



The Shot Peener's Corner

Nº 28

The Shot Peener's Corner es una colaboración entre ELECTRONICS INC. e IPAR-BLAST, S.L.

Cada artículo, es una traducción del reportaje más destacado de la revista THE SHOT PEENER.

ELECTRONICS INC. es líder mundial en formación y difusión del shot peening.

IPAR-BLAST, S.L. es subcontratista de tratamientos superficiales de precisión.

Entre los cuales se encuentra el shot peening.

## **Términos clave en el control de la intensidad para los operarios nuevos de shot peening.**

El control de la intensidad es esencial para la reproducibilidad y repetitividad del proceso. Es un área en la que los nuevos operarios de shot peening podrían agradecer una ayuda.

Con esta intención, incorporamos varias definiciones relacionadas con el control de la intensidad.

**Placa Almen.** Las placas Almen, son unas pletinas hechas de acero muelle según SAE. Sirven para medir la energía que tiene el haz de granalla, o lo que es lo mismo, la "intensidad". La placa Almen se fija en un soporte y se somete al haz de granalla. La tensión de compresión residual generada en la placa hará que esta se arquee hacia el lado granallado cuando la liberemos del soporte. La "altura del arco" medida será función de la intensidad del tratamiento y será medible y reproducible. La altura del arco se mide con un medidor Almen.

Las placas Almen se categorizan, por su espesor, en tres grupos: "N", "A" y "C". También se puede hacer una subclasificación en base a su planitud (precurvado) y dureza.

### *Espesor*

Espesor de placas "N" = 0.031" (0.79 mm)

Espesor de placas "A" = 0.051" (1.29 mm)

Espesor de placas "C" = 0.094" (2.39 mm)

El espesor de la placa determina su capacidad de curvado durante el granallado. Esto se traduce en que cada tipo de placa tiene un rango de intensidad adecuado que se expresa con la altura del arco medido con un medidor Almen.

Las placas tipo "A" son consideradas las placas estándar y se utilizan en un rango de intensidad de 0,004" – 0,024" (0,1 – 0,6 mm). Para intensidades inferiores a 0,004", se deben utilizar placas tipo "N" y para intensidades superiores a 0,024" se utilizarán las del tipo "C".

La longitud y anchura de las placas es igual en los tres tipos 3" x .75" (76.2 mm x 19.05 mm).

*Planitud.* Véase **precurvado**.

### *Dureza*

La dureza afecta al rendimiento de la placa: A mayor dureza, menor curvatura.

Las placas tipo "A" y "C" tienen un rango de dureza de 44<HRc<50. Las placas tipo "N" tienen una dureza de 72,5<HRa<76. En aplicaciones críticas como las aeroespaciales, los diseñadores podrán incluso especificar el uso de placas Almen con menor dureza.

**Medidor Almen.** El medidor Almen mide la curvatura de una placa sometida al shot peening. La "altura del arco" es una representación cuantitativa de la fuerza del haz de granalla o de la "intensidad" de este. La energía del haz de granalla influye directamente en la cantidad de tensiones de compresión inducidas en la superficie de una pieza.

Los medidores Almen tienen una lectura de 0,0001" (0,001mm) de display y una resolución de 0,00005" (0,000127mm). La alta resolución, permite una gran precisión y asegura la repetibilidad y reproducibilidad del proceso de shot peening. Véase la Fig.1

**Soporte para placas Almen.** Las placas Almen, se sujetan en el soporte para placas Almen para exponerlas al haz de granalla. Los soportes para placas Almen se montan en piezas de prueba o utillajes especiales que simulan ubicaciones de la pieza en la que la comprobación de la intensidad del tratamiento es importante. Véase la Fig1.

**Test Almen.** El test Almen es un paso crucial en un tratamiento de shot peening controlado ya que es el paso que verifica la intensidad. La intensidad es la energía del haz de granalla e influye directamente en la cantidad de tensiones de compresión inducidas en la pieza.

Las placas Almen, los medidores y los soportes, son los elementos estándar utilizados en la in-

dustria para realizar el test Almen. Un procedimiento utilizado para medir la altura del arco de las placas Almen sometidas al tratamiento de shot peening. Dichas alturas, se utilizan para dibujar la Curva de Saturación. La información contenida en la curva de saturación sirve para verificar la correcta intensidad de trabajo. Véase **Curva De Saturación**.

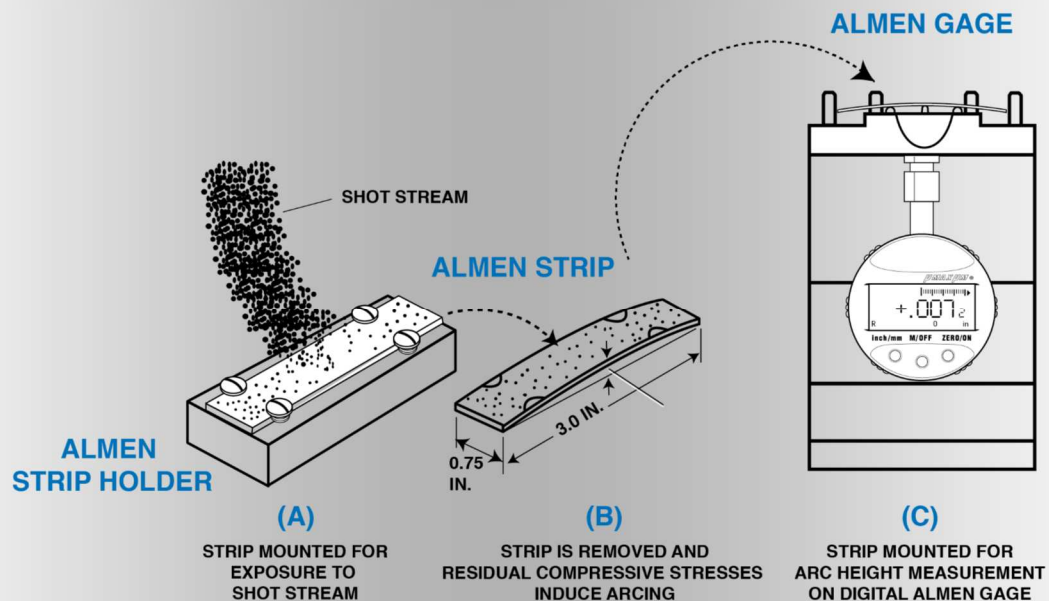


Figura 1. Materiales y pasos de un test Almen.

El test Almen, sirve para asegurarse de que la máquina está ajustada y funcionando bajo la especificación de tratamiento. El test Almen se suele repetir en producciones largas de manera que se puede verificar que las condiciones de trabajo no han cambiado.

**Altura del arco.** La altura del arco es el grado de curvatura de una placa Almen, sometida al shot peening, medida en un medidor Almen y se representa en milímetros o en pulgadas. Es la representación cuantitativa de la fuerza aplicada por el haz de granalla.

**Intensidad Almen.** Es la designación que especifica el valor de una altura de arco medida en un medidor Almen y el tipo de placa Almen. Por ejemplo, la designación correcta para 0.012" (0.30 mm) usando las placas tipo A es 0.012A (0.3A). Esta designación se suele simplificar habitualmente a 12A.

**Cobertura.** La cobertura es la proporción de área a tratar que se debe tratar.

La cobertura es la medida de la proporción de área original que ha sido impactada por granalla. Es uno de los parámetros clave del proceso de shot peening y es controlada mediante la duración del ciclo de trabajo.

La cobertura se especifica en porcentaje. Si el objetivo es el 100% de cobertura, la duración del ciclo para alcanzar el 100% de cobertura dependerá de la dureza del material a tratar.

La duración del ciclo de máquina para alcanzar el 100% de cobertura se determina mediante inspección visual y puede ser corroborada por herramientas de control de cobertura. Una vez establecida la duración, el operario utilizará este tiempo como base para alcanzar niveles de "sobre cobertura". Por ejemplo 150%, 200%, 300%

Los términos cobertura y saturación y el tiempo necesario para alcanzar ambos, suelen ser habi-

tualmente confundidos por operarios noveles. Lo habitual es que lleve más tiempo alcanzar el 100% de cobertura que alcanzar la “saturación”, (la lectura de intensidad de un proceso de shot peening derivada de una curva de saturación). El “Tiempo de Saturación” en la gráfica de la curva **NO** es el tiempo de ciclo para alcanzar el 100% de cobertura en la placa Almen. Además, el tiempo necesario para alcanzar el 100% de cobertura en la pieza será diferente del necesario para alcanzar el 100% en una placa Almen. Siempre debido a diferencia de durezas y extensión de superficies. Véase **curva de saturación**.

**Tiempo de exposición.** El tiempo de exposición (también llamado tiempo de peening) es la variable tiempo cuando estamos construyendo la curva Almen. El tiempo de exposición no es la duración necesaria para el tiempo de ciclo de la máquina y que en la mayoría de los casos llevará más tiempo alcanzar la cobertura deseada en la pieza. Véase la Fig.2 y **curva de saturación**.

**Intensidad.** Es la medida de la energía del haz de granalla. La energía del haz de granalla influye directamente en la cantidad de tensiones de compresión inducidas en la superficie del componente tratado. Las tensiones superficiales de compresión mejoran la resistencia contra la fatiga mecánica y algunas formas de stress por corrosión. La intensidad se puede controlar mediante el tamaño de la granalla, el tipo de granalla, el ángulo de impacto y la velocidad del haz de granalla.

La intensidad se representa como una altura de arco medida en la curva de saturación con un medidor Almen. Por ejemplo, una especificación pide una intensidad de  $.010 \pm .002$  A. Es decir, una intensidad de 0.010” con una tolerancia de 0.002” en placas de tipo “A”. El rango aceptado será de 0.008” hasta 0.012”.

**Verificación de la intensidad.** Véase **curva de saturación**.

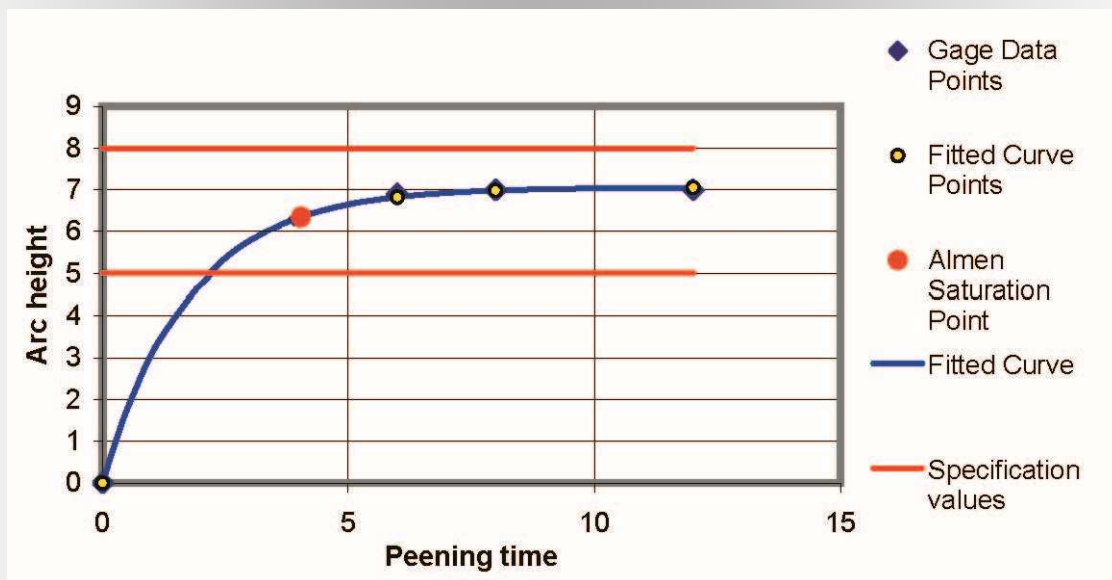


Figura 2. La saturación ocurre cuando el incremento de la altura del arco al doblar el tiempo de exposición ( $2T$ ) es inferior al 10%. La curva de saturación ha sido dibujada con un programa Curve Solver.

**Fatiga metálica.** La fatiga metálica es el daño estructural progresivo y localizado que ocurre cuando un material es sometido a una carga cíclica. Cargas que se repiten con una frecuencia determinada. Si las cargas superan cierto umbral, comenzarán a crearse grietas microscópicas en la superficie del material. Algunas de ellas, progresará y alcanzará un tamaño crítico que hará que el material se rompa.



El shot peening crea tensiones superficiales de compresión que hacen al material más resistente a la fatiga metálica. Véase la figura 3.

**plasticidad.** Es la deformación de un material con cambios irreversibles en su forma como respuesta a la aplicación de ciertas fuerzas. En el shot peening, los impactos de la granalla generan indentaciones. El material shot peenizado muestra plasticidad por los cambios permanentes creados por los impactos de la granalla en la superficie del material.

**precurva.** La precurva o variación de la planitud perfecta de una placa Almen sin tratar afecta en el sistema de medición. Una placa con una precurvatura de 0,001" tendrá una altura de arco 0,001" mayor que una placa con una precurva cero. Si el valor de precurvatura inicial es negativo, la altura de arco deberá reducirse en la misma proporción.

Las placas Almen se clasifican en grados en función a sus precurvaturas dependiendo de los requerimientos de una amplia variedad de aplicaciones en diversos sectores, partiendo de la automoción y llegando a la aeronáutica.

**Tensión residual de compresión.** Las tensiones residuales son aquellas que permanecen después de que la causa originaria ha desaparecido. El shot peening genera tensiones residuales de compresión, tensiones beneficiosas que aportan resistencia contra la fatiga metálica y ciertas formas de estrés por corrosión. Véase **estrés**.

**Curva de saturación.** *Saturación: Estado o proceso en el que no se puede absorber nada más de algo o no se puede combinar más o añadir algo más de algo.*

La curva de saturación es la representación gráfica de las alturas de arco vs. El tiempo de exposición y sirve para determinar la "intensidad" (la velocidad del haz de granalla). Es el método reconocido y aceptado para verificar o determinar la intensidad de tratamiento requerida. La curva de saturación se dibuja con un mínimo de 4 lecturas de altura de arco de diferentes placas Almen tratadas con los mismos parámetros de máquina. Se define la saturación como el primer punto (T) de la curva en el que duplicando el tiempo de exposición (2T), el incremento de la altura del arco leída es menor o igual al 10%. Esta condición se conoce como la "Regla del 10%". La altura de arco en T se denomina "intensidad" del haz de granalla para un ajuste determinado de máquina. Si la altura de arco en "T" (intensidad) no está dentro del rango de intensidad requerido por la especificación de shot peening, se deberán de modificar los ajustes de la máquina y se deberá volver a dibujar una nueva curva de saturación. Véase la figura 2.

**Programa curve solver.** El dibujado de puntos de altura de arco para dibujar curvas de saturación lleva tiempo y muchas veces es impreciso. Existen programas informáticos llamados "Curve Solver" que simplifican la tarea.

**especificación.** Una especificación es una colección de requerimientos que deben ser cumplidos por un material, producto o servicio.

Los productos y procedimientos del proceso de shot peening están regulados por especificaciones públicas como las emitidas por la SAE (Society of Automotive Engineers), especificaciones de cliente o especificaciones internas. Los requerimientos de shot peening de una especificación contendrán, normalmente, los siguientes parámetros: Referencias a una especificación industrial aplicable (por ejemplo, SAE J442), área a tratar, tipo de granalla y la intensidad del tratamiento.

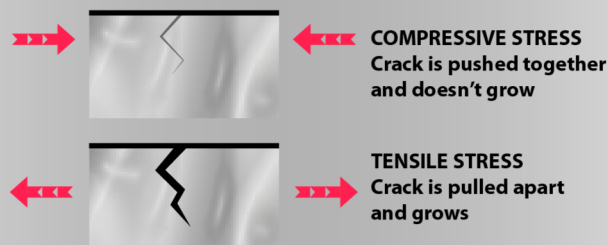
**Stress o tensión.** Cuando se aplica una fuerza a un objeto, se dice que este experimenta un stress o tensión. El stress es, efectivamente la medida de la respuesta de un objeto a una fuerza. El stress puede ser positivo y negativo en función a la naturaleza de la fuerza aplicada. Si una zona de una pieza se estira, por lo general el stress será positivo o de tracción. Si por el contrario la pieza se comprime, el stress será negativo o de compresión.

Las tensiones de tracción no se consideran beneficiosas. No así como las de compresión que normalmente aportan beneficios. Imagine una superficie en la que se ha generado una grieta

(figura 3). Si la tensión alrededor de la grieta es de tracción, esta tenderá a crecer.

Por el contrario, si la tensión es de compresión, la grieta será retenida y no crecerá. El shot peening, induce tensiones residuales de compresión en la superficie de los metales tratados que hacen que las grietas no propaguen o lo hagan muy despacio alargando así la vida de las piezas. Muy importante en piezas críticas.

**Tensión de tracción.** La tensión de tracción es una tensión que lleva a la elongación. La longitud del material tiende a crecer en la dirección de la tensión. La tensión de tracción es contraria a la tensión de compresión, que es aquella que hace reducir los materiales en volumen. Véase la figura 3.



*Figura 3. Comparación de tensiones de tracción y compresión*

*Basado en un dibujo de Darren Huges del instituto Laue-Lagenvin en Grenoble, Francia.*



IPAR-BLAST, S.L.  
Parque Industrial Itziar-Deba  
Parcela 4 - Pabellón F2-5  
20829 ITZIAR (Guipúzcoa)  
TEL. 943 820 516  
FAX. 943 820 619  
shot-peening@ipar-blast.com  
www.ipar-blast.com



**Electronics Inc.**

*Shot Peening Control*

ELECTRONICS INC.  
56790 Magnetic Drive  
46545 MISHAWAKA (Indiana )  
EE.UU.  
TEL: 574-256-5001 / 800-832-5653  
FAX: 574-256-5222  
www.electronics-inc.com