



MC EL SALVADOR SA de CV

15a COMEND

**CONFERENCIA MEXICANA DE
ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS
2023**

**PRUEBAS DE ADHERENCIA DEL
METAL BABBIT EN CHUMACERAS**

AÑO 2023

INTRODUCCION

Previo a describir los procedimientos, para realizar las pruebas de adherencia, en los cojinetes antifricción recubiertos de metal Babbitt, es recomendable comprender la importancia de estas pruebas, para este tipo de equipos; por lo cual haremos una descripción de su aplicación en los diferentes equipos de Generación de Energía Eléctrica y la caracterización del tipo de material (Babbitt), que se utiliza en los diferentes cojinetes axiales y radiales.

El aspecto básico que se utiliza para la selección del material de apoyo de un cojinete antifricción, es la de obtener la mínima fricción entre el material de apoyo y el componente en movimiento, adicionalmente el material de apoyo debe ser capaz de eliminar el problema por gripado, por fallo mecánico o por distorsión y/o fatiga.

De acuerdo a las condiciones de carga y la velocidad de operaciones, se realiza la selección del tipo de metal blanco (Babbitt) a utilizar y al mismo tiempo se establece la manera adecuada de lubricación para garantizar un buen funcionamiento.

Características de las aleaciones de metal Babbitt

Una aleación de metal blanco debe asegurar una baja fricción y capacidad para soportar la carga sin gripar, distorsionarse, fallar mecánicamente o sufrir corrosión.

Las **propiedades requeridas** son las siguientes:

- a. La aleación de metal antifricción debe tener bajo punto de fusión y facilidad para adherirse a su soporte de metal, además no debe contraerse en exceso durante el enfriamiento, ni modificar sus propiedades o dimensiones por envejecimiento.
- b. El metal debe presentar una estructura de dos fases, consistente en partículas duras en una matriz dúctil. Las partículas duras, evidentemente, dan dureza a la aleación, soportando la carga, mientras que la base dúctil aporta buenas propiedades de conformabilidad. Es necesario y recomendable que las variaciones de temperatura durante el servicio, no produzcan desvíos significativos en la dureza del material o en la resistencia a la fatiga, ni en cualquiera de sus otras propiedades mecánicas.

El metal Babbitt es uno de los metales conocido como metal antifricción, cuyos componentes principales son Estaño, Plomo, Antimonio y Cobre.

Existen 2 tipos de **Metales Babbitt**;

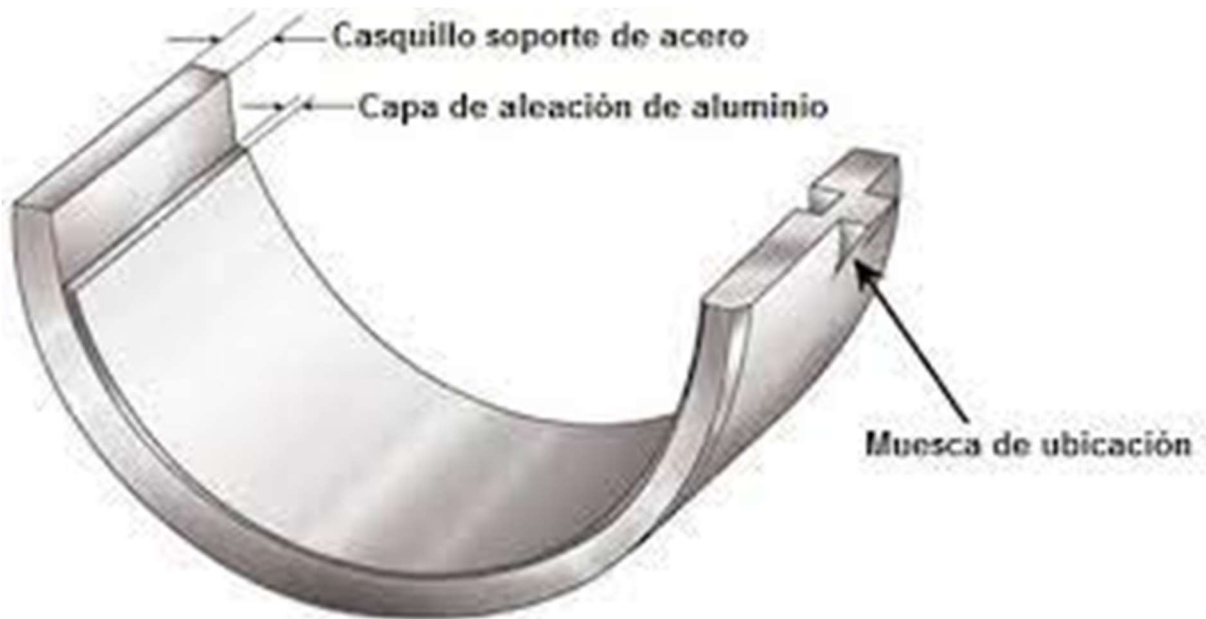
1. El metal base de **Estaño** con más de un 50% de este material, que presenta



buena adherencia sobre una base de hierro y buena dureza en temperatura ambiente, al mismo tiempo disipan mejor el calor.

2. El segundo tipo, es el Metal base de **Plomo** y también posee más del 50% de este material. Este metal posee poca adherencia sobre la base de hierro y tiene menor dureza en temperatura ambiente, pero conforme se eleva su temperatura el descenso de sus propiedades físicas no es tan acentuado como el que tiene base estaño; sin embargo, el babbitt base plomo tiene mejor resistencia a la corrosión por ácidos, soluciones amoniacales y otros productos químicos.

Un ejemplo de dicha aplicación es la flecha del rotor de una turbina girando en un soporte recubierto con metal Babbitt: Entre el metal Babbitt y el rotor existe una película de lubricante, siendo la presión Hidrodinámica que se genera por la velocidad de giro, la que hace “flotar” al elemento de carga evitando, así el contacto metal con metal



Babbitt (Metal Antifricción)

Composición y propiedades de los metales Babbitt

Grado ASTM	Composición %				Densidad gr/cm3	Punto de Cedencia (psi)		Ultimo Esfuerzo a la Compresión. (psi)		Dureza Brinell		Temperatura indicada para el vaciado °C
	Estaño	Antimonio	Plomo	Cobre		20°C	100°C	20°C	100°C	20°C	100°C	
No.2	89	7.5	0.03	3.4	7.39	6100	3000	14900	8700	24.5	12	424
5X	87	9		4		6300		15000		25	13	470
No.3	83.3	8.2	0.03	8.3	7.4	6600	3150	17600	9900	27	14.5	491
No.7	10	15	75	--	9.73	3550	1600	15650	6150	22.5	10.5	338
No.8	5	15	80	--	10.04	3400	1750	15600	6150	20	9.5	341
Magnolia	3	14	83	--	10.6	3380	1810	15500	5940	18	9.3	338
No.11	--	15	85	0.5	10.28	3050	1400	12800	5100	15	7	332
Stannum 5					9.94			11140	10060	18.1	15.3	350

PROCEDIMIENTO DE PRUEBA DE ADHERENCIA EN COJINES DE BABBIT CON RESPALDO DE ACERO O HIERRO FUNDIDO

Norma que se utiliza.

La Norma ISO 4386, consiste de 3 partes, con el título general de cojinetes planos y cojinetes multicapas, sin embargo, únicamente la parte 1 y la parte 3 son pruebas no destructivas aplicadas para determinar la adherencia del metal babbit al material de respaldo del cojinete, la parte 2 es una Prueba Destructiva que se utiliza para **cuantificar** la adherencia del babbit al metal de respaldo, con lo cual se valida el proceso de enmabitado, en una línea de fabricación de dichos equipos.

ISO 4386 – parte 1 Prueba No destructiva de adherencia por Ultrasonido, para espesores de metal babbit, mayores o iguales a 0.5 mm y con material de respaldo de acero o cobre; aun cuando se aplica para respaldos de Hierro Fundido, con ciertas recomendaciones

El principio básico de funcionamiento e interpretación de la prueba de ultrasonido, se basa en la característica de la señal ultrasónica, que refleja la interfase del metal babbit y la zona de unión con el metal de respaldo.

La prueba de ultrasonido no se puede realizar en los bordes del cojinete, en los agujeros o canales de lubricación. La evaluación de adherencia en los bordes se realiza con la prueba de líquidos penetrantes que se describe en ISO 4386 parte 3.

El método de detección de pérdida de adherencia, en base a la magnitud de los ecos reflejados únicamente permite una evaluación cualitativa y no una evaluación cuantitativa del esfuerzo de adherencia entre el babbit y el metal base. Por lo tanto, la prueba lo que establece, es si existe adherencia o no existe.

Simbología que se utiliza en las figuras de referencia:

- IS Señal de entrada.
- BE Eco de adherencia
- WE Eco del metal de respaldo
- RE Eco de Referencia

Equipo a utilizar

El equipo a utilizar es un equipo detector de fallas pulso eco, con capacidad de presentación rectificadas A – scope, El equipo deberá estar equipado con atenuador calibrado, lectura de decibeles y rangos de base de tiempo ajustables.

Probeta a utilizar

El tamaño, la frecuencia y el tipo de probeta debería de ser seleccionado en relación al espesor de la capa de babbitt y espesor del respaldo y el tipo de material de respaldo.

En los casos de espesores delgados, donde la señal de entrada y la señal de adherencia no puede ser presentada en forma separada, se recomienda utilizar probetas de Cristal Doble y probetas de mayor frecuencia. Ver Tabla Anexa No.1

TABLA No. 1

Bearing metal layer thickness mm	Backing thickness (steel)¹⁾ mm	Probe diameter mm	Probe frequency MHz	Probe type
> 2	20 to 250	10 to 30	2 to 5	Single crystal
1 to 3	5 to 50	10 to 15	4 to 6	Twin crystal
0,5 to 3	1 to 25	6	10	Twin crystal

1) For cast iron, the maximum is reduced by the factor 0,5; for bronze, by the factor 0,3 to 0,2.

Rango de Tiempo Base

El rango del tiempo base, se debe de ajustar de tal manera, que al menos dos ecos de adherencia se puedan obtener del bloque de referencia.

Los bloques de referencia con material de respaldo a utilizar, será un bloque que tenga buena adherencia con el material de respaldo y otro bloque que tenga mala adherencia.

Otro bloque de referencia a utilizar, es un bloque sin material de respaldo, construido en forma escalonada. Para una prueba específica se debe de disponer de una probeta con el mismo tipo de babbitt y espesor, que el del equipo en el cual se está realizando la prueba.

Preparación de la Superficie del Cojinete a Inspeccionar

En el caso de un cojinete que ha estado operando, previo a la prueba se debe de realizar lo siguiente:

- Registrar fotográficamente las marcas que el cojinete presenta, para poder evaluar la causa de dichas indicaciones o evidencias de arrastre de material babbitt.
- Remover las evidencias de arrastre presentes en el babbitt de forma manual ocupando en este caso lija 250 o en su defecto usar un estropajo tipo Scotch-Brite.

- Sobre la base de la magnitud y geometría del arrastre en el metal babbit, se pueden realizar recomendaciones de las posibles causas de la falla. Entre las que se podrían mencionar, por ejemplo: aceite sucio con arrastre de partículas, mal alineamiento del equipo. etc
- Previo a la prueba se debe garantizar una buena limpieza de la superficie y lograr un acabado superficial de $Re \leq 5$, el cual se logra utilizando lija 400.

Escaneo Ultrasónico.

- Calibración del equipo, con respecto al cojinete a inspeccionar, utilizando para tal efecto la probeta que aplique y referenciando la magnitud de los ecos. En algunos casos, cuando el cojinete es lineal y su curvatura es muy grande, se podría requerir utilizar un sensor con la curvatura adecuada, para garantizar un buen contacto.
- En los casos en los cuales el material de respaldo es menor a 100 mm y presenta una buena superficie, que garantice un buen contacto del sensor, se podría realizar la prueba desde el material de respaldo, cumpliendo con todos los requerimientos que se definen en el caso de inspeccionar por el lado del babbit.
- Previo a la inspección, se debe aplicar una capa delgada de aceite, sobre la superficie del cojinete, que garantice la generación de los ecos.

Categorías que se utilizan para la Inspección

Las Pruebas se realizan en tres tipos o clases, de acuerdo al incremento del criterio de severidad.

- **Clase 1:** Se cubre de forma puntual los bordes y las zonas de deslizamiento.
- **Clase 2:** La inspección cubre los bordes y las zonas de deslizamiento, adicionalmente se cubre completamente a zona de carga en cojinetes planos y en cojinetes radiales, en donde la carga es verticalmente hacia abajo, se considera realizar la inspección en un rango de 60° a 120°.
- **Clase 3:** Se cubre de forma completa toda la superficie de deslizamiento y la prueba se realiza traslapando el 20% el diámetro del cristal.

Grupo de defectos.

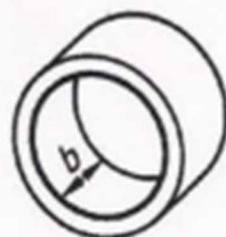
La selección del grupo de defectos, depende de las características de carga a la que está sometido el cojinete durante su funcionamiento. Sobre la base de lo anterior descrito, se desarrollan los siguientes grupos de defectos.

- **Grupo de Defecto A:** Aplica a cojinetes nuevos con respaldo de acero que tenga un espesor de hasta 70 mm, sin huecos o agujeros y sin líneas de interrupción en áreas de carga. Adicionalmente la variación de espesores de pared, no debe exceder el 25 %.

- **Grupo de Defecto B1 y B2:** Aplica para cojinetes nuevos con respaldo de acero teniendo un espesor máximo de 100 mm, sin huecos o agujeros y sin líneas de interrupción en áreas de carga. Adicionalmente la variación de espesores de pared, no debe exceder el 50 %.
- **Grupo de Defecto C:** Aplica para cojinetes nuevos y reparados con respaldo de acero y teniendo un espesor de hasta 100 mm y se aceptan huecos e interrupciones en las áreas de carga, la variación de espesores no debe exceder del 50 %.
- **Grupo de Defecto D:** Aplica para cojinetes nuevos y reparados, que no pueden ser clasificados con los criterios establecidos en los Grupos A, B o C.

Table 2 — Defect groups

Defect group	Bonding area ¹⁾		Edge zone ²⁾	
	Single defect	Total defect	Defect related to the single edge length	
	mm ² max.	% max.	% max.	mm max.
A	0	0	0	0
B1	0,75b	1	1	5
B2	2b	1	1	5
C	2b	2	2	10
D	4b	5	4	20

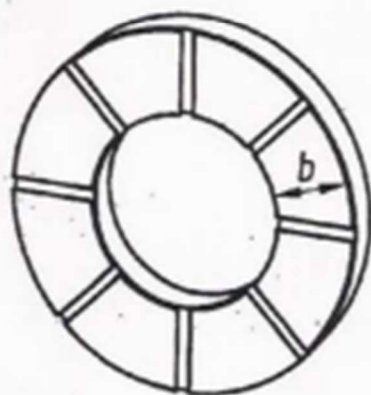


Bush

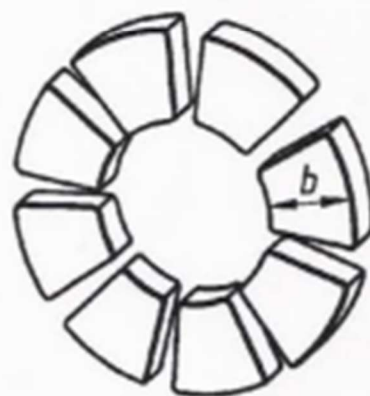


Bearing liner

a) Plain journal bearings



Thrust ring



Set of thrust pads

b) Plain thrust bearings

1) The bonding area is the entire continuous actual bonding area of a journal or thrust plain bearing element.

b , in millimetres, represents the functional width of the bearing in the case of journal bearing, and the width of the segment or ring in the case of thrust bearings.

If the single defect is greater than the total defect, then the total defect shall be used.

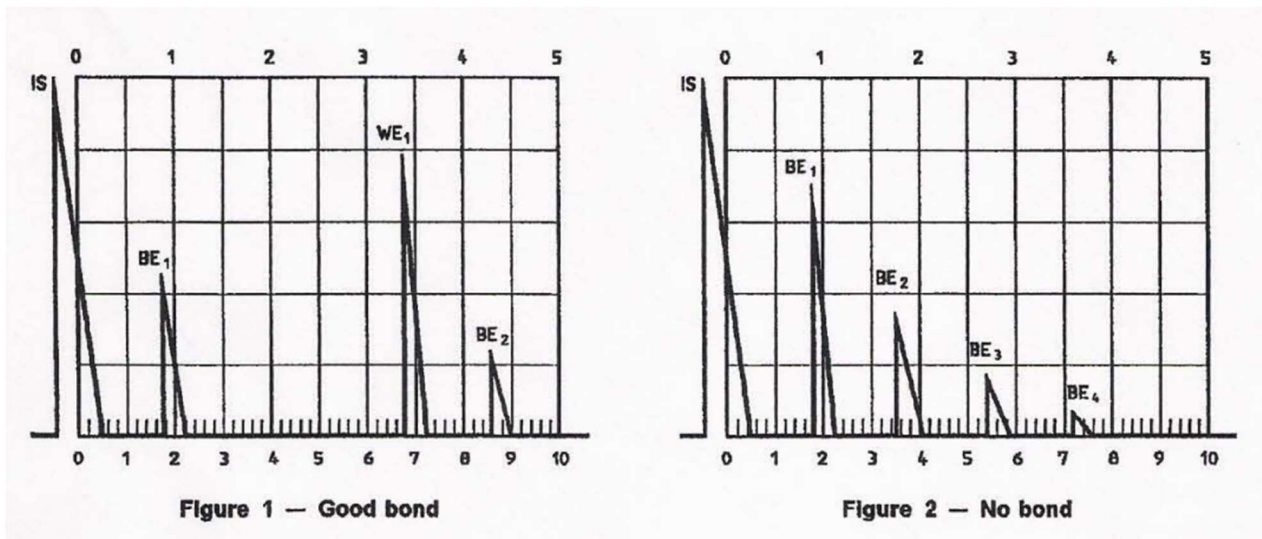
2) The edge zone is the visible transition from the backing to the bearing material. In the case of journal bearings or thrust bearings, the edge length is the edge zone of the plane face or the joint face. In the case of pad bearings or tilting pad bearings, the edge length is the peripheral length of one single pad.

Prueba con Eco de Material de Respaldo

Se revisa la adherencia, comparando el eco del material de respaldo y el eco de unión entre el babbit y el metal de respaldo (Eco de Adherencia), cuando la geometría de la chumacera lo permite y por lo cual existen dos opciones:

- La Prueba que compara la altura relativa del eco de adherencia y el eco del metal de respaldo.

Usando la probeta de acuerdo a lo establecido en la tabla No.1, se determina que la adherencia es buena cuando la amplitud del eco del área de adherencia o eco de adherencia es menor o igual a la amplitud del eco del material de respaldo; sin embargo, si la amplitud del eco de adherencia es mayor que la amplitud del eco del material de respaldo, podemos establecer que la adherencia es mala. Adicionalmente si no aparece eco del material de respaldo y solo aparecen ecos de adherencia en forma repetida, podemos establecer que la adherencia es mala. ver las figuras siguientes



Prueba que toma como referencia la reducción de la amplitud, del Eco del Material de respaldo.

Se calibra el barrido del equipo de prueba, utilizando bloques de referencia que cumplan con ISO 2400 o ISO 7963, para obtener al menos dos ecos del Material de Respaldo en pantalla del equipo. En estas condiciones se ajusta la amplitud del eco en la pantalla, para que alcance una altura del 80%, esta posición del eco de respaldo se debe registrar en la pantalla del equipo; ya que cualquier indicación que aparezca antes del eco de respaldo, es indicación que debe ser analizada y por lo tanto la severidad del defecto se puede establecer en base a la reducción de la amplitud del eco del material de respaldo. Ver figuras siguientes:

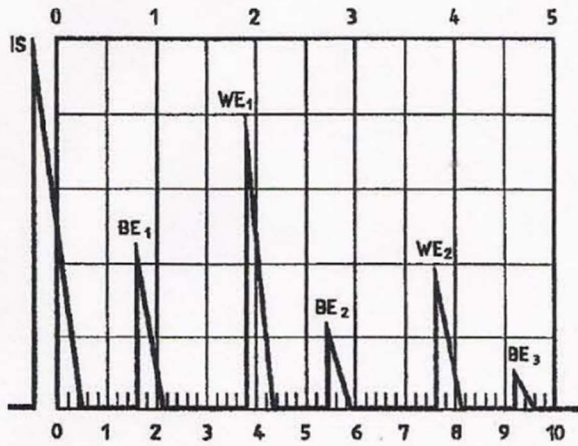


Figure 3 — Good bond

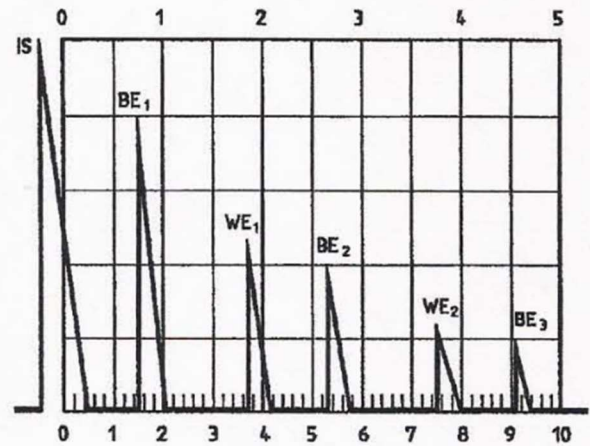


Figure 4 — Bad bond

➤ Prueba sin Eco del Material de respaldo.

En este caso la evaluación de la adherencia, se realiza a partir del eco de un bloque del mismo material y espesor del babbit del cojinete a inspeccionar y sin material de respaldo, ajustando en estas condiciones la amplitud del eco a un 80% de la altura de la pantalla del equipo.

En el caso de sensores sencillos, se considera que existe buena adherencia en el cojinete, si el eco de adherencia es de menor amplitud que el eco de referencia. Ver figuras anexas del 5 al 7.

Las probetas que se usan son de fabricación escalonada, que cumplan con ambas características:

1. Se selecciona el espesor de material igual o muy cercano al espesor del babbit del cojinete inspeccionado.
2. Se debe garantizar que el material babbit de la probeta, sea igual al del cojinete a inspeccionar.

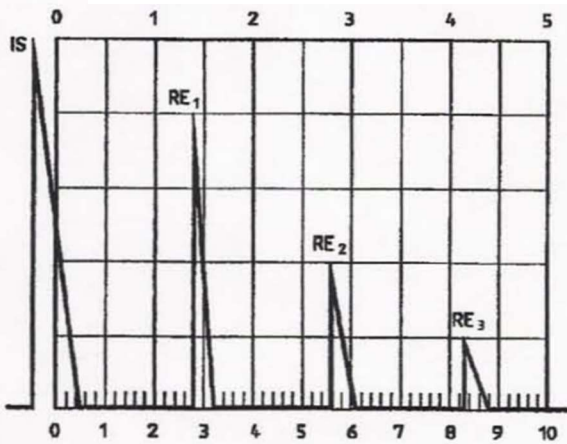


Figure 5 — Adjustment of the reference echo

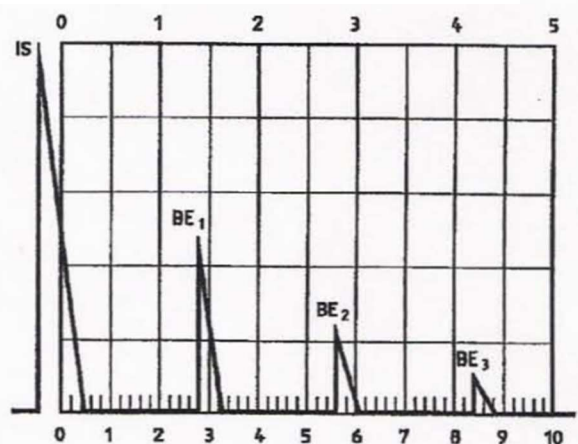


Figure 6 — Good bond

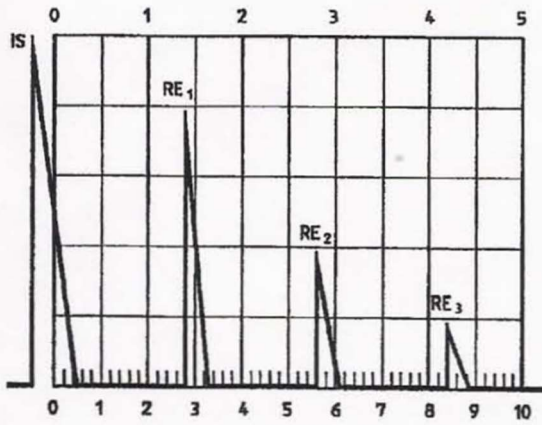


Figure 7 — Adjustment of the reference echo

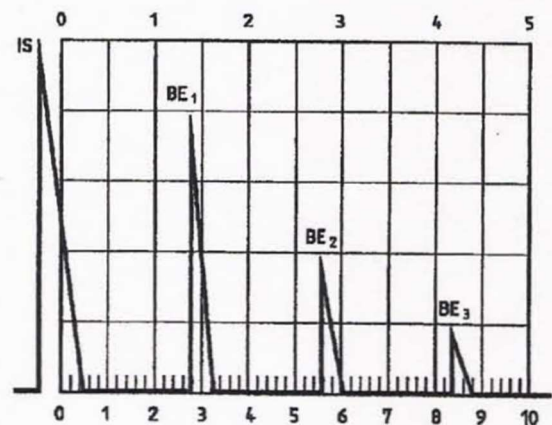


Figure 8 — Bad bond

En el caso de sensores duales, aplica el mismo principio, de que la buena adherencia en el cojinete, existe cuando el eco de adherencia en el equipo inspeccionado, tiene una amplitud menor que el del eco de referencia del bloque. Ver figuras del 9 al 12.

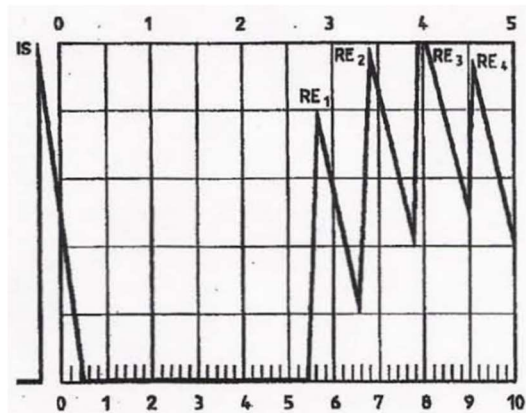


Figure 9 — Adjustment of the reference echo with a twin-crystal probe

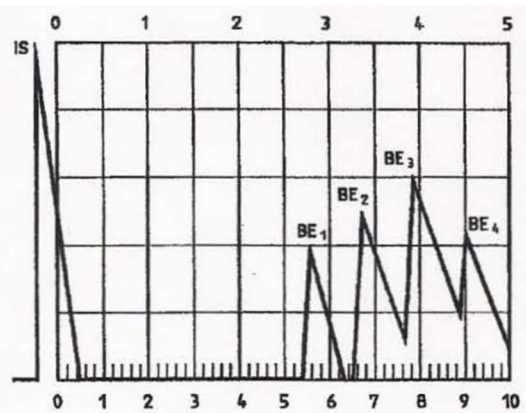


Figure 10 — Good bond (twin-crystal probe)

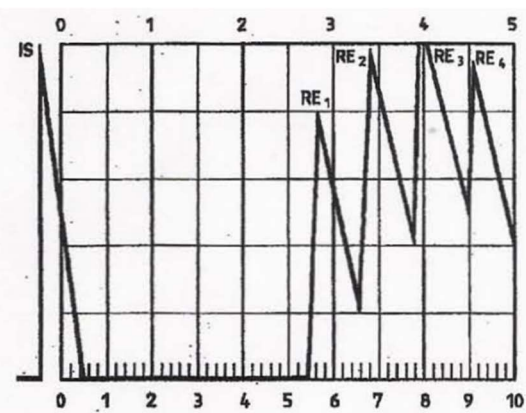


Figure 11 — Adjustment of the reference echo with a twin-crystal probe

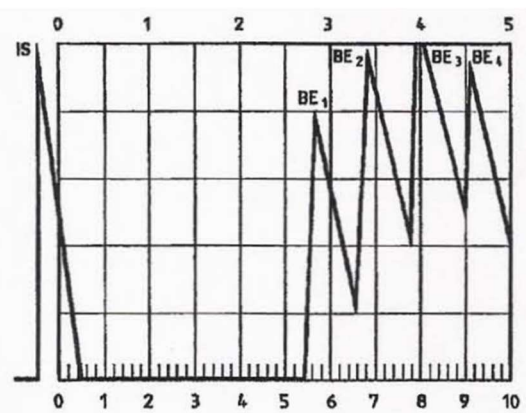


Figure 12 — Bad bond (twin-crystal probe)



ISO 4386 – parte 3 Prueba de líquidos penetrantes, para detectar pérdidas de adherencia en los bordes de los cojinetes, porosidades y grietas superficiales

El método de Líquidos Penetrantes se usa para detectar lo siguiente:

- Defectos de adherencia en los bordes de cojinete, principalmente en la unión entre el babbitt y el material de respaldo. Dichas fallas en los bordes no pueden ser detectadas por ultrasonido (ISO 4386 – 1).
- Discontinuidades en la superficie de deslizamiento.

Preparación de la Superficie del Cojinete a Inspeccionar

A la superficie a ser inspeccionada, se le debe remover cualquier daño superficial o acumulación de residuos que limiten o impidan el ingreso del líquido penetrante en la superficie. Se deben de considerar todas las recomendaciones que aplican al realizar una prueba convencional de líquidos penetrantes, que incluyen realizar la prueba a una temperatura ambiente normal.

Aplicación del penetrante.

Luego de haber realizado una adecuada limpieza de la superficie a inspeccionar se le aplica el líquido penetrante, por medio de una brocha o en forma de Spray y esperar al menos entre 15 y 20 minutos aproximadamente.

Remover el penetrante.

La remoción integral del penetrante se realiza de forma manual, con materiales suaves que no dañen la superficie del babbitt.

Aplicación de Revelador.

El revelador deberá ser aplicado sobre toda superficie a inspeccionar, después de garantizar que la superficie se encuentra libre de humedad.

Inspección

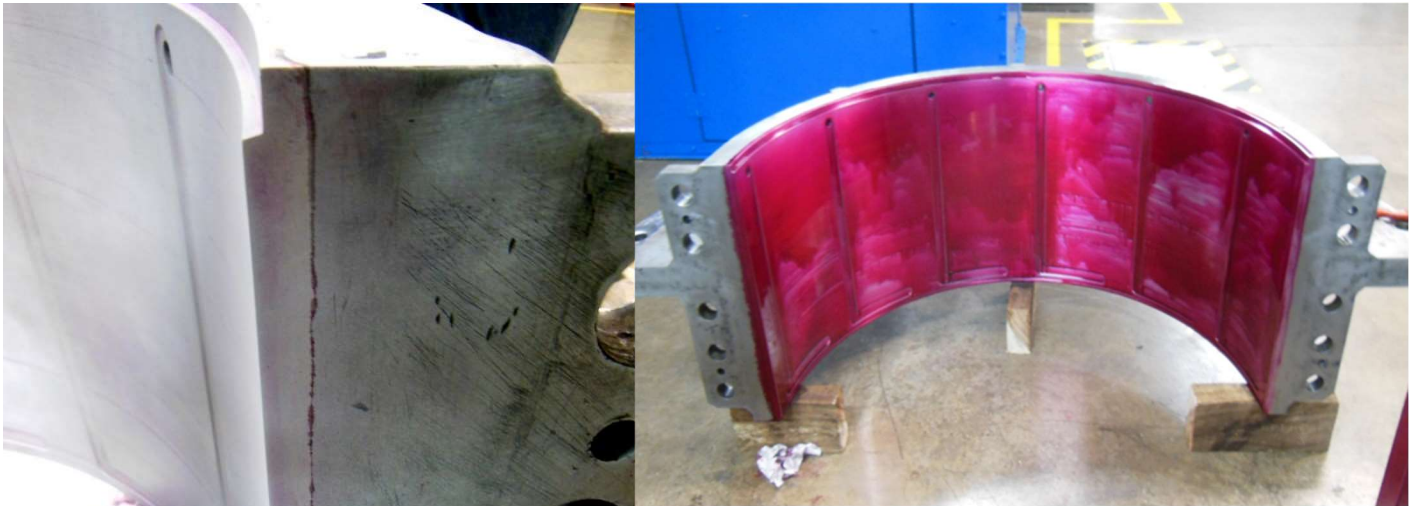
- Inspeccionar los bordes en la zona de unión entre el metal babbitt y el material de respaldo, de acuerdo a los criterios de aceptación establecidos en **ISO 4386-1**.
- La inspección de la superficie de deslizamiento, debe garantizar la ausencia de rayaduras y grietas superficiales o profundas y porosidad. Las rayaduras o grietas superficiales se pueden remover con un rectificado manual, sin embargo esto tiene limitaciones, para el caso de cojinetes cilíndricos; ya que se debe garantizar que la holgura recomendada por el fabricante del equipo no quede fuera de los valores de diseño. Los resultados de la inspección superficial se deben evaluar y comparar de acuerdo al Anexo siguiente:

Reporte de la Inspección.

El resultado de la inspección deberá de ser acompañado de un informe completo que incluya básicamente lo siguiente:

- Las Normas utilizadas como referencia para realizar la inspección.

- Indicar las clases y los criterios de aceptación utilizados en ISO 4386 – 1 y ISO 4386 – 3, con las cuales se evalúa el estado del equipo inspeccionado
- Registrar fotográficamente las condiciones de la chumacera antes del proceso de inspección.
- Incorporar datos de diseño del equipo y el tipo de Babbit utilizado.
- Elaborar diagramas esquemáticos, que permitan ubicar las zonas con indicaciones relevantes y adicionalmente registrar fotográficamente dichas indicaciones.
- Incorporar conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado.



Annex A
(normative)

Designation classes and acceptance criteria

A.1 General

Figure A.1 shows types of mark.

The surface tested shall be compared with figures A.2 to A.6 which each represent an area of 1 dm². The surface tested may be square or rectangular, with a maximum side length of 250 mm.

The surface compared shall be the worst-affected part of the area under examination.

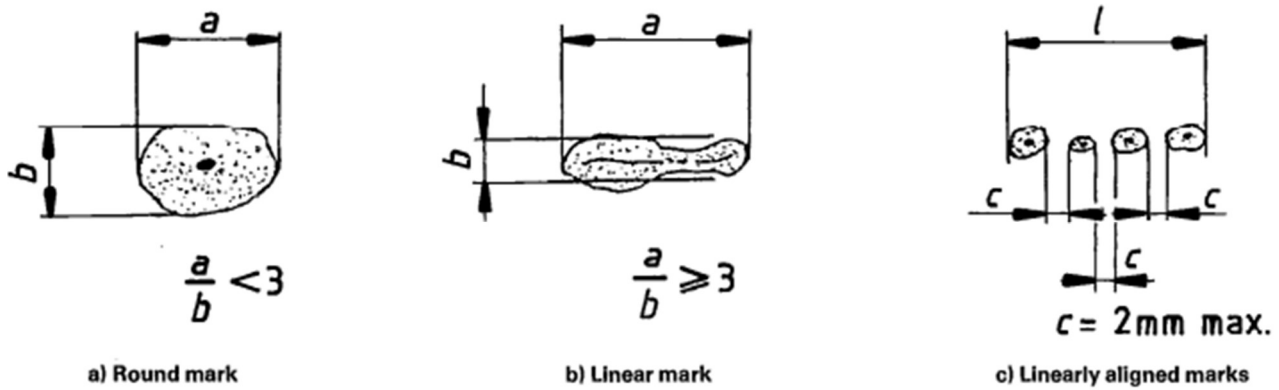


Figure A.1 — Marks

A.2 Class A acceptance criteria

- a) No round mark with $a > 3$ mm.
- b) No linear marks.
- c) No linearly aligned marks.
- d) No more than two marks, with a maximum total area of $6,3 \text{ mm}^2$.
- e) Maximum total area of marks: $10 \text{ mm}^2/\text{dm}^2$.

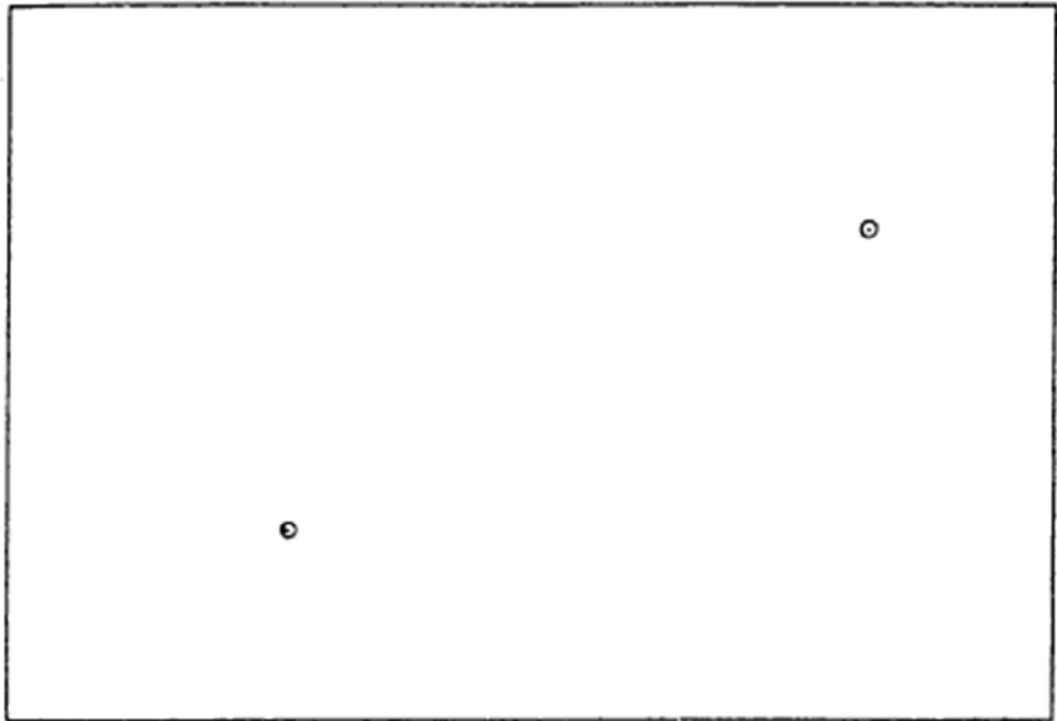


Figure A.2 — Shape and location of marks — Class A

A.3 Class B acceptance criteria

- a) No round mark with $a > 4$ mm.
- b) No linear marks.
- c) No linearly aligned marks.
- d) No more than four marks, with a maximum total area of 16 mm^2 .
- e) Maximum total area of marks: $20 \text{ mm}^2/\text{dm}^2$.

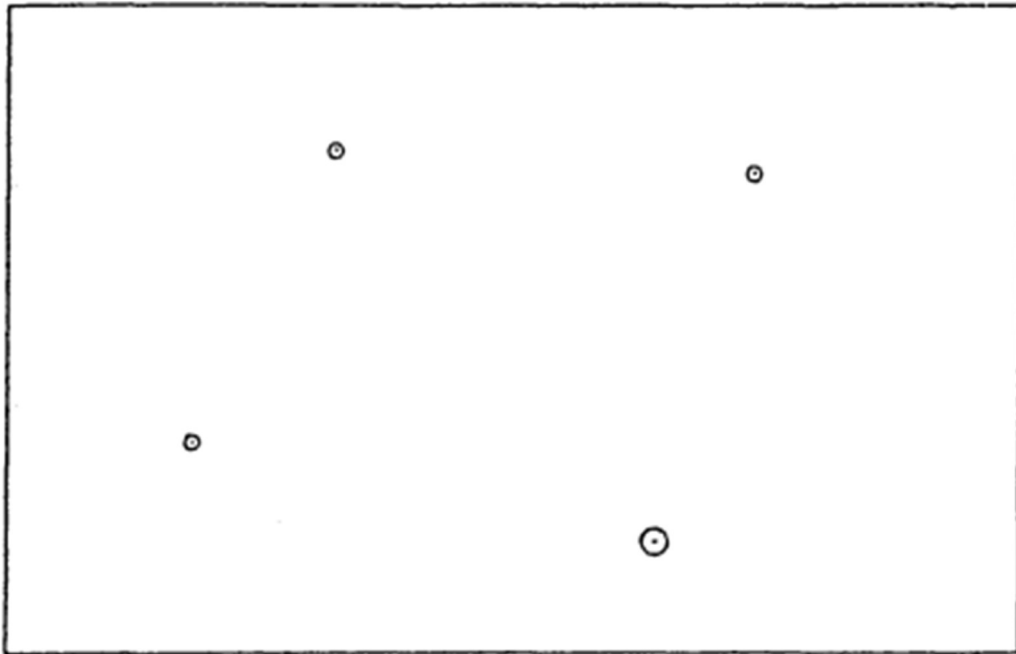


Figure A.3 — Shape and location of marks — Class B

A.4 Class C acceptance criteria

- a) No round mark with $a > 5$ mm.
- b) No linear marks.
- c) No linearly aligned marks.
- d) No more than six marks, with a maximum total area of 40 mm^2 .
- e) Maximum total area of marks: $50 \text{ mm}^2/\text{dm}^2$.

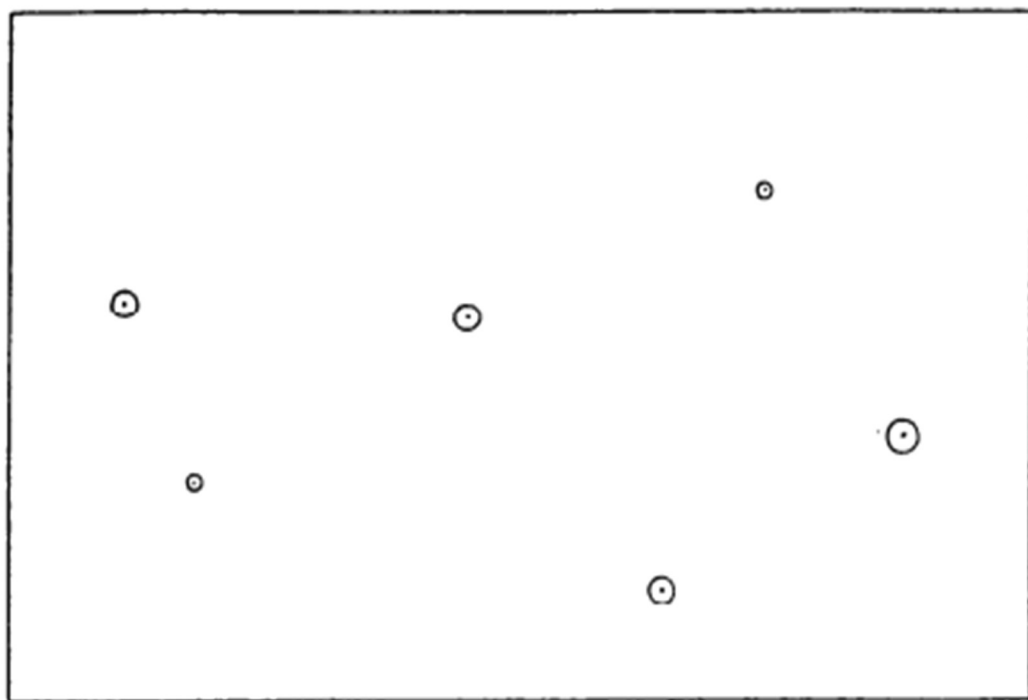


Figure A.4 — Shape and location of marks — Class C

A.5 Class D acceptance criteria

- a) No round mark with $d > 6$ mm.
- b) No linear marks.
- c) No linearly aligned marks with $l > 10$ mm.
- d) No more than 11 marks, with a maximum total area of 100 mm^2 .
- e) Maximum total area of marks: $125 \text{ mm}^2/\text{dm}^2$.

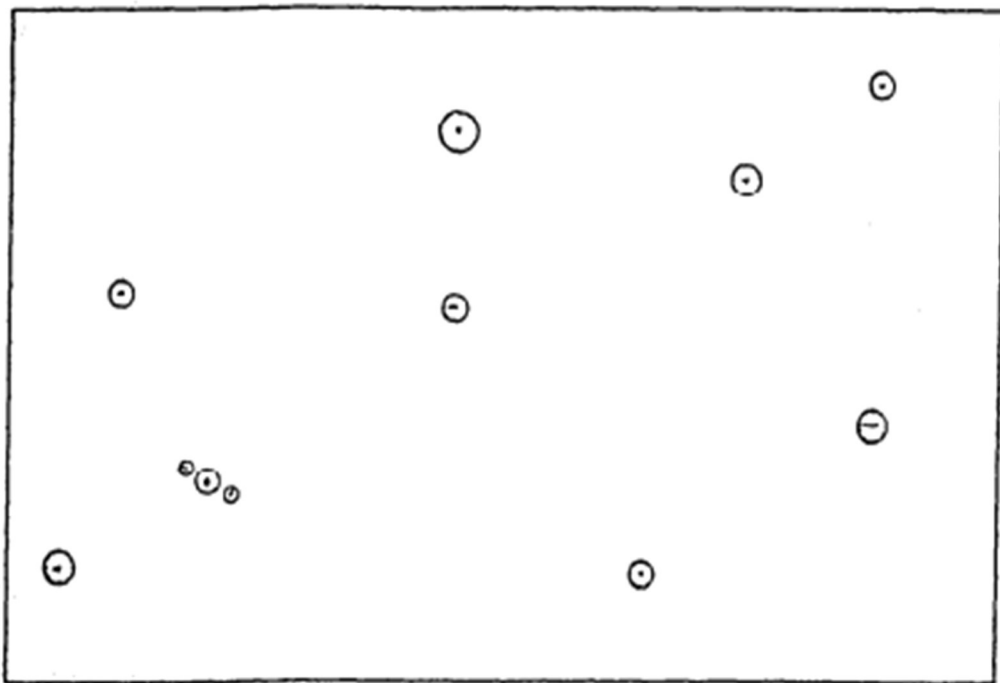


Figure A.5 — Shape and location of marks — Class D

A.6 Class E acceptance criteria

- a) No round mark with $a > 8$ mm.
- b) No linear mark with $a > 7$ mm.
- c) No linearly aligned marks with $l > 16$ mm.
- d) No more than 20 marks, with a maximum total area of 250 mm^2 .
- e) Maximum total area of marks: $250 \text{ mm}^2/\text{dm}^2$.

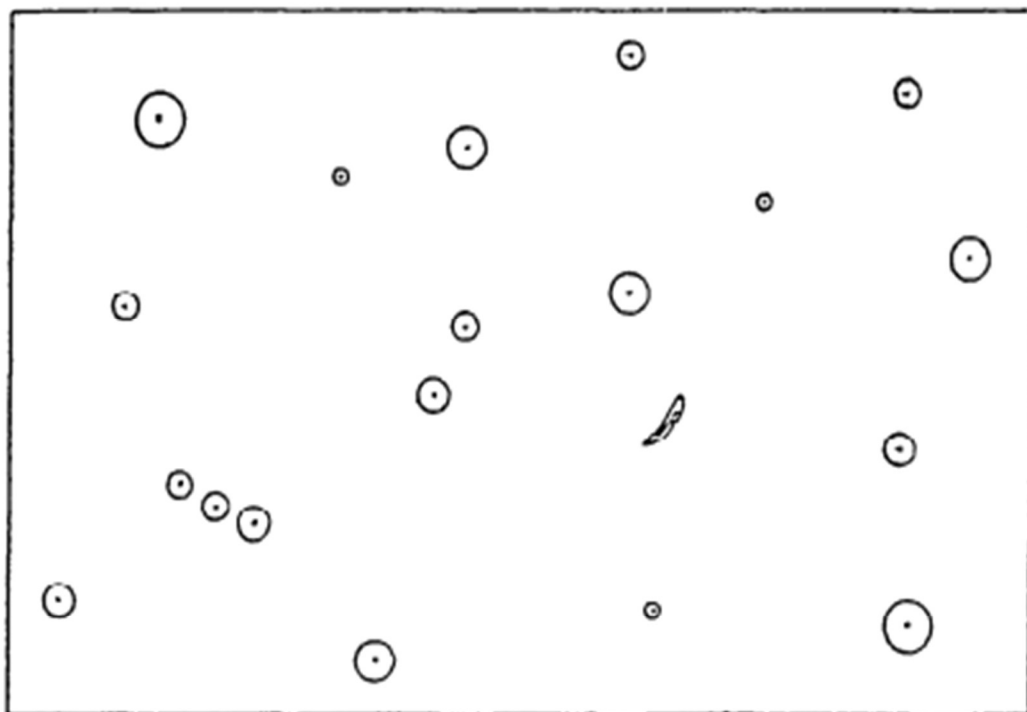


Figure A.6 — Shape and location of marks — Class E