

The Shot Peener's Corner



Nº 31

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.

Granalla de Alambre Cortado o de fundición

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

INTRODUCCION

Uno de los desafíos en nuestra industria ha sido aumentar la conciencia sobre el shot peening, y podemos decir que estamos viendo este movimiento en una dirección positiva. Durante la reflexión realizada después del último curso de Shot Peening de ELECTRONICS INC. en USA, todos los instructores coincidieron en que el nivel de comprensión y participación de los estudiantes había aumentado con los años. Las preguntas y comentarios discutidos en las clases eran bastante avanzados. Dicho esto, me gustaría destacar una conversación recurrente en el curso. Esta, se refiere a la elección entre granalla de alambre cortado o cut wire (CW) y granalla de acero fundido.

CUT WIRE O GRANALLA DE ACERO FUNDIDO - ¿CUÁL ES MEJOR?

Participé en interesantes discusiones, durante una clase sobre granalla de alambre cortado de Toyo Seiko en el curso. Estas conversaciones me llevaron a realizar más indagaciones, cortesía de Toyo Seiko y Ervin Industries. Estas compañías son dos fabricantes líderes de cut wire y granalla de acero fundido, respectivamente.

La práctica común es que los usuarios finales especifiquen el tipo, tamaño y, a veces, la dureza de la granalla de shot peening. Por ejemplo, el plano puede requerir que se trate un componente del un tren de aterrizaje a un rango de intensidad de 0.012 a 0.015A usando S230 para una cobertura del 100%. La especificación podría incluso reducir el uso de granalla ASR (dureza regular: 45 a 52 HRC) o ASH (alta dureza: 55 a 62 HRC). Actualmente, dichas especificaciones se están mejorando para incluir un tipo de granalla opcional. Ahora se leerá la misma especificación, 0.012 a 0.015A usando S230 o CCW 28, reduciendo, a veces, el margen para permitir el uso de AWCR (dureza regular: 45 a 52 HRC) o AWCH (alta dureza 55 a 62 HRC). Al ser un tipo de granalla relativamente nueva en comparación con la granalla de fundición, el cut wire (condicionado) es un producto estirado en frío, cortado en piezas cilíndricas y acondicionado (redondeado) bombardeándolo contra un bloque de acero. Este proceso redondea los bordes afilados; intentando de ese modo eliminar el posible daño debido a los bordes afilados. La longitud de la porción cilíndrica es la misma que el diámetro del cilindro. Esto da como resultado una forma casi esférica después del acondicionamiento. Los dibujos que exigen el uso de CW también especifican el nivel de acondicionamiento, como CW acondicionado, CW doblemente acondicionado o CW especialmente acondicionado. Los estándares VDFI8001 (Deutsche) clasifican esto como G1, G2 y G3. La evaluación de dichos niveles de acondicionamiento es visual y el comité de estándares de AMS continúa explorando formas de cuantificarlos.

En comparación con el CW, la granalla de acero fundido es un material martensítico templado fabricado por atomización, en agua, de acero fundido y enfriamiento por aire o agua. Después de la atomización, el producto se analiza varias veces y se trata con calor para lograr el rango de dureza deseado.

Algunas creencias comunes en nuestra industria incluyen:

- La granalla de acero fundido se rompe rápidamente y no es adecuada para shot peening.
- El CW dura más que la granalla de acero fundido.
- El CW no puede dañar el sustrato de la pieza, ya que no se fractura como la granalla de acero fundido.
- La transferencia de energía de impacto (y los niveles de tensión residual resultantes) es mejor con CW que con la granalla de acero fundido.
- El CW es más caro que la granalla de acero fundido.

¿QUÉ DETERMINA LA DURABILIDAD?

Intentemos, primero, comprender las diferentes especificaciones relacionadas con estas granallas. El principal atributo de cualquier granalla de shot peening es su capacidad de transferir energía de impacto de manera efectiva y repetida. Este atributo está determinado en gran medida por los componentes químicos de la granalla. Para profundizar sobre este tema, consulte " *The Critical Role of Metallic Shot in Achieving*

Consistent Shot Peening Results " (The Shot Peener, otoño de 2017).

En la Tabla 1 se enumera, en porcentaje, la composición química de los dos tipos de granalla según los documentos AMS y SAE J.

	AMS 2431/1 & /2	SAE J827	SAE J441	AMS 2431/3 & /8
Porcentaje	ASR & ASH Cast Shot	High-Carbon Cast Steel Shot	Cut Wire Shot	AWCR & AWCH Cut Wire Shot
Carbono	0.80 to 1.20	0.80 to 1.20	0.45 to 0.85	0.45 to 0.85
Manganeso	1.20 max*	0.60 to 1.20	0.30 to 1.30	0.30 to 1.30
Silicio	0.40 to 1.50	0.40 min	0.15 to 0.35	0.15 to 0.35
Fósforo	0.050 max	0.05 max	0.040 max	0.040 max
Azufre	0.050 max	0.05 max	0.050 max	0.050 max

Tabla 1

* min contenido en Mn en base al tamaño

Como se ve en la Tabla 1, la composición química de ambos tipos de granalla es comparable en su mayor parte, con algunas excepciones menores. El requisito de contenido de carbono es menor con el CW que en la granalla de acero fundido. En general, un contenido de carbono más bajo hará que la granalla absorba la mayor parte de la energía del impacto, dejando menos para el efecto del shot peening. Sin embargo, también se podría argumentar que un mayor contenido de carbono podría hacer la granalla frágil y susceptible a fracturas. En general, el contenido de carbono en ambos tipos de granalla establece un equilibrio entre lo positivo y lo negativo. El silicio (Si), en porcentajes más altos, aumenta la durabilidad y actúa como un agente desoxidante. El mayor porcentaje de Si en la granalla de fundición en comparación con el CW debería reducir cualquier preocupación sobre la pérdida de durabilidad debido a su mayor contenido de carbono.

En resumen, si analizáramos la química para determinar la durabilidad, estaríamos comparando productos similares.

En el caso de CW, todo el material vendido comercialmente cumple con los estándares SAE, AMS y VDFI. El material SAE o de grado industrial, en lo que a la granalla de acero fundido se refiere, se usa comúnmente en aplicaciones de limpieza. Sin embargo, cuando no se indica específicamente en el requisito, no es raro encontrarse con un usuario que utilice también material de grado SAE para el shot peening. Un vistazo rápido a la Tabla 1 nos muestra una composición química comparable entre SAE y AMS. Las diferencias en los dos grados tienen más que ver con el tamaño (tolerancia de la granulometría), la tolerancia de forma y los rangos de dureza. La Tabla 2 enumera esas diferencias específicas.

**Tabla 2: Comparación de especificaciones –
SAE & AMS para granalla de acero fundido**

Característica / Defecto	SAE J827 (J444 para tamizado)	AMS 2431-1
Forma Partícula	≤ 5%	La espec. Indica formas marginales y rechazadas – tolerancia más estrecha que la J827
Hueca	≤ 10%	≤ 15%
Estirada	≤ 10%	≤ 15%
Grietas	≤ 15%	≤ 15%
Microestructura	≤ 15%	
Tamizado		Más exigente que SAE J444

Huelga decir que la granalla de fundición de grado AMS pasa por varias fases de producción adicionales para mantener la conformidad, lo que lleva a un precio más alto en comparación con el material de grado SAE.

DUREZA, DURABILIDAD Y FRACTURA

El Dr. Yoshihiro Watanabe, presidente de Toyo Seiko Co. Ltd. en Japón, presentó un documento en la Cuarta Conferencia Internacional sobre Shot Peening, en octubre de 1990 en Tokio, Japón. Su trabajo explicaba el efecto de las partículas de granalla rotas, en el granallado. Él clasificaba el "shot peening fuerte" como el shot peening con flechas Almen mayores que 0.7 mmA (0.0275" A) para aumentar la vida útil de los componentes tratados térmicamente, típicamente engranajes de transmisión automática diseñados para transmitir potencia de motores de alto rendimiento. Citando un aumento del 25% al 30% en la resistencia a la fatiga con el shot peening fuerte en comparación con el shot peening convencional, el estudio del Dr. Watanabe tomaba en consideración dos muestras de granalla, con diferente dureza, HV 550 y HV 700 (55 y 66 HRC). —Aunque no indicase las especificaciones exactas de las granallas A y B— extrajo las siguientes conclusiones además del aumento de la resistencia a la fatiga citado anteriormente:

- i) El bombardeo de alta energía requerido para desarrollar una mayor intensidad (0.7 mmA) y la correspondiente vida de fatiga también resultó en un mayor número de partículas rotas. Esto fue más evidente con la muestra de granalla de mayor dureza.
- ii) Una granalla más dura, aumentó la dureza superficial de la muestra.
- iii) Las tensiones residuales generadas fueron comparables para las granallas de menor dureza y significativamente diferentes para las granallas de mayor dureza.
- iv) Con la granalla de menor dureza, ninguna de las muestras alcanzó una cantidad perjudicial de material roto, pero eso no era cierto en las granallas de mayor dureza. La granalla B, de alta dureza, se desintegró en una mayor cantidad de partículas más pequeñas, lo que condujo a resultados de shot peening dispersos que contribuyeron a una calidad de shot peening menos que deseable.

Aunque la identidad de las granallas A y B no se conocen en este estudio, se puede concluir de los hallazgos del Dr. Watanabe que las partículas de las granallas de mayor dureza, aunque beneficiosas para aplicaciones específicas de alta intensidad, podrían conducir a una mayor rotura de partículas y no lograr la resistencia a la fatiga deseada. La mayoría de las máquinas de granallado funcionan con un tamizador en línea dimensionado para eliminar la granalla rota (por tamaño) y, a veces, un separador en espiral para separar partículas con bordes afilados. Además, nada puede reemplazar la inspección regular de la forma y calidad de la granalla fuera del proceso principal. Entonces, ¿el CW realmente dura más que la granalla acero fundido?

Continué esta discusión con Michael Konecny, responsable de calidad de Ervin Industries. Ervin es un proveedor de calidad, de granalla de grado SAE y AMS. El Sr. Konecny explicó la lógica y algunas correcciones sobre los mitos en nuestra industria que rodean la granalla de acero fundido. "Casi todas las aplicaciones de limpieza por ahí utilizan material de grado SAE, sin prestar mucha atención a la certificación, hasta que ven resultados comparativos cuando probamos esas granallas en nuestro laboratorio. Las especificaciones se han formulado por alguna razón y su cumplimiento dará como resultado granallas que tengan una durabilidad predecible, particularmente para abordar los problemas encontrados por el Dr. Watanabe en su investigación. Por supuesto, las partículas rotas nunca son buenas, especialmente en proyectos críticos de shot peening". El Sr. Konecny agregó: "Todo el material AMS fabricado en Ervin pasa por múltiples niveles de acondicionamiento y separación en espiral (para eliminar las partículas no redondas) antes de que certifiquemos que cumple con la normativa AMS".

Como proveedor de granalla de acero fundido, Ervin realiza regularmente estudios comparativos de granalla de acero fundido con granalla CW, con los siguientes resultados. A continuación se presenta un resumen de dos pruebas recientes.

Dada la naturaleza del proceso, no es posible generalizar y abogar por el uso de un tipo de granalla sobre el otro en términos de durabilidad y costo-beneficio. Todos los demás aspectos son iguales, el usuario final tiene que tomar la determinación de la elección óptima.

Granalla	Durabilidad %	Energía Transmitida
S330M (47 a 56 HRC)	78% de CCW35	103.1% de CCW35
S390M (47 a 56 HRC)	85% de CCW47	91.2% de CCW47

En términos de energía transmitida, el cálculo se realizó en una máquina de prueba Ervin que genera una velocidad de 61 m/s. En una máquina de producción, esta velocidad puede aumentarse incrementando la velocidad de la turbina o la presión del aire (en una máquina neumática) para aumentar la energía transmitida hasta el valor límite, para un determinado tamaño de granalla.

La granalla de acero fundido se romperá, por el contrario el CW que se desgasta a un tamaño más pequeño. En última instancia, ambos tipos de granalla que ya no están dentro de la tolerancia/especificaciones deben eliminarse de la máquina de shot peening utilizando elementos de control de proceso (tamizadores, ...).

ACONDICIONAMIENTO, TENSIONES RESIDUALES Y FRACTURA DE LA GRANALLA

No hay duda de que un producto estirado en frío, en ausencia de los huecos y otras imperfecciones observables en las granallas fundidas, se desgastará de manera diferente debido a su proceso de fabricación. Toyo Seiko me proporcionó la documentación de su comparativa entre CW y granalla fundida donde se podía observar a la CW con una durabilidad significativamente mayor que la afirmada Ervin para su granalla de fundición. Su investigación también reveló, de manera interesante, que la resistencia a la fatiga

desarrollada por ambas granallas era comparable, excepto en la de alta dureza, tal y como se vio en el estudio citado anteriormente. Encontré más investigaciones presentadas por el Advanced Remanufacturing Technology Center en Singapur comparando AWCR 14 y ASR 110. Valida que los valores de tensión residual eran de hecho comparables incluso con los tamaños más pequeños de las granallas, pudiendo pues escalar la comparativa. El alambre cortado, en su forma "as cut", tiene bordes afilados y es fundamental que el acondicionamiento se realice de manera efectiva. Dicho esto, aparte de la inspección visual aleatoria, no existe un proceso cuantitativo para determinar el grado de condicionamiento y el porcentaje de granalla que ha sido acondicionada. Además, no hay pruebas suficientes que demuestren que la granalla CW no se fracture. Es imperativo que la granalla CW esté 100% acondicionada para evitar el riesgo de la existencia de partículas con bordes afilados en un lote nuevo de CW. Esto es de mayor relevancia cuando se trabaja con granallas de menor tamaño donde el diámetro tiene que coincidir con la longitud del cilindro para un control de tamaño adecuado.



Una muestra de granalla CW acondicionada, podría incluir algunas particular cilíndricas insuficientemente acondicionadas

La granalla de acero fundido, falla por fractura. Sin embargo, esta rotura se da en la última parte de la vida de la partícula de granalla y después de un apreciable desgaste de su diámetro. Con esto, la granalla fracturada podría permanecer en su máquina hasta que se desgaste a un tamaño en el que el tamiz la descarte por demasiado pequeña. Es difícil predecir si, en el ínterin, esta granalla rota, con su borde parcialmente afilado (en lugar de una abolladura suave prevista), podría dañar el componente tratado dada la naturaleza relativamente aleatoria del lanzamiento de la granalla desde la turbina o la boquilla. Además, la magnitud del impacto de una partícula rota es probablemente demasiado pequeño como para causar daños en la superficie.

En otras palabras, ambos tipos de granalla tienen sus fortalezas y debilidades. Actualmente, con los hornos de vacío sustituyendo a aquellos de atmosfera controlada, debido a las menores emisiones de CO2 de los primeros, las piezas que se producen tienen una dureza superior a 62 HRC. Es posible que exista un nicho de mercado que requiera granalla de alta dureza que garanticen una dureza mayor que este valor. El CW de muy alta dureza, podría ser la respuesta en ese mercado sobre la granalla de dureza H que proporciona una dureza mínima de 60 HRC sin un límite superior.

RESUMEN

Las aplicaciones de shot peening tienen diferentes variables y una solución no abordará todo. Las variables no solo están en las opciones sobre las granallas, sino también en el tipo de equipo y el proceso. El análisis químico de dos granallas diferentes, ambas acordes a las especificaciones, podrían llevarnos a resultados ligeramente diferentes, es por lo que las especificaciones le darán un rango objetivo sobre un

valor finito. Tenga en cuenta la información de nuestro análisis y determine qué solución funcionará mejor para usted. Después de todo, esa es la razón por la cual las especificaciones no han descartado un tipo de granalla como ineficaz y le dan a Ud. la opción de seleccionar.



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



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