemente para cojinetes de alta responsabilidad, empleados en turbinas de vapor, piezas, ejes de distribución de motores de baja potencia, compresores, etc. que trabajan a grandes velocidades y sometidos a altas cargas (Arzamasov et al., 1990),

(Kazanski et al., 2004). Según la norma GOST 1320-98 la composición química del babbitt en base a estaño B83 es 10,0-12,0 % Sb y 5,5-6,5 % Cu y consta de una matriz relativamente blanda de solución sólida de antimonio y cobre en estaño (fase  $\alpha$ ) y cristales sólidos de los compuestos intermetálicos SnSb (fase  $\beta$ ) y  $\text{Cu}_3\text{Sn}$  (fase  $\epsilon$ ) distribuidos en dicha matriz (figura 1).

Una de las principales insuficiencias de los babbitts en base a estaño lo constituye su baja deformabilidad a causa de las formas afiladas, puntiagudas y aciculares de los compuestos intermetálicos SnSb y  $\text{Cu}_3\text{Sn}$  (Barykin et al., 2001). Esta forma de los cristales los convierte en fuertes concentradores de tensiones durante las cargas mecánicas y excluye la obtención de cojinetes de deslizamiento por la vía de la deformación del babbitt en base a estaño, y esto, a su vez, estrecha su región de aplicación racional.



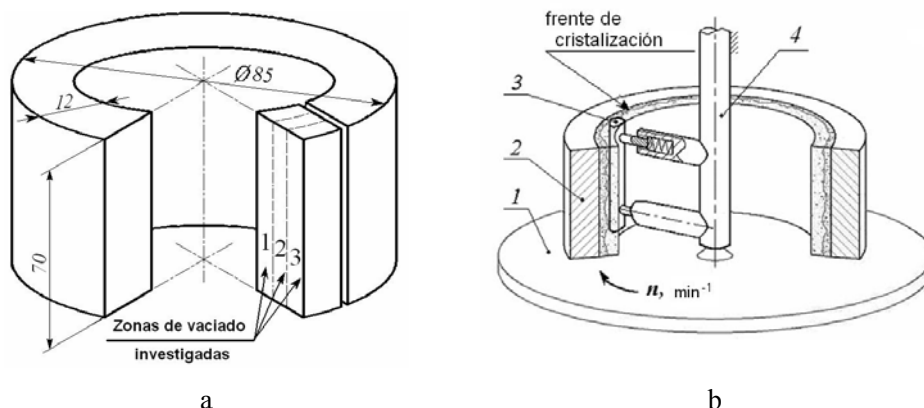
**Figura 1. Microestructura del babbitt B83.**

Otra insuficiencia de los babbitts en base a estaño es su inhomogeneidad estructural que aparece especialmente durante la fundición por el método centrífugo y que está relacionada, en primer lugar, con la segregación por densidad de los componentes.

Las anteriormente mencionadas deficiencias estructurales están ausentes en el babbitt B83, vaciado por el nuevo método turbulento de fundición (Potekhin and Glushenko, 2006), desarrollado por los autores. El objetivo del presente trabajo es el estudio de las propiedades del babbitt B83, vertido por el método turbulento de fundición.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.

Durante la realización del trabajo se investigaron las propiedades en lingotes en forma de casquillos de altura 70 mm con diámetro de carga 85 mm y espesor de pared de 12 mm. En la figura 2a se muestran las zonas interna (1), central (2) y externa (3) del casquillo fundido de babbitt B83, obtenido por los métodos de fundición centrífugo, de sifón y turbulento, en las cuales se llevó a cabo la investigación.



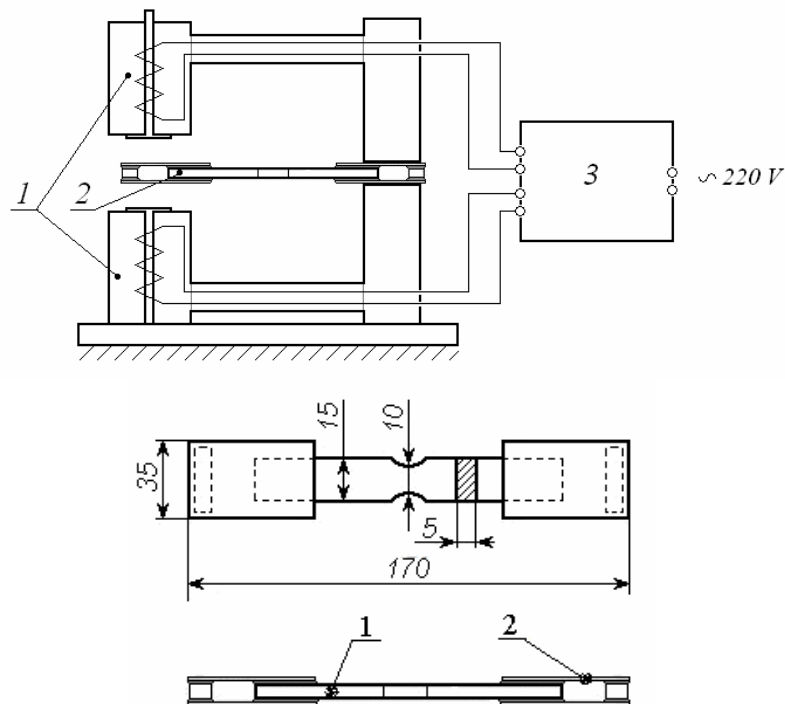
**Figura 2. Zonas de vaciado del casquillo investigadas (a). Dispositivo para el logro del régimen turbulento de cristalización (b)**

El método de vaciado turbulento, elaborado por los autores, (Potekhin and Glushenko, 2006) consiste en lo siguiente (ver figura 2b). En una máquina de fundición especialmente diseñada y construida (Potekhin et al., 2004) sobre una mesa rotatoria -1 se colocaba el molde -2, dentro del cual a una distancia de 1 mm. de su superficie interior se colocaba una barra con resortes -3, sujeta a la barra fija - 4. Una vez que el molde estaba girando a una frecuencia de 500 rev/min se vertía el babbit fundido. El coeficiente de viscosidad cinemática del metal fundido al ser removido aumenta de  $20,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  a  $400^\circ\text{C}$  a  $27,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  a  $250^\circ\text{C}$  (Potekhin and Glushenko, 2006). Siguiendo el criterio del número de Reynolds en este proceso el mismo cambia con el enfriamiento de la fundición desde  $R_e=900$  a  $400^\circ\text{C}$  hasta  $R_e=4000$  a  $250^\circ\text{C}$ , lo que se evidencia por los cambios del carácter del movimiento de la fundición inmediatamente antes de su cristalización de laminar a intermedio (de transición) y posteriormente turbulento. Por esta razón este método fue nombrado por los autores “vaciado turbulento”.

Las investigaciones metalográficas fueron realizadas en el microscopio POLAM P-312 Neophot 32 con fotografías en la videocámara Lumenera LU 375C con un posterior tratamiento de los resultados con el programa SIAMS PhotoLab. Dicho programa se usó para la comparación de los parámetros geométricos de los cristales de SnSb (fase  $\beta$ ) en el babbit B83 en dependencia del método de fundición.

La deformabilidad de las muestras de babbitts se evaluó por medio de la compresión de las muestras en una instalación especialmente construida y la localización del grado de deformación bajo el cual se iniciaba la formación de grietas en los cristales del compuesto intermetálico SnSb. Durante esto en cada caso se analizaron secciones de la muestra con una cantidad total de cristales de SnSb desde 30 hasta 100.

El ensayo para la determinación de la resistencia a la fatiga consistía en la flexión en un extremo de muestras planas con una amplitud de la deformación dada, la cual era calculada a partir de la tensión que deseaba aplicarse y que variaba según un ciclo simétrico con frecuencia de 50 Hz (figura 3).



**Figura 3. (a) Esquema de la instalación para los ensayos de fatiga: 1 – electroimanes, que trabajan a contrafase; 2 – muestra ensayada; 3 – panel de mando. (b) Construcción de las muestras del babbit B83 para los ensayos de fatiga: 1 – lámina de babbit, 2 – placa de acero.**

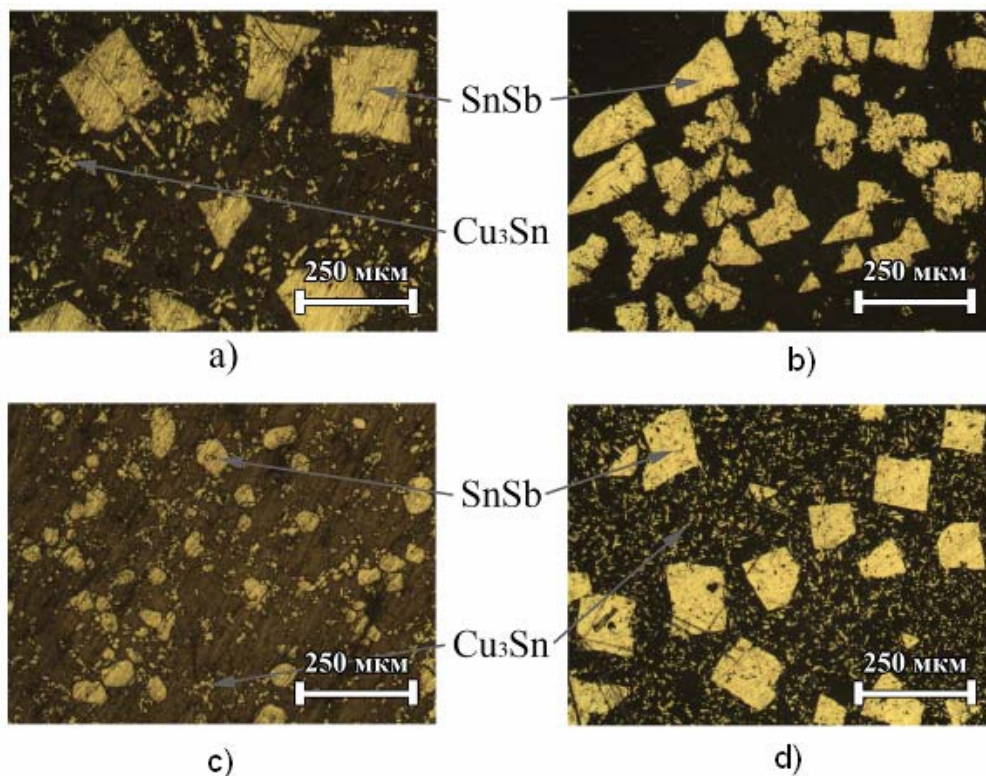
El coeficiente de fricción del babbit B83, obtenido por diferentes métodos de fundición se determinó para diferentes regímenes de ensayo de carga-velocidad en condiciones de capa límite del aceite para turbinas marca TP-22. Los ensayos se llevaron a cabo según una metodología elaborada en la instalación computarizada de fricción del tipo de torsión según el esquema de disco- muestras en forma de dedos (Potekhin et al., 2006).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

Las estructuras más características del babbit B83, obtenido por los métodos de sifón, turbulento y centrífugo de fundición están mostradas en la figura 4.

La distribución de los compuestos intermetálicos SnSb y  $Cu_3Sn$  en el babbit B83, vertido por el método de sifón (entrada lenta del metal desde abajo en el molde metálico), es bastante uniforme, tanto por la altura del lingote, casquillo, como por su sección transversal (figura 4, a). No aparece una segregación por densidad notable.

Para los lingotes obtenidos por el método centrífugo es característica una diferencia sustancial en las estructuras de las zonas interna y externa (figura 4, b) y d). De esta forma, en la capa de trabajo del casquillo del cojinete de deslizamiento (zona interna) la composición química, estructural y de fases no corresponden con la del babbit B83.



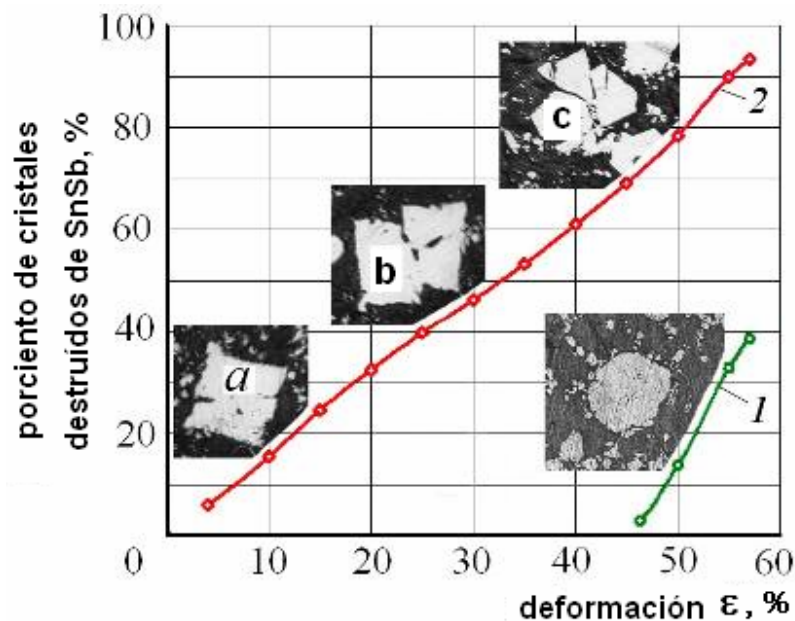
**Figura 4. Estructura del babbit B83, obtenido por diferentes métodos de vaciado: a – de sifón; b – “turbulento”; c – centrífugo (zona interna); d – centrífugo (zona externa)**

Las condiciones particulares de cristalización del babbit B83, vaciado por el método turbulento, garantizaron la obtención de una estructura más dispersa con tamaño significativamente menor de los cristales del compuesto intermetálico SnSb y su globulización.

El babbit de la marca B83 y sus análogos se usan exclusivamente como aleaciones fundidas y sólo en forma de lingotes por causa de su no deformabilidad a temperatura ambiente. El motivo de esto radica en la fragilidad de los compuestos intermetálicos puntiagudos de SnSb, formados en el proceso de fundición por los métodos de sifón y centrífugo.

En la figura 5 se muestra cómo después de la deformación por compresión ( $\epsilon$ ) en un 4 % de este babbit, obtenido por el método de vaciado de sifón (línea 2), en los compuestos intermetálicos SnSb se forman grietas (a); durante la deformación en un 15-20 % los compuestos intermetálicos se destruyen por cizallamiento (b) y para valores superiores a la deformación por encima del 30 % se desmoronan (c). De esta manera, el babbit B83 con compuestos intermetálicos puntiagudos, afilados durante la deformación plástica ya en un 4 % comienza a destruirse con la formación de grietas en el compuesto intermetálico SnSb. Este mismo babbit B83 con compuesto intermetálico SnSb en forma globular (línea 1) no se destruye durante la deformación por laminado hasta 45 %.

De esta forma, el vaciado turbulento transforma la aleación fundida B83 en deformada en frío, lo cual amplía la posibilidad de su uso racional.



**Figura 5. Influencia del grado de deformación plástica ( $\epsilon$ ) por compresión en la cantidad de cristales destruidos del compuesto intermetálico SnSb en el babbit B83 vertido por el método turbulento (línea 1) y de sifón (línea 2). Grados de deformación a) 4 %; b)  $\geq 15$  %; c)  $\geq 30$  %**

Los ensayos de fatiga del babbit B83 en diferente estado estructural mostraron la dependencia sustancial de la resistencia a la fatiga de la morfología del compuesto intermetálico SnSb y de la distribución del SnSb y el  $Cu_3Sn$  por la sección transversal del lingote. En la figura 6 se brindan las curvas de fatiga del babbit B83, vertido por los métodos investigados.

El babbit del vaciado por el método de sifón (curva 3) tiene una elevada resistencia a la fatiga, igual a través de toda su sección. Un valor más alto del límite de fatiga tiene el babbit con compuestos intermetálicos globulares (curva 4). Evidentemente la causa de esto es la menor concentración de tensiones.



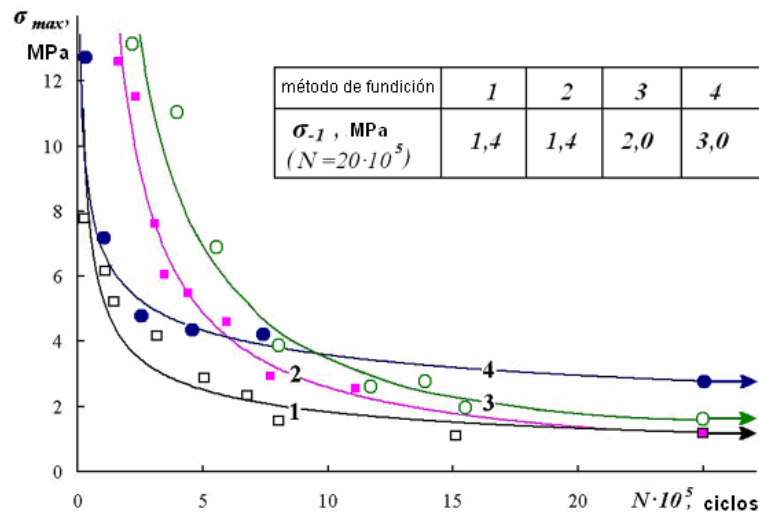


Figura 6. Curvas de fatiga del babbitt B83 obtenido por diferentes métodos de fundición: zonas internas y externas del vaciado centrífugo (curvas 1 y 2 respectivamente), vaciados de sifón y “turbulento” (curvas 3 y 4 respectivamente).

Las diferencias en la estructura del babbitt B83, condicionadas por la segregación, formadas de manera distinta en el proceso de fundición influyen significativamente en la principal propiedad de servicio de este babbitt, su coeficiente de fricción (ver figura 7).

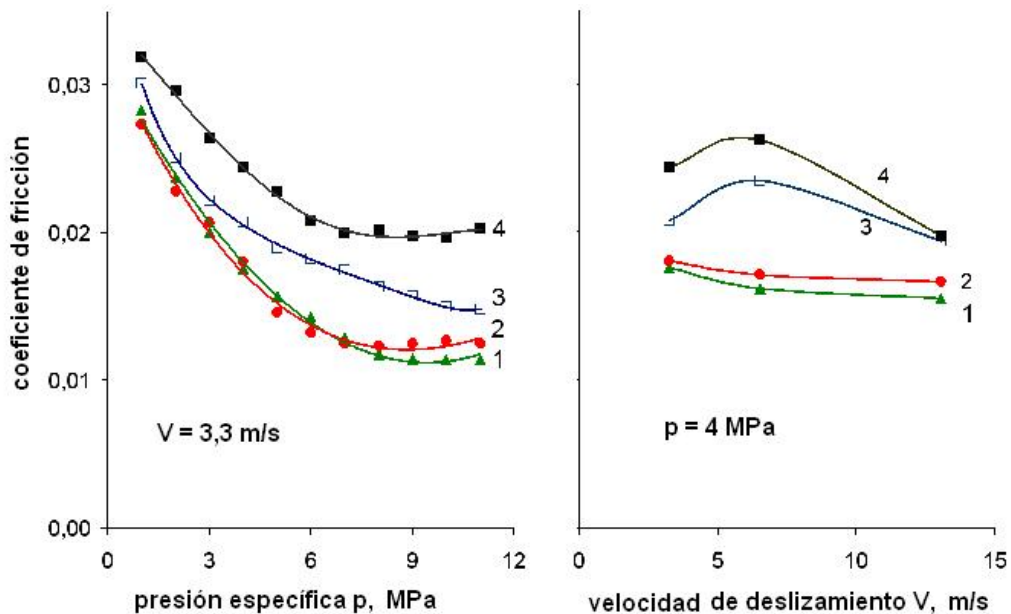


Figura 7. Dependencia del coeficiente de fricción del babbitt B83 de la presión específica a) y de la velocidad de deslizamiento b): 1- ▲ – vaciado según método de sifón; 2 - ● – método de vaciado “turbulento”; 3 - □ – método de vaciado centrífugo - zona 1; 4 - ■ – método de vaciado centrífugo - zona 3.

El babbitt obtenido por los métodos de vaciado de sifón y “turbulento” tiene igual coeficiente de fricción (curvas 1 y 2). De esta manera, la diferente morfología de los compuestos intermetálicos en el caso dado (vea figura 4 a y b) no ejerce influencia en el coeficiente de fricción a causa de que el área de la superficie de apoyo (área total de la

sección de los compuestos intermetálicos) queda en ambos casos igual.

Pero en el caso del babbit obtenido por el método de fundición centrífuga como consecuencia de la separación de los compuestos metálicos (figura 4 c y d) su área en la zona de fricción disminuyó. Acerca de esto, aparte de la estructura, es testigo la dureza HB de la zona 1 (ver figura 1 a), la cual es de 24 unidades mientras que después de vaciado por el método de sifón es de 28 unidades. El coeficiente de fricción del método de vaciado centrífuga es 1,5 -2,0 veces más alto que en los de sifón y turbulento.

#### **4. CONCLUSIONES.**

1. Se modernizó el método de fundición centrífuga con aplicación a aleaciones que trabajan en condiciones de deslizamiento como ejemplo en el babbit marca B83, lo que permitió obtener el compuesto químico SnSb en forma globular debido a su cristalización a partir del movimiento turbulento del metal fundido.
2. La resistencia a la fatiga del babbit obtenido por el método propuesto resulta 1,5 veces más alta que el obtenido por el método de fundición de sifón y 2 veces más alta que el obtenido por la fundición centrífuga en los ensayos en base a  $2 \cdot 10^6$  ciclos.
3. El coeficiente de fricción del babbit obtenido mediante el vaciado turbulento es de 1,5 a 2 veces inferior que el del babbit obtenido por fundición centrífuga.
4. El babbit obtenido por vaciado turbulento, como consecuencia de la esferoidización de los cristales de los compuestos intermetálicos resulta del tipo deformado en frío, lo que amplía el campo de su aplicación racional.
5. El nuevo método de vertido turbulento de los cojinetes de deslizamiento, no solo elimina la inhomogeneidad producto de la segregación y mejora cualitativamente la morfología de los compuestos intermetálicos en el babbit B83, sino que lo lleva a un nuevo nivel de conjugación de propiedades tecnológicas, mecánicas y de servicio de esta aleación antifricción, lo que amplía la posibilidad para el uso más racional del babbit B83.

#### **5. REFERENCIAS**

1. Chichinadze A. V., Berliner A.V., Berliner E.M., Braun E.D. y otros. Fricción, desgaste y lubricación (tribología y tribotécnica); Bajo la redacción general de A.V. Chichinadze. Moscú. Mashinostraenie, 2003, 576 páginas. (En ruso).
2. Arzamasov B. N., Brostem V. A., Buche N. A. y otros. Materiales de construcción. Manual. Bajo la redacción general de B. N. Arzamasov. Moscú. Mashinostraenie, 1990, 688 páginas. (En ruso).
3. Kazanski V. N., Yasikov A. E., Belikova N. Z. Cojinetes y sistemas de lubricación de turbinas de vapor. 3ra edición corregida y aumentada Cheliabinsk. Tsitsero, 2004, 484 páginas. (En ruso).
4. Barykin N. P., Sadikov F. A., Danilenko V. N., Aslanian I. R. Acerca del problema de la estructura del babbit B83. Ciencia de Materiales. 2001. № 8, páginas 24-27. (En ruso)
5. Instalación para el amasado turbulento del metal que cristaliza durante el proceso de fundición centrífuga. Patente 53947 Federación Rusa: MPK B22D 7/04 (2006.01) / Potekhin B. A., Glushenko A. N.; solicitante y poseedor de la patente Universidad Estatal Técnico Forestal de los Urales - № 2005135247/22; solicitado: 14.11.05; publicado: 10.06.06. Boletín № 16. 7 páginas. (En ruso)

6. Instalación para el vertido de cojinetes de deslizamiento. Patente 38649 Federación Rusa: MPK 7 B22D 7/04 (2006.01) / Potekhin B. A., Glushenko A. N. Iliushin V. V.; solicitante y poseedor de la patente Universidad Estatal Técnico Forestal de los Urales - № 2004101513/20; solicitado: 19.04.04; publicado: 10.07.04. Boletín № 19. 6 páginas. (En ruso)

7. Potekhin B. A., Glushenko A. N., Iliushin V. V. Propiedades del babbit marca B83. Tecnología de los Metales. 2006. № 3, páginas 17-22. (En ruso)

### ***Autorización y Renuncia***

*Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en las memorias de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito.*