

The Shot Peener's Corner



Nº 27

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.

## **El determinante papel de la granalla metálica en shot peening para alcanzar resultados consistentes.**

*Kumar Balan | Especialista en Blast Cleaning y Shot Peening (Texto traducido por Eduardo Vázquez—IPAR-BLAST, S.L.)*

### **Introducción**

La calidad de la granalla metálica juega un papel crítico en la precisión y repetibilidad de los resultados en shot peening. La energía transmitida desde la partícula de granalla al material del componente tratado, determinará la tensión de compresión residual, así como el incremento en la vida a fatiga del componente. Las dos medidas clave para determinar la validez y la calidad de una granalla metálica son: La durabilidad (vida) y la energía transmitida (energía de impacto).

Las demás características, como tamaño, dureza, micro estructura y defectos físicos como grietas, vacíos y el análisis químico también tienen su papel en la efectividad con la que la energía es transmitida.

La especificación de proceso de un componente, indicará el tamaño de la granalla, el tipo y, a veces, su dureza. En lo que a la calidad de la granalla se refiere, el aplicador depende totalmente del proceso de auto certificación del fabricante de granalla para asegurar que esta cumple con las normas SAE o AMS correspondientes. Para poder validar la calidad de la granalla, el laboratorio de test de Ervin hace ensayos de muestras de granalla con cierta regularidad y comprueba el rendimiento y los parámetros mencionados más arriba utilizando como referencia la norma SAE J445.

En 2016, el análisis y la compilación de los datos de 37 muestras diferentes de granallas no fabricadas por Ervin, reveló que más del 40% de las muestras mostraron un bajo rendimiento, directamente relacionado con el bajo cumplimiento con las especificación por parte de las muestras. En este caso las normas de referencia fueron la SAE J827, SAE J444, AMS 2431/1 y AMS 2431/2. La imposibilidad de transmitir la energía de impacto deseada merma la capacidad del propósito del proceso. La información que se tratará en los siguientes párrafos, pretende dar al lector las herramientas y criterios para chequear los dos parámetros críticos. La durabilidad y la transmisión de energía de la granalla de shot peening.

### **Objetivos**

1. Ofrecer un procedimiento de prueba para evaluar la durabilidad de la granalla (para predecir el ciclo de vida antes de que la granalla esférica se rompa y ya no sea útil para el shot peening)
2. Ofrecer un test que permita calcular la energía transmitida mediante el uso de placas Almen A.
3. Argumentar sobre los efectos de la microestructura y los defectos físicos de la granalla en los resultados del shot peening.

### **Metodología – La máquina del Test Ervin**

La forma óptima de comprobar la durabilidad de una granalla sería procesarla en una máquina similar a las de producción y estudiar las características durante el procesado. Desgraciadamente, la naturaleza del proceso hace que no sea fácil recoger la granalla y hace que el ejemplo dado sea poco práctico y veraz. La máquina de test Ervin fue diseñada para simular los efectos de una máquina de turbina, de granallado o shot peening, y al mismo tiempo proporcionar una herramienta portátil a la vez que de laboratorio para poder comprobar el rendimiento de una mues-

tra de granalla metálica (durabilidad y transferencia de energía) de una manera ágil.

En la máquina de test Ervin, la turbina (comúnmente llamada "beater") gira a 7.000 r.p.m. accionada directamente por un motor, generando una velocidad de 61 m/s. Esta, es la velocidad a la que habitualmente trabajan las máquinas de producción. La granalla, se introduce en la máquina de test y es lanzada contra un bloque de metal. Tras el impacto, cae al fondo de la máquina donde se recoge y se vuelve a llevar hasta la alimentación de la turbina. Este ciclo se repite de manera continuada hasta el final del test. El sistema de recogida de granalla gira a 25 r.p.m. por lo que la granalla se reutiliza 25 veces por minuto. Esta configuración, se utiliza para comprobar la durabilidad, y con un sencillo cambio de configuración, se puede comprobar la transferencia de energía. Cuando se está comprobando la transferencia de energía, el bloque metálico se sustituye por un bloque Almen para sujetar la placa Almen A que es golpeada por la granalla.



*La máquina de test Ervin*

## **Procedimiento de Test para la durabilidad**

### **Ejemplo para granalla S-550 de Amasteel**

1. Retire el tapón y rellene el dispositivo con  $100 \pm 0,1$  gramos de granalla S-550. Cierre el tapón.
2. Ajuste el contador a 500 ciclos
3. Ponga en marcha la máquina. El contador, detendrá la máquina a los 500 ciclos.
4. Vacíe la granalla en la bandeja asegurándose de que se sacan todos los restos. Gire varias veces el sistema de recogida de granalla mientras golpea la carcasa de este con un martillo de plástico.
5. Coloque la granalla en un tamiz de MESH 40 (apertura de 0,420mm) y tamice la muestra durante aproximadamente 3 minutos. Esto, eliminará todas las partículas finas de la muestra.
6. Pese la cantidad de granalla que queda de la muestra inicial y registre el peso como "% retenido".
7. Calcule la merma, 100% menos el peso hallado en el punto 6 y regístrelo como "% perdido".
8. Sustituya el peso mermado, con granalla nueva hasta que el peso vuelva a ser  $100 \pm 0,1$

- gramos
9. Repita los pasos del 1 al 9, añadiendo la granalla de merma y apuntando esta en una nueva columna denominada “% de merma acumulada” hasta que esta cifra alcance el 100%.
  10. Determine la durabilidad u número de ciclos/pasadas hasta una reposición del 100% utilizando la siguiente fórmula:

Durabilidad= N° total de pasadas-(pasadas por cada test/%de la última merma)\*(%merma acumulada-100)

En este ejemplo, la durabilidad de la granalla S550 resultó ser de 3050 ciclos o pasadas.

*Nota: La máquina de test Ervin es más efectiva en el control de granallas de tamaños igual o superior a la S170.*

La información del ejemplo, se ha representado en la tabla 1

Cumulative Passes	% Remaining	% Loss	Accumulative % Loss
500	91.8	8.2	8.2
1000	86.0	14	22.2
1500	83.3	16.7	38.9
2000	78.2	21.8	60.7
2500	80.6	19.4	80.1
3000	81.8	18.2	98.3
3500	83.1	16.9	115.2

**Tabla 1: Test del 100% de la vida**

Datos clave observables en los datos de la tabla anterior.

La inferencia está basada en unos parámetros de proceso específicos, en particular la velocidad de la granalla. La velocidad giro elegida fue de 7.000 r.p.m. para optimizar la velocidad de la granalla a 61 m/s, que es la más habitual en las máquinas en la industria.

El número de ciclos de vida de 3050, no dejará de ser un número absoluto hasta que pueda ser comparado con el de otra muestra de granalla (de la competencia). Siempre considerando los mismos parámetros de fabricación (tamaño, dureza, ...).

La tabla 1 muestra un patrón de rotura uniforme y constante durante toda la vida. La ausencia de picos o caídas radicales da muestra de la integridad de la granalla y su desgaste natural. Cualquier tipo de anomalía en este sentido, apuntaría a defectos físicos como grietas, contracturas o huecos.

El patrón de rotura constante, también nos lleva a comentar sobre la microestructura. Un proceso de atomización altamente controlado es primordial para construir una microestructura refinada y uniforme con pocos huecos y otras imperfecciones de grano. Además, un patrón de ruptura de

este tipo también podría significar que la microestructura está libre de carburos frágiles de hierro que conducen a la fractura prematura de la granalla.

El test de los ciclos de vida de la granalla, también nos dará una buena medida de predictibilidad para poder prever el inicio de la reducción de tamaño y una posible alteración de los resultados. Todas estas observaciones, deben ser tomadas en cuenta con cautela, ya que la SAE J445 – Metallic shot and grit Mechanical testing nos advierte que los datos de los test son válidos para comprobar la uniformidad de lotes o envíos o determinar la vida a fatiga relativa, y no para obtener costes operativos. Esto es debido a que las condiciones de campo, no se suelen parecer demasiado a las de laboratorio. En otras palabras, factores como el mantenimiento de la máquina, dureza del componente granallado, tamaño de la granalla, su dureza, etc. también tienen su importancia en el patrón de rotura de la granalla.

### Procedimiento de test (energía transmitida)

1. Obtenga una muestra de  $50 \pm 0,1$  gramos de granalla metálica utilizada en el test de durabilidad anterior.
2. Coloque la muestra en la máquina.
3. Coloque una placa Almen en el soporte. El soporte, cumple con lo especificado en la SAE J442 y tiene un anclaje adicional en su parte trasera, para poder ser fijado en la máquina de test.
4. Granalle la placa Almen durante 40 ciclos (se supone que estos son los ciclos para la saturación) y mida la altura del arco.
5. Mida la altura del arco utilizando un medidor Almen. El valor resultante, será el de la energía transmitida

Los dos test descritos, se recogen en la SAE J445. Para el test de durabilidad, la SAE J445 describe dos técnicas más: 5.2: Vida media mediante la medición del área debajo de la curva de rotura y 5.2: Método de la pérdida estabilizada. El test de durabilidad descrito en este documento, se menciona, en la norma, como 5.3: Método de la reposición 100%.

### Otros test de laboratorio

Además de los anteriores, en el laboratorio de Ervin, la granalla metálica es sometida a otros test.

**Dureza** – Este test utiliza una carga de 1000 gramos

El procedimiento para determinar la dureza, consiste en recolectar y colocar diez granos en una base de baquelita y testarlos. Estos granos, se desgastan hasta la mitad del diámetro, de manera que el centro del grano es el que se somete a la comprobación de la dureza. En base a ese procedimiento, las durezas máxima y mínima halladas fueron 45,5 HRC y 41,9 HRC, respectivamente teniendo todas ellas un valor medio de 44,3 HRC. Las lecturas obtenidas, revelaron que la muestra se trata claramente de un rango de dureza estándar, según SAE J827,  $40 < \text{HRC} < 51$ . En shot peening, la dureza de la granalla suele ser habitualmente de igual dureza, o superior, a la de la pieza tratada. Se hace así para garantizar la profundidad y nivel de tensiones residuales de compresión requeridas. A o ser que se especifique claramente en las indicaciones de shot peening, lo habitual es que se utilice granalla de dureza  $40 < \text{HRC} < 51$ . La granalla de más dureza, se

rompe con más facilidad y provoca mayor desgaste en todos los elementos de la máquina.



*Comprobación de la dureza – Los granos se fijan a una placa de baquelita y se desgastan hasta la mitad de su diámetro. La dureza, se comprueba en el centro.*

**Análisis químico** – La tabla 2 muestra los datos del análisis químico en la muestra anterior.

Elements	SAE J827	Amasteel S-550
Carbon	0.80 to 1.20%	0.9
Sulphur	0.050% Max.	0.02
Manganese	0.6 – 1.20%	0.94
Silicon	0.40% Min.	0.93
Phosphorus	0.050% Max.	0.022

**Tabla 2: Análisis químico**

Puntos clave de los resultados de los test anteriores:

- El análisis químico y los ajustes metalúrgicos subsecuentes durante el proceso de fundición, influirán en la durabilidad de la granalla metálica.
- El alto contenido en carbono, resulta en una granalla de microestructura frágil que se romperá antes. Por otro lado, un bajo contenido en carbono hará que la granalla sea dúctil y una gran parte de la energía cinética sea absorbida por esta, reduciendo la capacidad de la granalla para lograr buenos efectos en shot peening o granallado convencional.
- El contenido de azufre y fósforo, debería ser mínimo. Estos elementos debilitan los enlaces entre granos de la microestructura y resultan en una inferior durabilidad y transmisión de energía.
- Que el manganeso esté en el rango indicado, es un factor crítico que influirá en la durabilidad de la granalla.
- El alto contenido en silicio contribuirá en una alta durabilidad. Además, actúa como agente desoxidante.

### Defectos físicos

Los métodos de fabricación de granalla más comunes generarán un cierto nivel de defectos, y la SAE J827 enumera los tipos y límites de estos. Los efectos negativos de estos defectos, reducen la capacidad de transferencia de energía y la rotura prematura.

La muestra analizada, se observó en microscopio con X10 aumentos y los resultados fueron los siguientes (voids=huecas; cracks=grietas; shrinks=contracciones; elongated=alargadas)

% Voids	10% Maximum	2.8
% Cracks	15% Maximum	7.0
% Shrinks	10% Maximum	0
% Elongated	5% Maximum	0

**Tabla 3: Defectos admisibles**

(Análisis bajo aumento mínimo de 10X – SAE J827)

### Resumen

La granalla metálica ideal, debería ser capaz de transmitir el máximo de energía al componente tratado. Esto, a su vez, nos facilitaría el menor coste operativo posible. La granalla que tenga composición química dentro de los parámetros de la SAE J827, dureza consistente, microestructura definida y sus imperfecciones dentro de los parámetros permitidos, proporcionará resultados de granallado de limpieza y de shot peening óptimos.

Las técnicas que han sido explicadas en los párrafos anteriores, pretenden describir un método de test para su granalla metálica nueva y para que pueda controlar que esta cumple los requisitos (AMS o SAE) necesarios antes de su puesta en uso.

### Referencias

- [1] Ervin Industries Technical Bulletin (Vol No. VIII: Issue No. 6: July 2003, found on [ervinindustries.com](http://ervinindustries.com))
- [2] Ervin Industries Technical Bulletin (September 2003)
- [3] Ervin Industries Lab Test Data
- [4] Ervin Test Machine Technical Data
- [5] SAE J445 Metallic Shot and Grit Mechanical Testing (Rev. Apr. '96)
- [6] SAE J827 High-Carbon Cast-Steel Shot (Rev. Sept. '96)

### Agradecimientos

A Denny Shearer, Director Técnico y a Joe McGral Vicepresidente de ventas y marketing de Ervin Industries. Ellos me ayudaron con el contenido y la revisión del artículo. Sus décadas de experiencia en la industria del sector, han permitido validar la información presentada.







IPAR-BLAST, S.L.  
Pol. Ind. Ibur Erreka, 40 - bajo 1  
20600 EIBAR (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