

Pensado para el rendimiento de fundición por láser

Los nuevos esquemas ópticos para sistemas de fundición por láser selectivos proporcionan un control de las condiciones de proceso del láser más uniformes. El enfoque dinámico del haz ofrece nuevas posibilidades para un control de enfoque más preciso en toda la placa de montaje y en condiciones térmicas variables.

Principios básicos de la fundición por láser

Los sistemas de fusión por láser selectivos enfocan un pequeño punto láser que calienta el polvo metálico hasta que se licúa y crea un pozo de soldadura. Este pozo de soldadura se desliza por la mesa de las capas de polvo, donde la 'cola' se solidifica rápidamente al retirar la energía láser, creando una estructura soldada resistente totalmente compacta.

La cantidad de energía aplicada y la velocidad a la que se desplaza el pozo de soldadura se ajustan minuciosamente a las características de cada aleación metálica y al espesor de la capa que se está fundiendo. Este proceso exige el control del punto de soldadura, de forma que la densidad energética y la energía total que se transfiere al polvo sea uniforme.

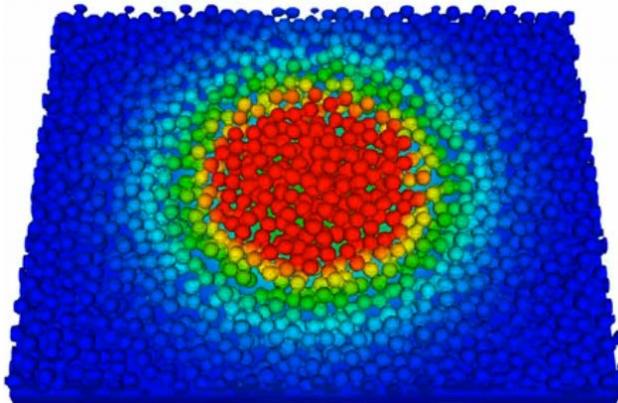
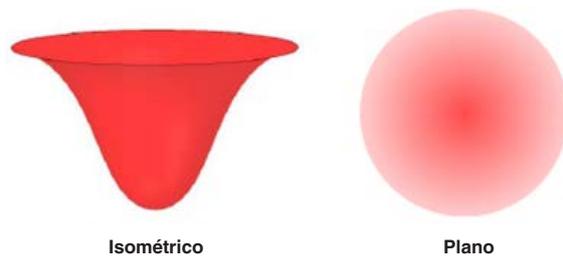


Imagen anterior: los granos de polvo se calientan en el punto láser y el calor se conduce hacia el material contiguo

El enfoque del rayo láser es, por tanto, crucial para el rendimiento del proceso de fusión. Se necesita un rayo láser con un enfoque nítido para crear el efecto térmico correcto. Una posible pérdida del enfoque dirigirá la energía al material fuera de la zona de fusión programada, por tanto, podrían producirse errores dimensionales o un acabado de superficie imperfecto. Si el desenfocado es tan importante como para aumentar sustancialmente el tamaño del punto, la fusión podría ser incompleta, con propiedades de material variables en el componente terminado.

El reto del enfoque

Un rayo láser idóneo tiene un perfil de intensidad gaussiano, de forma que alcanza la máxima intensidad en el centro del rayo y se reduce en los bordes.



Se emplean lentes ópticas para enfocar el rayo, desde unos pocos milímetros de diámetro del orificio de salida de la fibra, al paso estrecho en la intersección con la placa de montaje. A medida que el rayo se aleja de este punto focal, el área de sección transversal del rayo aumenta, alcanzando el doble del tamaño mínimo en una distancia a lo largo del rayo denominada distancia Rayleigh (Z_R en el diagrama siguiente):

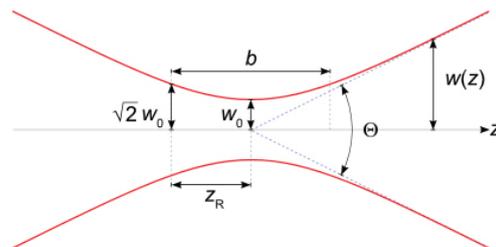
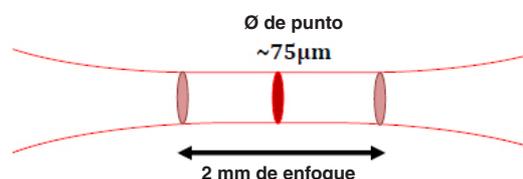


Imagen de Wikipedia

La distancia Rayleigh es proporcional al cuadrado del diámetro del paso estrecho e inversamente proporcional a la longitud de onda del láser. Cuanto más estrecho es el diámetro del paso (recomendable para construir piezas detalladas) más corta es la distancia Rayleigh, por tanto, el sistema, tiene más capacidad para enfocar con precisión. Si el enfoque es impreciso y se encuentra a una distancia Rayleigh del punto focal real, el área del punto se duplica y la densidad de energía se reduce en un 50%.

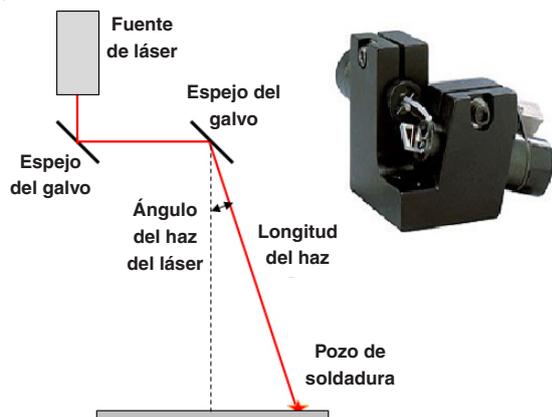
En una máquina de fusión por láser de Renishaw con un paso estrecho de 75 micras de diámetro y 1.070 nm de longitud de onda, la distancia Rayleigh es de varios mm. Por supuesto, reducir la densidad de energía a la mitad nos aleja de las condiciones de procesamiento óptimas para la mayoría de materiales, por tanto, en la práctica, el rango de enfoque admisible sería de ± 1 mm:

Por consiguiente, nuestras ópticas deben mantener el enfoque en este rango mientras el punto láser cruza la placa de capas.



Posición y enfoque del galvanómetro láser

La mayoría de los sistemas de fusión por láser utilizan sistemas de espejos galvanométricos ('galvo') para dirigir el rayo láser a distintas posiciones en la placa de capas de polvo. Un par de espejos se colocan sobre el centro de la placa y, a continuación, dirigen el rayo en una serie de ángulos compuestos a las posiciones XY necesarias de la placa de fabricación.

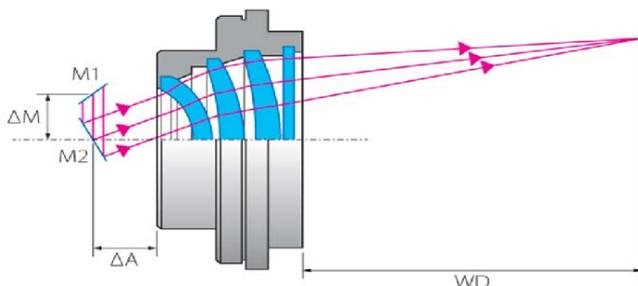


Por tanto, el rayo debe recorrer distintas distancias antes de incidir en la placa, dado que estos ángulos varían. Cuanto más alejado está el pozo de soldadura del centro de la placa, más larga es la ruta desde los espejos del galvo hasta la placa.

Es decir, la distancia focal del rayo láser se debe modificar corrigiendo el ángulo del rayo. Puede hacerse de dos formas: sistemas F-theta pasivos y sistemas de enfoque variable dinámico.

Sistemas F-theta

Renishaw utiliza un sistema F-theta en su máquina AM400. El sistema dispone de un conjunto de objetivos multi-elemento que enfocan un haz incidente en un plano. La distancia focal de las lentes F-theta varía con el ángulo en el que el rayo entra en el elemento enfocado. Se trata de mantener una distancia de trabajo (WD) constante en toda la zona de incidencia de los ángulos del haz:



Los sistemas F-theta tienen un diseño de control pasivo sencillo, que permite el funcionamiento a alta velocidad. No obstante, tienen algunas limitaciones de diseño cuando se utiliza alta potencia láser:

- Para evitar luz parásita en el ensamblaje, se emplean recubrimientos antirreflectantes, pero estos pueden aumentar la temperatura hasta un 0,3% de potencia incidente en cada superficie. Sumado a la absorción de las lentes, podría suponer una generación de 10 W, con el correspondiente aumento de potencia láser. La variación de temperatura en el ensamblaje de las lentes puede derivar en un cambio de la distancia focal.
- Puesto que la distancia focal es una función del ángulo de incidencia, la posición de los espejos del galvo relativa a las ópticas F-theta es fundamental. Cualquier variación en este campo que, de nuevo, puede provenir de una variación de temperatura, podría desenfocar el láser.
- Por último, las máquinas multi-láser necesitarían varios sistemas F-theta, que aumentarían el coste y la complejidad del sistema.

Sistemas de enfoque dinámico

Los sistemas dinámicos utilizan una lente mucho más pequeña en la trayectoria del haz de los espejos del galvo, que se mueve en relación a la ubicación del origen, haciendo posible un cambio en la distancia focal del sistema óptico. Renishaw utiliza ahora este método de control de enfoque en su nueva máquina RenAM 500M, equipada con un láser de 500W.

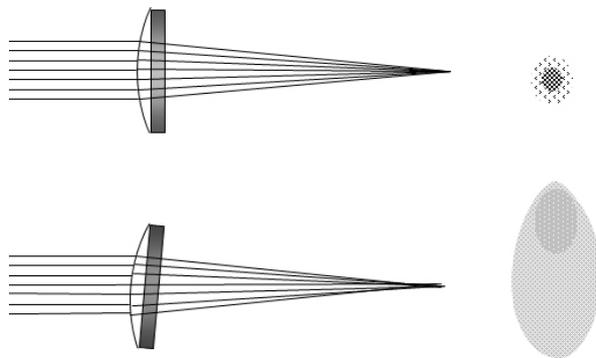


Este movimiento controlado de la lente corrige el cambio de distancia focal, casi parabólico, necesario mientras el sistema del galvo escanea el haz sobre la placa. Esto aporta algunas ventajas importantes:

- Los cambios de distancia focal son controlados por el servo, por consiguiente, las posibles distorsiones detectadas provocadas por el sistema de escaneo pueden asignarse a la demanda de posición de la lente.
- Se crea un control de enfoque programático completo: si es necesario, se puede desenfocar el láser deliberadamente para crear efectos de procesamiento distintos.
- Puesto que ya no existen las limitaciones del rígido montaje de las lentes, es posible adaptar el enfoque a las condiciones actuales, controlando los efectos térmicos al impactar el flujo de calor en la estructura de la máquina durante el proceso.
- Con menos elementos ópticos y recubrimientos antirreflectantes, los sistemas de enfoque dinámico reducen la generación de calor no deseada.

- La información de los servos de enfoque puede guardarse con las posiciones del galvo para aumentar la trazabilidad del proceso.
- Comparados con los sistemas F-theta, los sistemas de enfoque dinámico son compactos y rentables, por tanto, son más prácticos para la ampliación de sistemas multi-láser.

Son, además, imprescindibles para controlar la alineación de la lente de enfoque con el eje óptico, para garantizar el enfoque y el posicionamiento preciso del punto láser. Los pequeños errores de alineación pueden provocar un desenfoque significativo, por tanto, el sistema óptico debe someterse a un control de alineación y control térmico minucioso para evitarlos.



Resumen

La fabricación de alta calidad requiere consistencia, control y trazabilidad. El control minucioso de la distancia focal es crucial para obtener un rendimiento de fusión por láser uniforme y productivo.

A medida que los sistemas de FA son más sofisticados y funcionan a mayores potencias con varios láseres, el enfoque dinámico es cada vez más práctico.

Acerca del autor

Marc Saunders, director de aplicaciones de FA

Marc Saunders tiene más de 25 años de experiencia en fabricación de alta tecnología. En puestos anteriores en Renishaw, desempeñó un papel fundamental en el desarrollo de la galardonada plataforma de mecanizado automático RAMTIC de la empresa, y ha facilitado soluciones completas de metrología a clientes del sector aeronáutico.

Marc gestiona la red global de Centros de Soluciones de fabricación aditiva de Renishaw, que permite a los clientes interesados en desarrollar la FA como proceso de producción obtener experiencia práctica con la tecnología antes de comprometerse con un nuevo proyecto.

www.renishaw.es/additive