



Uddeholm Dievar – Los nuevos límites de rendimiento

Es de naturaleza humana atenernos a lo que sabemos y ya nos es conocido. Pero si nunca forzáramos el límite de lo que podemos alcanzar, no progresaríamos.

Creemos en la mejora y el desarrollo continuo, por eso somos capaces de fabricar acero para herramientas capaz de alcanzar nuevos límites de tenacidad y rendimiento nunca antes vistos, le estamos hablando del nuevo **Uddeholm Dievar con 25 Joules**. (Imagen 1)

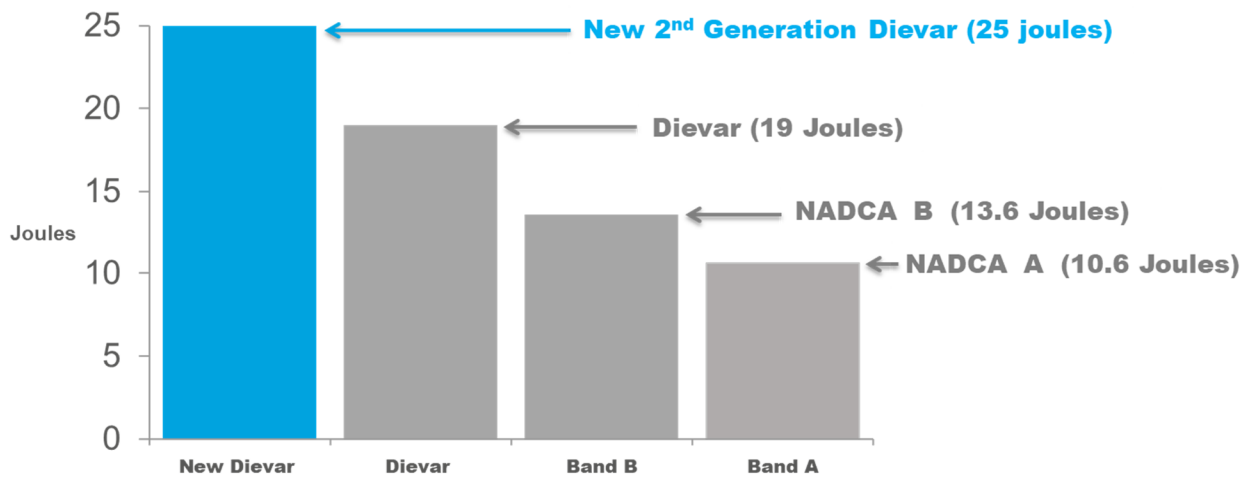
Este nuevo desarrollo de acero para herramientas le brinda el equilibrio perfecto entre la tenacidad y las soluciones de verificación de calor (choque térmico) para fundición inyectada de alta presión y otras aplicaciones.

Este nuevo acero para herramientas ofrece:

- Mayor calidad de las piezas inyectadas para todo el rango de medidas más comunes
- Menores costes de producción
- Mayor vida útil de la herramienta
- Excelente resistencia al choque térmico
- La mejor tenacidad de su clase según NADCA (North American Die Casting Association)
- Desarrollado para moldes de grandes dimensiones e insertos

Este acero desarrollado para la industria de automoción, en especial, para los nuevos vehículos eléctricos y elementos estructurales de alta resistencia, está certificado por la nueva norma NADCA #207-2018.

Si existe un acero como este con mayor rendimiento ¿por qué los moldistas, fundidores y OEMs de fundición inyectada todavía escogen calidades de acero AISI H13 y AISI H11? ¿Pueden estos aceros de mediados del siglo pasado realmente ayudar a resolver los problemas a los que se enfrentan hoy en día los usuarios finales, comparados con Dievar? ¿Qué problemática supone la fabricación de nuevas piezas estructurales y de e-mobility que conlleva el auge de vehículos híbridos y eléctricos? ¿Hay similitudes entre los mecanismos de fallo de los componentes estructurales y de e-mobility con los de la automoción tradicional?



La imagen 1 muestra el considerable aumento de tenacidad

Los nuevos límites de los componentes estructurales

Para responder a todas esas preguntas, primero debemos identificar los principales mecanismos de fallo en los insertos de moldes. Hay 4 fallos principales en fundición inyectada (Imagen 2) que tienen lugar en todas las plantas de HPDC del planeta: **erosión, adhesión del aluminio sobre el utillaje, choque térmico y grandes roturas**. Según nuestra experiencia, le podemos asegurar que el mecanismo de fallo más común es el choque térmico. Puede variar de una fundición a otra, pero el choque térmico representa el 80% de todos los mecanismos de fallo.

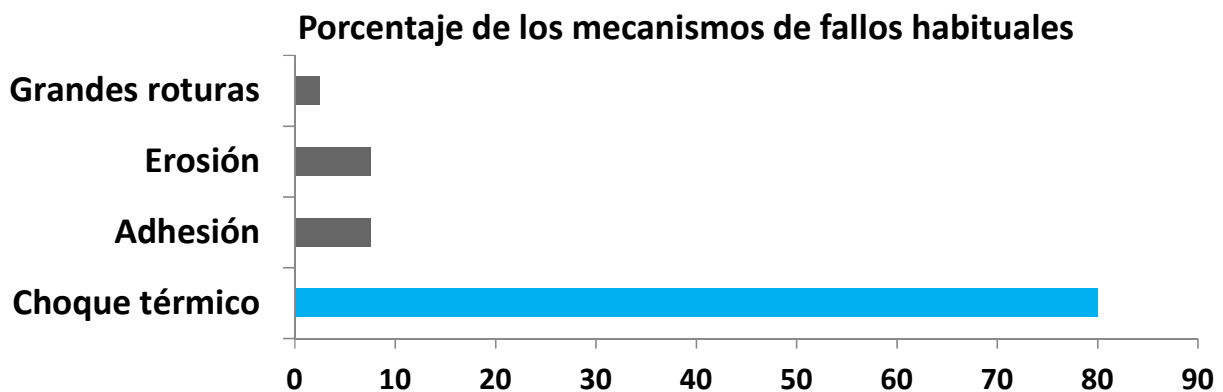
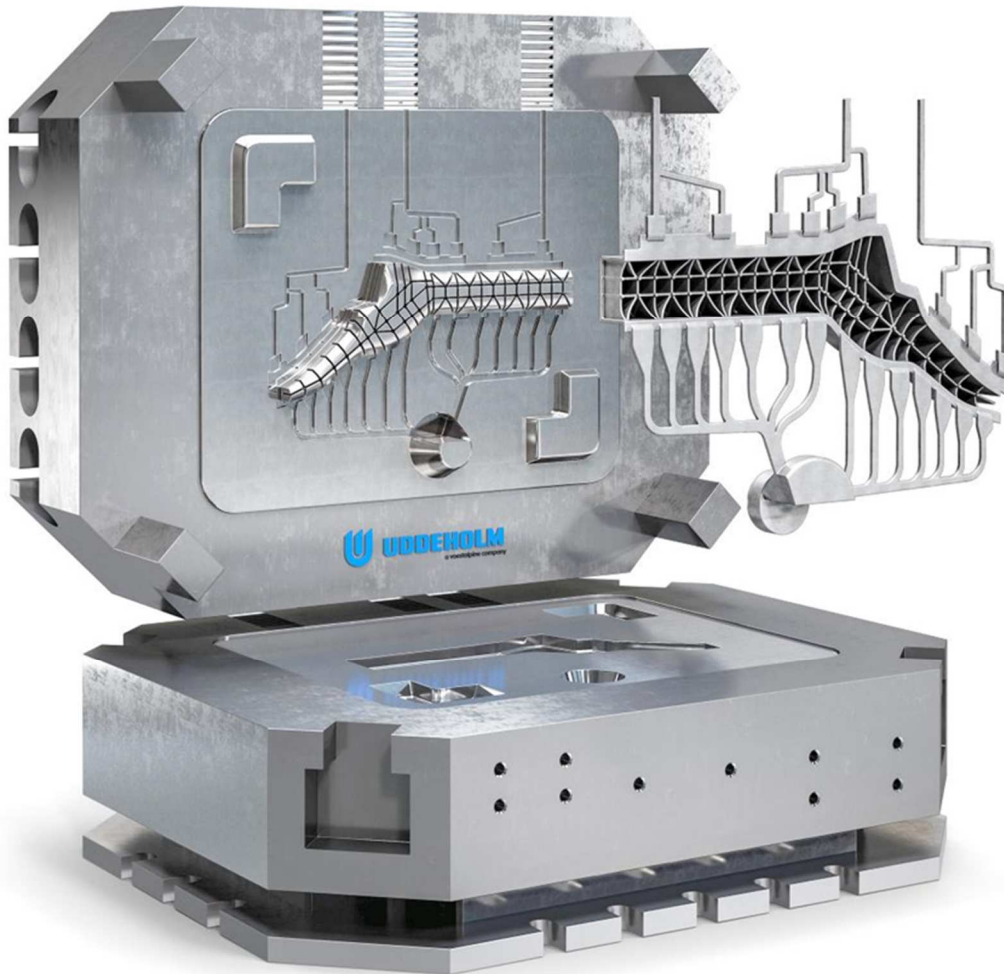


Imagen 2 – gráfico de la incidencia de los mecanismos de fallo más habituales en fundición inyectada

¿Qué sucede con las nuevas áreas de crecimiento en la fundición inyectada de alta presión con los nuevos componentes estructurales y de los vehículos e-mobility? ¿Tienen los mismos mecanismos de fallo? Sí, los tienen y el choque térmico aparece más rápidamente y con más contundencia que en los componentes de fundición tradicionales. Por lo general, un molde fabricado con acero H13 para el tren motriz (*powertrain*) debe garantizar de 80 mil a 150 mil inyectadas (según el diseño y la presión ejercida), pero en las piezas estructurales, el número de inyectadas puede llegar a estar por debajo de las 75 mil, como es el caso de algunas producciones de largueros delanteros, en las que el número de inyecciones se ha situado por debajo de las 30 mil debido a un diseño y geometría de alta complejidad. En otros casos se han originado grietas prematuras al haber utilizado un acero para el molde sin las propiedades adecuadas y con un proceso de control insuficiente. Pero estos casos de rendimiento deficiente no se limitan exclusivamente a los moldes de largueros delanteros ya que todos los componentes estructurales suelen tener un diseño complejo que fuerza a los aceros más básicos y convencionales al límite de sus posibilidades.

¿Dónde está la raíz del problema? Si analizamos el puente estructural y su molde en la Imagen 3, podemos ver que tiene una superficie muy grande del molde que alberga secciones de dimensiones muy variadas: de muy estrechas a muy gruesas. Como este componente de fundición inyectada formará parte del conjunto de componentes estructurales del vehículo, es importante que la inyección sea lo más óptima posible para evitar porosidades y otros

defectos internos. También se debe tener en cuenta que las velocidades de inyección suelen ser muy altas para poder rellenar todo el molde lo más rápidamente posible, así como la necesidad de disponer de más puntos de inyección en un molde de un componente estructural que en un molde del tren motriz (*powertrain*) habitual, ¡en el molde de la Imagen 3 hay 14 puntos de inyección! Estos factores se traducen en una generación adicional de calor en los puntos de inyección que, en combinación con el ciclo de altas temperaturas y refrigeración, generan altos valores de fatiga térmica o de choque térmico.



En la imagen 3 podemos ver el desafío que supone este tipo de molde: grandes superficies, secciones estrechas y geometrías complejas

Muchos de estos componentes estructurales son elementos críticos en la seguridad del vehículo y, si deseamos que el vehículo se comporte adecuadamente ante un impacto, el panel no debe presentar marcas de agrietamiento. El daño generado en el molde por el choque térmico puede clasificarse como un área potencial de futuro agrietamiento y, por lo tanto, ser un grave problema para estos componentes estructurales. La tendencia en la producción de componentes de cada vez mayores dimensiones se traduce en un aumento de las dimensiones de los insertos. En algunos diseños no es posible realizar insertos ni juntas ya que, cuanto más grande sea el inserto, ¡mayor es el riesgo de rotura! El acero a utilizar no solo debe tener la capacidad de solucionar el choque térmico, también debe ser tenaz y dúctil.

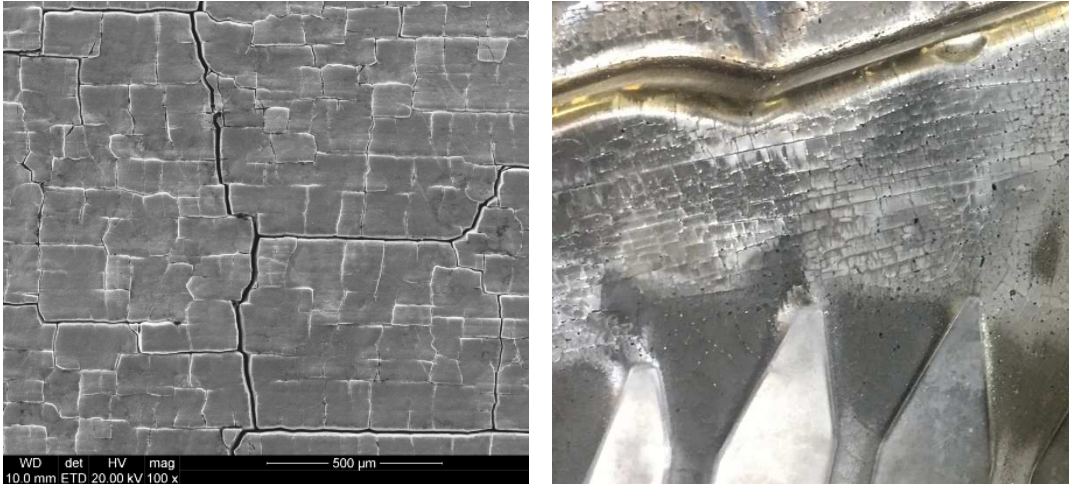
El choque térmico y los aceros para herramientas habituales

En aplicaciones como la fundición inyectada de alta presión, se originan grandes diferencias de temperatura en la superficie del molde durante el ciclo de fundición. La diferencia entre los valores máximos y mínimos de temperatura genera tensiones en el acero que podrán ocasionar agrietamientos por fatiga que, posteriormente, se convertirán en roturas.

Una mayor diferencia de temperatura en combinación con una producción a pleno ritmo aumentará la fatiga térmica del molde traduciéndose en menor vida útil del molde. El patrón de choque térmico que se genera en la superficie

de la herramienta del molde se refleja mediante marcas que reducirán la calidad estética y la tolerancia de las piezas fabricadas.

Si los canales de refrigeración (cooling channels) del molde son ineficientes y el enfriamiento se aplica directamente sobre la superficie del molde, se generarán roturas rápidamente. Un mal diseño de los canales de refrigeración generará grandes diferencias de temperatura y de tensiones en el molde que darán rápidamente paso a agrietamientos.



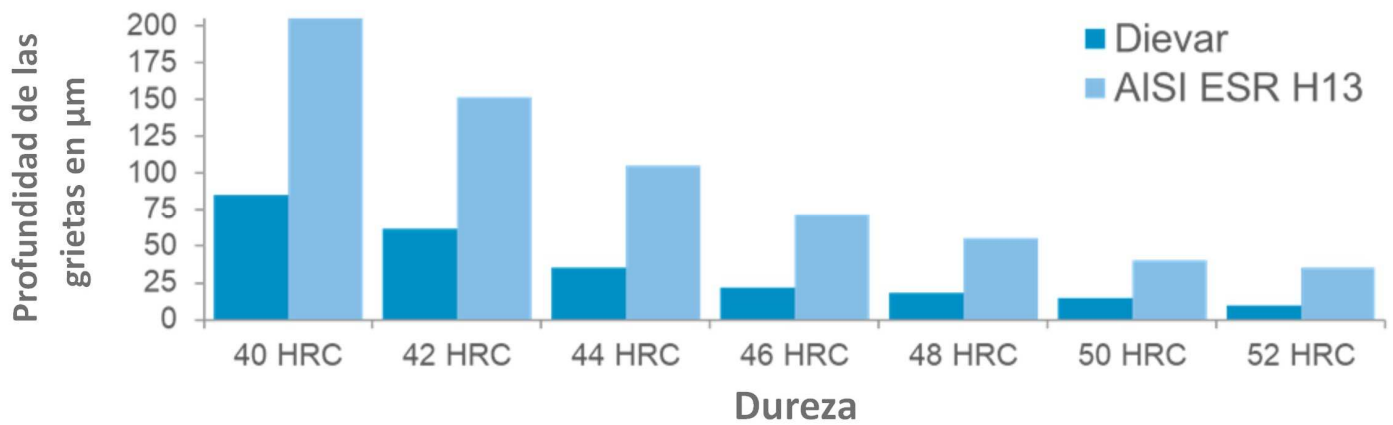
La imagen 4 muestra los efectos del choque térmico bajo microscopio (izquierda) y a simple vista (derecha) en un molde real

En la Figura 4 podemos apreciar el daño habitual originado por el choque térmico en la superficie de un molde mediante microscopio (100x) y a simple vista. Para minimizar el riesgo que conlleva este mecanismo de fallo, es importante disponer de un acero con las propiedades adecuadas. Por ejemplo, disponer de mejor conductividad térmica comportará una reducción de las diferencias de temperatura y, por lo tanto, menores tensiones en el molde. Adicionalmente, es recomendable tener buena resistencia al temple ante la pérdida de dureza para prevenir a la superficie del material de la pérdida de dureza originada por la exposición a altas temperaturas. También es importante disponer de altos valores de ductilidad para así evitar el riesgo de formación de fisuras. Con todos estos factores en mente, el material también debe tener buena tenacidad, tanto a temperatura ambiente como a altas temperaturas, para así reducir el riesgo de formación de grietas.

El acero H13 es más aleado que el acero H11 y, por lo tanto, el H13 presenta una ligera mejora en su resistencia a la pérdida de dureza y resistencia en caliente gracias a la precipitación de carburos finos en su aleación. Esta característica se puede apreciar en algunas producciones en las que su resistencia al choque térmico es algo mayor que la del acero H11, pero no significativamente. El acero H11 tiene menor contenido en Vanadio, lo cual permite reducir el riesgo de formación de carburos primarios y ofrecer mayor tenacidad y ductilidad. Como resultado, el acero H11 tiene mejor tenacidad que el H13. Pese a todo, la diferencia entre ambas calidades no es significativa al compararse con aceros como el tratado en este artículo.

La mejor solución para el choque térmico

¿Es Uddeholm Dievar la solución al choque térmico? Las experiencias de nuestros clientes y los diversos ensayos y casos prácticos llevados a cabo han demostrado que ofrece excelentes resultados al compararse a los aceros H11 y H13 cuando el choque térmico es el principal mecanismo de fallo. Los ensayos en laboratorio han demostrado que tiene mejor resistencia al choque térmico en profundidad que los aceros premium H13, tal como se puede apreciar en la tabla de la Imagen 5, donde se muestra la diferencia en la profundidad de las grietas al compararse con el acero H13 con los mismos niveles de dureza.

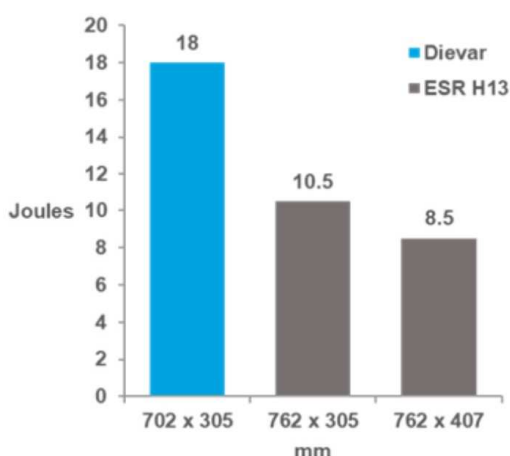


La imagen 5 ilustra el aumento de resistencia ante el agrietamiento por choque térmico al compararse con el acero premium H13

Las propiedades más importantes de un acero para tener buena resistencia al choque térmico son la resistencia al revenido, el límite elástico en caliente, la resistencia a la fluencia, la ductilidad y tenacidad. El nuevo acero supera a los aceros premium H13 en todas estas propiedades. La ductilidad y tenacidad son características especialmente importantes debido a las grandes diferencias que se aprecian en esta área. Son necesarios altos valores de tenacidad para proteger el molde de fallos irreversibles y, en este aspecto, el nuevo acero es la mejor solución al disponer de 25 Joules (mínimo / promedio), ofreciendo al usuario del molde la tranquilidad tan necesaria en producción. También es importante disponer de altos valores de ductilidad al permitir retrasar la aparición de fisuras. Ensayos recientes con el acero a 44-46 HRC sin entalla han ofrecido valores de impacto de más de 400 Joules. La alta ductilidad y tenacidad también facilitan el uso de valores de dureza más elevados, lo cual contribuye a la mejora de su resistencia al choque térmico.

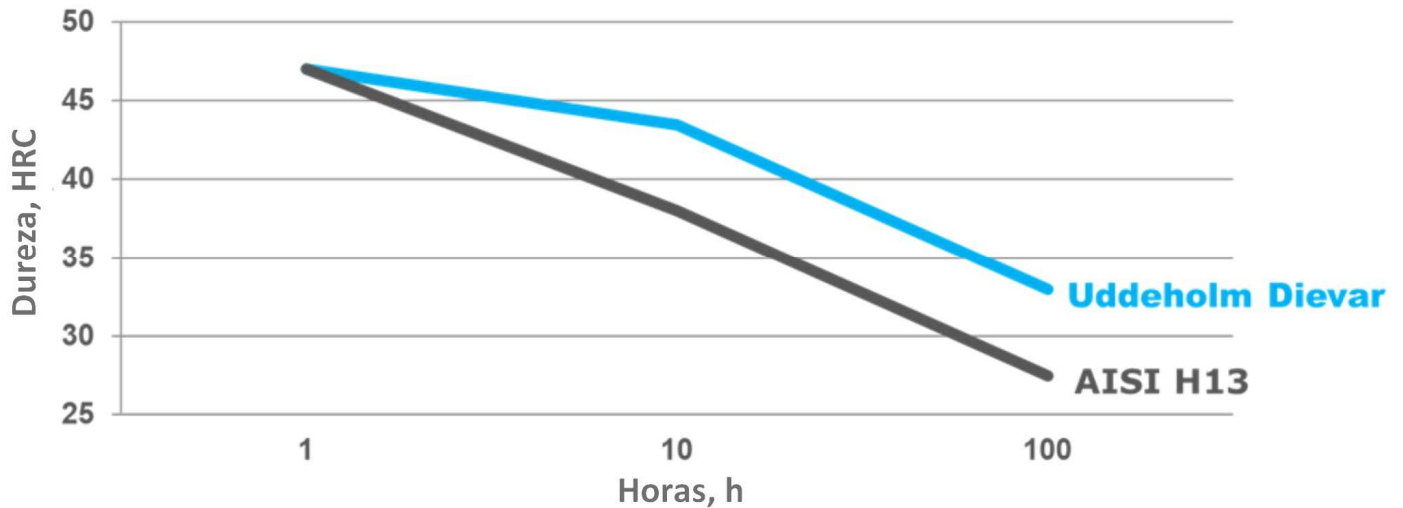
Diversos clientes nos han pedido recientemente realizar ensayos con el nuevo Dievar por encima de 44/46 HRC para ver cuán tenaz es en comparación con los aceros ESR H13 de alta calidad. Esos clientes han reconocido que si se aumenta la dureza también aumenta la resistencia al choque térmico, pero eso conlleva reducir la tenacidad. Los ensayos mostraron como el nuevo acero a 51 HRC (Imagen 6) tiene más tenacidad que los aceros ESR H13 con dimensiones similares. Si está pensando en aumentar la dureza de su molde, le recomendamos escoger el acero adecuado para obtener el mejor nivel de rendimiento de su utillaje.

Comparación de tenacidad - 51 HRC



La Imagen 6 muestra como con mayor dureza también es más tenaz que el acero premium H13

El límite elástico en caliente, la resistencia al revenido (Imagen 7), la resistencia a la fluencia, la conductividad térmica y expansión térmica, son propiedades que dependen de la composición química del acero. Este acero ofrece resultados superiores en todas estas áreas, principalmente relacionadas con su alto contenido en Molibdeno en combinación con el contenido en Vanadio.



La Figura 7 ilustra una de las múltiples ventajas de su composición química en comparación con el acero H13 para hacer frente al choque térmico y su resistencia superior ante la pérdida de dureza

Su ductilidad y tenacidad reflejan la calidad de este acero y de su proceso de producción. Es de remarcable importancia la cadena de producción necesaria para garantizar su calidad, desde la fundición inicial, el proceso ESR (Electro slag remelting) hasta la forja/laminación y tratamiento térmico. Especialmente importante es el proceso ESR, que ofrece como resultado un acero de la mayor pureza, homogeneidad y propiedades en todas las direcciones del bloque. El proceso ESR consiste en la refundición de un lingote de acero convencional a través de un baño fundido en el que se forma un nuevo lingote más puro con propiedades superiores.

Los hornos ESR de Uddeholm AB están equipados con atmósfera de gas protectora y atmósfera de gas presurizado que mejoran el nivel de limpieza del proceso y permiten incrementar las propiedades del acero. Después de la refundición, el nuevo lingote se somete a forja para obtener una estructura más sólida, dúctil y de grano fino. Un proceso posterior de tratamiento térmico termina de aportarle mejor calidad al acero.

El nivel de pureza del acero tiene una incidencia directa en la ductilidad. Las inclusiones no metálicas, los carburos primarios y la red de carburos gruesos secundarios tienen un impacto negativo en la ductilidad del material. Por otro lado, observamos como la tenacidad se ve afectada negativamente por una microestructura con contenido de granos de gran tamaño, precipitaciones en los límites del grano y por la presencia de bainita y perlita. Cuando este acero se desarrolló, el objetivo fue mejorar la ductilidad, tenacidad, templabilidad y resistencia al choque térmico de los moldes.

Hoy en día vemos una creciente demanda de esta calidad en diferentes dimensiones, algo que nadie podría haber imaginado cuando se desarrolló originalmente, llegando a utilizarse para moldes de hasta 18 toneladas (Imagen 8). En bloques de estas dimensiones, hemos fabricado acero con hasta 28 Joules y dimensiones de grano fino de ASTM 7 y superiores.



La imagen 8 muestra hasta que dimensiones se puede fabricar

Aun así, disponer del mejor acero no es una garantía para hacer frente a los problemas de choque térmico. Debemos situar también el foco en otros factores críticos como el diseño del molde, la fabricación de este, el tratamiento térmico, tratamiento de superficie y los parámetros de fundición. Si su molde presenta problemas de choque térmico al utilizar aceros H11 o H13, escoger el acero adecuado puede ser el punto de inflexión para mejorar la vida de su molde, tal como muestra el caso de estudio de la imagen 9.

Choque térmico - caso práctico

- Ensayo: molde de 4 cavidades
- Uddeholm Dievar utilizado en 2 cavidades
- ESR H13 utilizado en el lado opuesto
- Estudio realizado después de 95.000 inyecciones

El aumento de rendimiento al utilizar Uddeholm Dievar es evidente, ¿a qué se debe?

	AISI H13	Uddeholm Dievar
Dureza	44 - 46 HRC	44 - 46 HRC
Resultado	Alto choque térmico	Sin choque térmico



La imagen 9 ilustra el caso práctico de un cliente que utilizó dos aceros en su producción con el choque térmico como principal problema