



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 266 847**

⑤① Int. Cl.:
B08B 7/00 (2006.01)
G21F 9/00 (2006.01)

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- ⑧⑥ Número de solicitud europea: **03748307 .0**
⑧⑥ Fecha de presentación : **26.09.2003**
⑧⑦ Número de publicación de la solicitud: **1542813**
⑧⑦ Fecha de publicación de la solicitud: **22.06.2005**

⑤④ Título: **Tratamiento superficial del hormigón.**

③⑩ Prioridad: **26.09.2002 GB 0222341**

④⑤ Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.03.2007

④⑤ Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.03.2007

⑦③ Titular/es: **BNFL (IP) Limited**
Risley, Warrington
Cheshire, WA3 6AS, GB

⑦② Inventor/es: **Brown, Stephen C.N.;**
Spencer, J.T.;
Benjamin, A.W. y
Thomas, T.G.

⑦④ Agente: **Durán Moya, Carlos**

ES 2 266 847 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Tratamiento superficial del hormigón.

Sector técnico al que se refiere la invención

La presente invención se refiere a la eliminación de la parte superficial de estructuras no metálicas inorgánicas, en particular estructuras de hormigón, básicamente pero no exclusivamente, con el objetivo de eliminar contaminación radioactiva de las capas superficiales.

Antecedentes técnicos

En la industria nuclear, las superficies de estructuras de hormigón pueden quedar contaminadas con radionucleidos. Entre los contaminantes habituales se comprenden el óxido de uranio, óxido de plutonio, estroncio-90, cesio-137 y cobalto-60. Típicamente, esta contaminación se encuentra presente solamente en una capa superficial del hormigón. Estas capas pueden tener de 1 a 4 mm o más de grosor. Al eliminar estas capas superficiales, el grado de contaminación superficial y de la estructura como conjunto se puede reducir notablemente. No obstante, los métodos simplemente mecánicos pueden ser poco apropiados para su utilización, en caso de que el potencial de contaminación hace deseable que el operario se encuentre alejado de la superficie sobre la que tiene de actuar.

Se conocen diferentes técnicas para la eliminación de la capa superficial de hormigón, piedra o superficies similares. Uno de dichos métodos es el tratamiento térmico de la superficie, a efectos de degradar dicha superficie y liberar una capa superficial.

El documento JP 3002595 describe la eliminación de una capa superficial de hormigón por trituración, debido al calor generado por utilización de microondas para irradiar una capa superficial contaminada.

El documento GB 2316528 describe un proceso para descontaminar una superficie utilizando un haz de láser pulsante. Los láseres pulsantes emiten energía muy elevada en impulsos muy cortos. El documento describe impulsos con duraciones de 28 ns y una tasa máxima de repetición de 250 Hz (es decir, un impulso cada 4 ms), por lo tanto el tiempo entre impulsos es aproximadamente de 140.000 veces el de la duración de dicho impulso. Estos impulsos de alta energía tienen frecuentemente densidades de potencia máxima por impulso que son del orden de varias decenas de MW/cm², pero que solamente duran el tiempo del impulso. Estas elevadas densidades de potencia máxima dan lugar a procesos de ablación, tales como vaporización, sublimación o formación de plasma, para realizar la eliminación de una capa superficial muy delgada. Los procesos de láser en forma de impulsos se caracterizan porque el intervalo de tiempo entre los impulsos cortos de energía muy elevada es de varios órdenes de magnitud mayores que la duración de cada impulso. Esto proporciona una intensidad de energía instantánea muy elevada durante el corto periodo de cada impulso, pero una densidad de potencia más baja cuando la potencia de salida es objeto de promedio continuo a lo largo del tiempo.

El documento EP-A-0653762 describe un método, designado desbaste ("scabbling"), de modificación del hormigón por expulsión de fragmentos superficiales sólidos, copos o lascas de material de dimensiones significativas (por ejemplo, varios gramos) y volumen sensible, provocando por lo tanto la eliminación de una capa superficial. En el método descrito, se utiliza un láser que es escaneado sobre la super-

ficie en una exploración de tipo rejilla ("raster"). En este método, la energía de la luz de láser calienta la superficie y provoca que fragmentos de la superficie se separen por rotura o por ser expulsados, frecuentemente de forma violenta, debido a la generación de vapor o esfuerzos térmicos por debajo de la superficie. Este último fenómeno de expulsión de fragmentos superficiales sólidos, lascas o copos de material por utilización de láser es conocido en esta técnica como desbaste("scabbling") por láser.

No obstante, se ha observado que algunas superficies, incluyendo algunos tipos de hormigón que tienen áridos en la misma, si bien pueden ser sometidas satisfactoriamente a desbaste por láser en una primera exploración del láser sobre la superficie, puede no producirse el efecto de desbaste, o lo puede hacer solamente con rendimiento reducido, en áreas que se encuentran dentro a una primera pista o guía objeto de exploración, o adyacente a la misma, cuando se somete a irradiación de láser en un tratamiento subsiguiente de la misma área o en una zona adyacente sometida a escaneado.

Características de la invención

De acuerdo con la presente invención, se da a conocer un método para el tratamiento de una superficie no metálica, inorgánica, para la eliminación de una parte superficial por desbaste ("scabbling"), tal como se ha especificado en la reivindicación 1.

Los lugares en los que se aplica el láser en la manera secuencial antes mencionada se pueden definir por los centros de los puntos de luz láser incidente. Estos lugares se pueden solapar. La geometría de cada punto de luz láser en el lugar de aplicación sobre la superficie puede ser circular, ovoide, elíptica, rectangular o cuadrada, dependiendo de la forma del haz de láser emitido y de cualesquiera modificaciones del mismo por los elementos ópticos involucrados.

El láser utilizado para el desbaste ("scabbling") por láser tiene una salida sustancialmente continua, en vez de tener forma de impulsos, si bien el láser puede ser opcionalmente desconectado durante periodos de movimiento del sistema de aplicación del láser entre las localizaciones superficiales.

Los puntos de luz de láser tienen, de manera típica, varias decenas de mm de diámetro en el punto de aplicación de la superficie, y cada punto se mantiene estacionario en lugar de la superficie sometida a tratamiento, durante un periodo de tiempo comprendido entre unos segundos y decenas de segundos antes de que el láser sea desplazado al punto de aplicación siguiente.

El método de la invención de desbaste por láser utilizando puntos frecuenciales de luz de láser reduce significativamente la creación de áreas tratadas por luz de láser que resisten frecuentemente otros tratamientos de desbaste por láser, en comparación con otros métodos conocidos de aplicación de luz láser de potencia sustancialmente continua. Además, el método tiene como resultado una superficie sometida a desbaste por láser más plana que en otros métodos conocidos de desbaste por láser.

El método de la invención de desbaste por láser utilizando varios puntos secuenciales de luz de láser requiere una densidad de potencia promedio en la superficie del punto de aplicación, es decir, por cada punto, de una luz láser superior a 30 W/cm² o un valor aproximado y por debajo aproximadamente de 200 W/cm². Por encima de una densidad de potencia pro-

medio de 200 W/cm² aproximadamente, el hormigón puede mostrar desbaste superficial durante un corto periodo de tiempo, pero ello resultará habitualmente en la fusión de la matriz de hormigón, lo que impide la continuación del desbaste. Por debajo de una densidad de potencia promedio de 30 W/cm² la intensidad de energía umbral que proporciona la tasa de calentamiento suficiente para provocar el desbaste, es difícil que pueda ser alcanzada.

Una gama de densidad de potencia promedio preferente para desbaste por láser, de acuerdo con la invención es de 50 W/cm² a 150 W/cm². Una densidad de potencia promedio por punto de luz láser que se observa que produce un desbaste óptimo es del orden de 100 W/cm². La densidad de potencia promedio óptima precisa que se utiliza dependerá de las características de la superficie a desbastar, tal como el tipo de hormigón, reflectividad, etc.

El término de densidad de potencia promedio se refiere a potencia promedio sobre el área de un punto de luz de láser. Esto contrasta con la densidad de potencia como promedio a lo largo del tiempo, a la que no se hace referencia.

El desbaste de una superficie de hormigón por un haz de láser de potencia sustancialmente continua se puede comparar con el tratamiento de una superficie mediante un láser pulsante del tipo utilizado típicamente en procesos de corte, y los resultados que se consiguen como resultado son significativamente distintos. Cuando se efectúa el desbaste por aplicación del láser continuo al elemento de superficie sometido a tratamiento durante un tiempo de varios segundos o decenas de segundos, el calor tiene tiempo suficiente, y por lo tanto tiene la oportunidad, para difundirse por debajo de la superficie y constituir los esfuerzos y/o vapor en un volumen apreciable de material, con el resultado de la expulsión de fragmentos sólidos, lascas o copos de material de dimensiones significativas. No obstante, cuando se utiliza un sistema ablativo, es decir, de corte, de tipo pulsante, a causa de la reducida duración de los impulsos de láser (de nano segundos a milisegundos) con respecto tanto al intervalo entre los impulsos como al tiempo necesario para que el calor se difunda por debajo de la superficie del hormigón, la introducción de energía por los impulsos cortos es de duración insuficiente para calentar el hormigón por debajo de una capa superficial muy delgada. Por lo tanto, no se pueden conseguir esfuerzos mecánicos ni formación de vapor dentro de un volumen significativo de material por debajo de la capa superficial, y por lo tanto no puede tener lugar el efecto de desbaste por expulsión de fragmentos sólidos, lascas de material o copos del mismo.

La energía facilitada a una superficie por punto por la luz incidente en el desbaste por láser, que utiliza un láser de intensidad sustancialmente constante, está comprendida aproximadamente entre 200 y 1350 J/cm², en comparación con unos 0,7 J/cm² para un sistema ablativo con un láser pulsante. El tiempo a lo largo del cual se facilita la energía de un punto de luz de láser en el desbaste por rayos láser es del orden de 1 a 30 segundos en la presente invención. El tiempo equivalente para sistemas ablativos utilizando el láser pulsante es típicamente del orden de 20 ns.

La densidad de potencia de un punto típico de luz láser requerido para el desbaste en la forma prevista en la presente invención, que es de decenas o cientos de W/cm², es de varios órdenes de magnitud menor

que la requerida para procesos ablativos tales como los típicos para tratamientos de láser pulsante que son del orden de varias decenas de MW/cm².

La utilización de procesos ablativos de láser pulsante se considerarían frecuentemente como desventajosa para la eliminación de contaminantes radioactivos, dado que la creación de plasmas o la vaporización o sublimación de contaminantes conduciría a la dispersión adicional de contaminantes por vía aérea. El desbaste ("scabbling") evita estos problemas porque se expulsan de manera forzada fragmentos superficiales sólidos, lascas o copos propiamente grandes (desde mm hasta cm) de una superficie sometida a desbaste, y se pueden recoger fácilmente utilizando métodos de recogida de sólidos, tal como extracción de aire y filtros.

No obstante, se han encontrado problemas en la técnica anterior con la eliminación de parte de la superficie mediante desbaste por láser, los cuales están asociados con una distribución de potencia no uniforme, por ejemplo, casi-Gausiana, en el punto del haz láser, y en particular con presencia de zonas de densidad de potencia reducida de una luz láser incidente sobre una superficie a tratar. La parte de un haz de luz láser incidente sobre la superficie que se encuentra por encima de una densidad de potencia crítica o umbral, capaz de producir el efecto de desbaste, provoca de manera efectiva el desbaste de la superficie. Cualquier parte de un haz del láser incidente, usualmente una parte periférica, que se encuentra por debajo de dicho nivel de densidad de potencia, es decir, una parte que no somete a una parte superficial sobre la que incide a una densidad de potencia superior a un valor crítico, no da lugar a eliminación de la capa superficial por desbaste, pero el elemento de superficie sometido a tratamiento, no obstante, se calienta. Este calentamiento sin desbaste puede provocar una serie de procesos en el material, tales como la relajación, deshidratación y cambios químicos. Estos procesos pueden tener como resultado que la superficie afectada por el calor no pueda ser ya objeto de eliminación superficial subsiguiente mediante desbaste por láser, incluso en el caso de que el tratamiento subsiguiente se encuentra por encima de la densidad de potencia umbral para conseguir dicho desbaste. Ello es efectivo como mínimo cuando se utiliza luz láser de manera que la eliminación de la capa superficial tendría lugar por desbaste, es decir, por expulsión de lascas superficiales, en vez de corte o ablación.

Además, una distribución de potencia no uniforme en el haz de láser incidente sobre una superficie puede tener como resultado una eliminación diferencial de la capa superficial por desbaste entre partes de superficie en las que inciden una densidad más elevada y más baja de láser, estando ambas por encima de la densidad de potencia umbral. Por esta razón, cuando se efectúa el escaneado o guiado lineal de un haz de láser a velocidad constante sobre una superficie a efectos de producir su desbaste, se puede producir un surco o canal con lados inclinados en una superficie por un haz de rayos láser escaneado, que choca perpendicularmente en una superficie. Un intento subsiguiente de desbaste adyacente a dicho surco por un haz similar perpendicular puede tener como resultado que la luz láser choca sobre la parte de superficie inclinada, con el resultado de una menor densidad de potencia incidente en el área de la superficie inclinada. Los lados inclinados pueden tener provocar por lo

tanto que una densidad de potencia que, por otra parte, es suficiente; resulte insuficiente, es decir, se encuentre por debajo de la densidad de potencia umbral, o que produzca un desbaste de menor cantidad de material superficial a causa de la densidad de potencia reducida y, por lo tanto, menor rendimiento de dicho desbaste. Como resultado, una superficie en su conjunto, una vez sometida a desbaste con utilización de luz láser, puede resultar irregular.

Además, los procesos de desbaste por láser pueden provocar el desprendimiento explosivo de fragmentos superficiales de un material objeto de tratamiento, tal como en el desbaste de hormigón. Para superar los peligros potenciales de metralla para el láser y la óptica asociada al mismo los haces de láser pueden ser enfocados a través de una abertura relativamente pequeña antes de desenfocarlos para formar la zona o punto sobre el que se actúa. Una corriente a alta velocidad de aire puede ser también expulsada a presión desde esta abertura a efectos de impedir la entrada de desperdicios. Estos enfoques y desenfocos pueden servir para implementar la divergencia de un haz de láser, debido a que la superficie a tratar está alejada del foco e inducir o incrementar la difusión de densidad de potencia dentro de un punto de luz láser incidente.

La utilización de puntos o zonas secuenciales, particularmente puntos solapados, de luz láser para el desbaste de la superficie se ha observado que reduce la proporción de la superficie tratada, que es tratada por partes periféricas de un haz láser, es decir, en el que se inhibe el desbaste porque la densidad de potencia del láser no alcanza el umbral para provocar el desbaste en el tiempo apropiado, y que puede por lo tanto inhibir adicionalmente la eliminación de la capa superficial. De modo sorprendente, se ha observado que, si bien el área sometida a densidad de potencia de haz láser incidente más baja, es decir, una densidad de potencia por debajo de un umbral crítico, se incrementa utilizando el método de la invención, en comparación con un haz láser escaneado linealmente, la eficacia de la eliminación de capa superficial se incrementa, y de ello resulta una superficie desbastada de manera más regular.

Las localizaciones sobre la superficie radiada por puntos de luz láser sucesivos se pueden disponer según un modelo geométrico definido por los respectivos centros de los puntos de luz láser incidente.

El centro de un punto de luz láser incidente puede ser definido como centro geométrico que puede ser también la zona de mayor densidad de potencia de un punto incidente de luz láser.

El modelo geométrico antes mencionado puede corresponder a esquinas de figuras geométricas simples, tales como triángulos, rectángulos, rombos, pentágonos, hexágonos y similares. La figura geométrica simple es preferentemente un triángulo equilátero. Las figuras geométricas simples pueden ser acoplables, es decir, para acoplarse entre sí exactamente para cubrir una superficie sin intersticios entre las figuras.

La extensión del solape de localizaciones de solape irradiadas por puntos de luz láser puede ser tal que, para un dibujo geométrico determinado, tiene lugar la cobertura completa del área dentro del dibujo durante un ciclo de tratamiento, es decir, no existe área que, durante la utilización del método, no esté expuesta a luz láser entre los lugares en los que se aplican los puntos de luz láser.

Los puntos de luz láser pueden ser ovoidales. Los puntos de luz láser pueden ser elipsoidales. Los puntos de luz láser pueden ser cuadrados o rectangulares. Los puntos de luz láser pueden ser circulares, en cuyo caso, la anchura del punto de láser es su diámetro. Esta anchura se puede definir como diámetro del punto que supera el nivel de densidad de potencia umbral para el desbaste. En una realización del método de la presente invención, la distancia entre los centros de los lugares irradiados por puntos de luz láser se encuentra en una gama de 4/7 a 6/7, y preferentemente 5/7 (71%) del diámetro del punto medido como el diámetro del punto que supera el nivel de densidad de potencia umbral para el desbaste.

Se define un punto de luz láser como área de luz láser incidente sobre una superficie, cuya luz láser se encuentra por encima del nivel de densidad en potencia umbral para provocar el desbaste.

En una realización de la presente invención, que utiliza un láser de salida variable YAG hasta de 4 kW de potencia, el diámetro de un área de una superficie sobre la que actúa el láser incidente puede estar comprendido entre 20 mm a 250 mm, y más preferentemente entre 30 mm a 130 mm. En esta realización, la anchura del punto de luz de láser que se encuentra por encima del nivel de densidad de potencia umbral para provocar un desbaste, puede ser de manera correspondiente de 30 a 80 mm, o de 50 a 75 mm en una gama de valores preferente. En general, se prefieren dimensiones de puntos más grandes dado que proporcionan resultados más reproducibles.

El intervalo de tiempo entre puntos sucesivos de luz láser puede encontrarse típicamente entre 0,1 s y 2 s. El intervalo de tiempo entre cada punto sucesivo de luz láser aplicado puede ser sustancialmente igual.

El tiempo de irradiación de un lugar superficial para cualquier punto determinado de luz láser puede encontrarse típicamente entre 1 s y 30 s. El tiempo de irradiación para cada punto sucesivo de luz láser aplicada puede ser sustancialmente igual.

La duración de irradiación de un lugar superficial para cualquier punto determinado puede ser más larga que el intervalo de tiempo entre puntos subsiguientes de luz láser, preferentemente más de 5 veces mayor, y más preferentemente 10 o más veces mayor.

La proporción de la duración del tratamiento de punto con respecto al intervalo de tiempo entre puntos de tratamiento sucesivos, en el caso de desbaste por láser, es por lo tanto de más de un millón de veces más que un valor típico para un láser pulsante, tal como se describe, por ejemplo, en el documento GB 2316528. El retraso de tiempo entre puntos adyacentes cuando se utiliza el método de la invención viene determinado básicamente por la velocidad transversal del dispositivo de aplicación del láser, tal como un brazo robot. Opcionalmente, el láser puede permanecer conectado durante el movimiento transversal. En el caso de un sistema láser pulsante, el retraso entre impulsos, típicamente menos de 0,005 s, es necesario para permitir que el láser "se cargue" y para que la potencia llegue al nivel requerido.

La densidad de potencia promedio que se requiere en el método de la invención para producir resultados óptimos del desbaste para una superficie de hormigón basada en cemento Portland es del orden de 100 W/cm², basándose en puntos secuenciales de luz láser, utilizando un punto de diámetro de 70 mm y un tiempo de tratamiento de 15-20 s por punto en un láser

3 kW YAG. La densidad de potencia promedio utilizada aumentará cuando se utilizan puntos más pequeños, y puede llegar a ser el doble cuando se utiliza un punto de diámetro de 40 mm de luz de un láser equivalente, con la disminución correspondiente del tiempo de tratamiento hasta aproximadamente 3 s. La densidad de potencia promedio óptima y duración escogidas para un punto de luz láser representan un compromiso entre la proporción del área superficial del punto que se encuentra por encima de la densidad de potencia umbral para desbaste, la velocidad de retirada de la capa superficial que se desea y la eficacia que se desea para dicha retirada (por ejemplo, sin fusión o sin creación de áreas adyacentes potencialmente resistentes al desbaste), entre otros factores.

Se puede utilizar cualquier método adecuado para la creación de puntos individuales de luz láser para la irradiación láser. Un haz de láser continuo puede ser interrumpido por un obturador o el haz puede ser activado y desactivado. Se pueden utilizar más de una fuente de rayos láser.

Cualquier método adecuado para desplazar los puntos individuales de luz láser, con respecto al material objeto de desbaste, puede ser utilizado, incluyendo el desplazamiento del láser, desplazamiento del objeto a desbastar, desplazamiento de un conducto de luz láser (tal como cable de fibra óptica) o la utilización de métodos ópticos, tales como espejos y similares. Se encuentra opcionalmente dentro del ámbito de la invención el desplazar el haz sin desactivarlo, a una velocidad tal que el haz tiene un tiempo de permanencia despreciable entre puntos individuales de luz láser en proporción al tiempo de tratamiento para cada punto, de manera tal que se crean, de manera efectiva, puntos incidentes individuales sucesivos de luz láser.

Los puntos de radiación de luz láser a utilizar en la invención pueden tener una densidad de potencia irregular dentro del área de un punto.

Una fuente de luz láser a utilizar en la invención puede tener de manera típica, una potencia continua total de 0,5 kW a 4 kW. A pesar de ser opcionalmente desconectado durante el movimiento entre puntos, esta potencia es facilitada de manera sustancialmente constante a lo largo del tiempo. Por lo tanto, el láser no es un láser pulsante en el sentido utilizado en el sector técnico de la tecnología láser.

Una densidad de potencia de umbral para la eliminación de capa superficial por desbaste de hormigón, puede encontrarse típicamente en una gama de 50 W/cm² a 80 W/cm² dependiendo de la superficie a tratar, es decir, un valor aproximadamente de 70 W/cm².

La potencia del láser, las dimensiones del punto de luz láser incidente, y el tiempo de permanencia del punto de luz láser están interrelacionados y para cualquier superficie determinada se optimizarán a efectos de conseguir la eliminación de capa superficial más eficaz. Las interrelaciones de los factores anteriormente mencionados son controladas por leyes físicas establecidas, conocidas por los técnicos en la materia.

Una fuente láser adecuada puede ser un láser de granate de itrio y aluminio (YAG), un conjunto láser de diodos o un láser de fibra. Los haces de fuentes de luz láser a utilizar en la invención pueden tener una densidad de potencia no uniforme en sección transversal.

Se puede obtener una gama de diferentes profundidades de retirada de la capa superficial en una pasada única de una serie de puntos de haz láser. Un solo punto de tratamiento puede eliminar entre 1 y 30 mm de material en el punto más profundo. No obstante, esta profundidad no será permanente sobre cada punto de tratamiento, mostrando, de manera típica, una geometría de tipo cráter, particularmente con un desbaste más profundo. Se ha observado que se pueden conseguir, utilizando el método de la invención, profundidades de eliminación de hormigón aproximadamente de 1 a 30 mm.

Múltiples pasadas, comprendiendo cada una de ellas un dibujo de puntos de luz láser, se pueden aplicar una después de otra a una superficie para conseguir una mayor profundidad de eliminación de capa superficial, al retirar varias capas de material de manera secuencial. El dibujo de puntos de luz láser para irradiaciones subsiguientes se puede desalinearse con respecto a un dibujo anterior, es decir, los lugares irradiados pueden estar situados en los intersticios de dibujos de localizaciones anteriores.

El haz de rayo láser se puede transmitir a un cabezal de suministro por medio de un cable de fibra óptica. El haz de rayos láser se puede describir alternativamente como luz láser o radiación láser.

Un cabezal de suministro destinado a proyectar un haz láser sobre una superficie a tratar puede comprender óptica para enfoque, a efectos de enfocar el haz por un punto focal. La óptica puede comprender medios para cambiar la dirección de la luz láser en un ángulo recto. El haz y cualquier óptica se pueden proteger hasta el punto focal. La protección puede ser troncocónica. Después del punto focal, el haz puede ser divergente antes de chocar sobre la superficie a tratar. La superficie a tratar puede encontrarse a 270 mm del punto focal cuando se utilizan ópticas con longitud focal de 120 mm, proporcionando un punto de láser incidente de unos 70 mm de diámetro sobre la superficie a tratar.

Un equipo láser adecuado para llevar a cabo la invención es el suministrado por TRUMPF GmbH and Co. KG. de Stuttgart, Alemania. El cabezal de suministro del láser puede ser aplicado y guiado por un brazo robot.

El haz de rayos láser puede realizar la eliminación de la capa superficial por efecto de shock térmico. El método de la invención puede no realizar fusión o vaporización de la superficie tratada o realizarlo solamente de manera no apreciable.

El método puede comprender la etapa de humectación de la superficie a tratar antes de irradiación con el haz de rayos láser.

El método puede comprender una etapa de recubrimiento de la superficie a tratar antes de irradiación con luz láser. Se describen ejemplos de recubrimientos adecuados en el documento EP 0 653 762 A1.

La presencia de radionucleidos puede afectar la naturaleza del proceso de desbaste y la adsorción o absorción de radiación láser incidente.

El método de la invención puede típicamente ser utilizado para la descontaminación conjuntamente con extracción de humos, recogida de polvo o de sólidos y otros procesos de protección auxiliares para impedir la dispersión de contaminantes, en particular en caso de la radioactividad.

La superficie para tratamiento de acuerdo con el método de la invención es una superficie no metálica,

inorgánica, tal como hormigón, es decir, un cemento, por ejemplo, una matriz de cemento Portland que tiene en su interior un árido. La superficie puede comprender alternativamente piedra natural, tal como caliza, por ejemplo, o un material cerámico técnico, tal como un ladrillo.

Breve descripción de los dibujos

Para que la presente invención pueda ser comprendida de manera más completa, se facilitarán a continuación ejemplos a título solamente ilustrativo, haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

la figura 1 muestra una representación esquemática de la densidad de potencia sobre la anchura de un haz de láser;

la figura 2 muestra una representación esquemática de un punto de incidencia de luz láser;

la figura 3 muestra esquemáticamente un método conocido de desbaste por rayos láser, que comprende un haz de rayos láser de escaneado sobre una superficie a desbastar;

la figura 4 muestra esquemáticamente un ejemplo de un dibujo de puntos de luz láser para desbastar una superficie, de acuerdo con la invención;

la figura 5 muestra esquemáticamente un detalle del ejemplo mostrado en la figura 4, de un dibujo de irradiación de luz láser, de acuerdo con la presente invención, que se ha mostrado;

la figura 6 muestra esquemáticamente otro ejemplo de un dibujo de irradiación de luz láser sobre una superficie, de acuerdo con la presente invención;

la figura 7 muestra esquemáticamente otro ejemplo adicional de un dibujo de irradiación de luz láser sobre una superficie, de acuerdo con la presente invención; y

la figura 8 muestra una representación esquemática de un equipo de láser adecuado para su utilización en el método de la invención.

En las figuras adjuntas, las características iguales se han indicado con iguales numerales de referencia.

Descripción de realizaciones preferentes de la invención

Un haz de luz láser puede ser no uniforme en densidad de potencia a lo largo de la anchura de un haz. Una representación esquemática de densidad de potencia sobre un haz láser es la que se muestra en la figura 1. En la figura 1 se muestra un gráfico (2) con un eje "y" de densidad de potencia láser (I) y un eje "x" de distancia (d) a través del haz. La curva (4) describe una distribución de potencia de tipo casi Gaussiano, de la cual se puede observar que el haz de rayos láser tiene un área central (16) de la mayor densidad de potencia. La curva puede ser dividida en dos partes, definiéndose el límite intermedio por un nivel de densidad de potencia umbral (18). La parte (6) de la curva (4), por encima de este umbral de densidad de potencia, representa parte del haz láser capaz de dar lugar al desbaste de una superficie, representando a la parte por debajo (8) un área no capaz de dar lugar a desbaste de dicha superficie. No obstante, la parte (8) de baja densidad de potencia puede dar lugar a modificación superficial que hace a la superficie resistente a desbaste por pasadas subsiguientes de un haz láser, incluso si dicho haz subsiguiente tiene una densidad de potencia por encima del umbral (18).

La figura 2 muestra una representación de un haz láser de densidad de potencia irregular, tal como se ha descrito en la figura 1, cuando choca ortogonalmente sobre una superficie. La superficie, por ejemplo, una

superficie a desbastar, se ha representado, en este caso y en otros esquemas, por el plano del papel. El punto de luz láser (20) comprende un centro (12) con la mayor densidad de potencia y un área inmediatamente circundante (16) con densidad de potencia elevada. El punto central (12) y el área (16) forman parte del área (24), en la que la luz se encuentra por encima de una densidad de potencia umbral (18) para el desbaste. Hacia la periferia del punto de luz láser, el desbaste puede ser menos eficaz (es decir, se puede retirar una menor cantidad de material) hasta alcanzar un límite (14), que corresponde a la densidad (18) de potencia umbral para realizar el desbaste. Otra área (26) de baja potencia incidente existe entre el primer límite (14) y un límite externo nominal del haz, y se describe por la línea (28) más allá de la cual la potencia incidente por punto es muy baja, tal como la que puede ser debida, por ejemplo, a dispersión.

En la técnica anterior, un punto de luz láser incidente puede ser utilizado para el desbaste de una superficie, al desplazarse sobre dicha superficie según un dibujo de exploración en cuadrícula de tipo conocido (32). La figura 3 muestra esquemáticamente características (30) de este método. El punto láser incidente (20) se desplaza sobre la superficie en el dibujo de exploración de cuadrícula, trazado por el centro del punto (12), a lo largo de la línea (32). La superficie sobre la que choca la zona de densidad de alta potencia del punto y dentro del límite (14) es objeto de desbaste. La zona que recibe la densidad de potencia reducida del área de luz láser (26) no sufre desbaste, pero la superficie es modificada en forma variable por efectos tales como relajación, deshidratación y cambios químicos. Esto tiene lugar al atravesar el haz incidente (20) una primera trayectoria (37), dejando el área (38) del punto un área superficial (36) modificada pero no desbastada. Otra área superficial recorrida por la zona de densidad de baja potencia de la luz láser es recorrida también por la zona de densidad de alta potencia y, por lo tanto, sufre desbaste. Como consecuencia, el punto láser atraviesa una segunda trayectoria adyacente (39). La superficie que recibe la acción de la región (24') de alta densidad de potencia del punto (20'), en general, sufre desbaste. No obstante, el área superficial (36) resiste sustancialmente al desbaste, aunque reciba la acción de la región (24') de alta densidad de potencia de la luz láser incidente. Ésta es una desventaja significativa de la metodología del desbaste por láser actualmente conocida.

El método de la invención se refiere a un método mejorado para el tratamiento de una superficie a desbastar.

La figura 4 muestra un dibujo (40) de irradiación de punto para el desbaste de una superficie, de acuerdo con la invención. Un haz láser (no mostrado) choca momentáneamente como punto (20) de luz sobre una superficie de hormigón a desbastar (representada por el plano del papel) durante 15 segundos. El haz es desconectado, a continuación, el láser es desplazado, y un punto subsiguiente (20'') es irradiado, durante el mismo periodo de tiempo, en una posición adyacente. El haz es desactivado a continuación, y se irradia otro punto (20'''), sólo que se solapa con los puntos (20) y (20''). A continuación, otras localizaciones superficiales, indicadas por otros círculos, son irradiadas por puntos de luz láser. Un conjunto de localizaciones irradiadas por puntos de luz láser se constituye, por lo tanto, de la forma indicada. Esto se puede visuali-

zar identificando los centros de los puntos (12), (12''), (12''').

Uniendo los centros de dichos puntos de luz láser con líneas ideales (42) se define una forma geométrica, en este ejemplo, un triángulo equilátero (44). Este es un ejemplo de una forma geométrica simple, a la que se ha hecho referencia anteriormente.

En la figura 5 se han mostrado detalles de los efectos del desbaste, que se ha mostrado en la figura 4. Un punto inicial de luz láser (20) provoca desbaste en el área o zona (24). El área (26) de densidad de potencia por debajo de la densidad de potencia umbral para el desbaste puede empezar a modificarse, de manera tal que inhiba el desbaste. La luz del láser incidente se desplaza entonces a una segunda localización (20'') y se produce otra área (24') de desbaste. El área (24') comprende el área (52) y cualquier dificultad de desbaste debido a irradiación previa con el área (26) es superada con la potencia elevada, que es más alta cerca del centro (12''), área de incidencia de la luz láser (24'). El área relativamente pequeña que se ha indicado en (54) es irradiada adicionalmente con luz láser con baja densidad de potencia y puede resultar difícil de desbastar. No obstante, cuando el punto incidente de luz láser es desplazado a la localización (12'''), la pequeña área (54), potencialmente difícil de desbastar, está situada cerca de la parte (16) de mayor densidad de potencia del punto de láser (20''') y recibe una densidad de potencia incidente más elevada que la densidad de potencia umbral para desbaste presente en el límite (14'''). El método de irradiación de una superficie para desbaste, según el método de la presente invención, posibilita, por lo tanto, que la zona con densidad de potencia más elevada de un haz de láser incidente choque sobre la parte de la superficie a desbastar, que es más probablemente resistente a dicha operación de desbaste.

Dado que el desbaste de la superficie tiene lugar en cada punto, se extrae, por lo tanto, de manera sistemática, una capa de la superficie del hormigón. El material extraído puede ser expulsado con cierta fuerza o puede ser retirado por presión de aire, vacío o métodos alternativos, siendo recogido.

En utilizaciones alternativas del método de la invención, se pueden utilizar permutaciones alternativas de las secuencias de irradiación por puntos. Se muestran ejemplos de dichas secuencias en las figuras 6 y 7. En la figura 6 se ha mostrado un modelo de irradiación láser por puntos (60). El método comprende la irradiación de la superficie con puntos secuenciales de luz (20), (20''), y así sucesivamente, en una trayectoria lineal prolongada (62) para desbastar una línea a lo largo de la superficie. Una fila paralela similar (63)

de puntos de luz láser, desplazada aproximadamente por un radio de los puntos en dirección longitudinal desde la primera fila de puntos, es utilizada para desbastar la superficie. Se añaden otras filas, tales como la fila (64) para desbastar adicionalmente la superficie. Dado que los centros de los puntos de luz láser en otra fila (63) están situados cerca de las indentaciones (66) de una trayectoria adyacente (62), tiene lugar un desbaste regular de la superficie, proporcionando una superficie relativamente regular y concentrando la parte más eficaz de un punto láser para el desbaste en las regiones (66) o cerca de las mismas (ver las zonas combinadas -52- y -54-) con menor probabilidad de desbaste.

Otro dibujo de irradiación de una superficie con puntos de luz láser para llevar a cabo el desbaste es el que se muestra en la figura 7. Se utilizan puntos secuenciales de luz láser (20), (20'') y (20''') para irradiar la superficie a efectos de desbaste. La secuencia de puntos sigue la secuencia indicada por las líneas (70), (72), (74), (76) y describe un dibujo en espina de pez sobre la superficie objeto de desbaste. Esta variante del método de la invención tiene la ventaja de que las áreas (66) son irradiadas para su desbaste poco después de su creación por puntos de luz láser anteriores en la secuencia (-20-, -20''-, -20'''- etc.).

Una representación esquemática del equipo láser, adecuado para su utilización en el método de la invención, es la que se muestra en la figura 8. Una fuente (100) de luz láser emite luz láser que puede ser canalizada a lo largo de un canal de fibra óptica (102) a la óptica de enfoque (104). La óptica de enfoque comprende lentes que enfocan la luz láser a un foco (106). La luz láser es protegida por una protección tronco-cónica (108), de la que un extremo (110) rodea el punto focal de la luz láser. La protección sirve para proteger la óptica y otros componentes, y forma parte de una pantalla de protección general (no mostrada) del equipo. Se inyecta aire comprimido a elevada velocidad por el extremo de la protección (110) para impedir también la entrada de desperdicios, tales como humos y partículas. Fuera del equipo, la luz láser diverge (112) y choca sobre la superficie a tratar (114).

El equipo láser puede ser montado sobre un brazo de robot para su movimiento alrededor de una superficie a desbastar. De manera alternativa, un brazo de robot puede desplazar un cabezal láser para emitir luz láser sobre una superficie a desbastar, de manera que el cabezal es conectado a una fuente de láser estacionaria por un cable de fibra óptica. También se prevén otros medios de aplicación.

REIVINDICACIONES

1. Método para el tratamiento de una superficie no metálica, inorgánica, para la eliminación de una parte superficial por desbaste ("scabbling"), comprendiendo la secuencia repetida de etapas de irradiación de una primera localización determinada sobre la superficie con un punto estacionario de luz láser, que tiene una densidad de potencia promedio de 30 W/cm² hasta 200 W/cm² durante un periodo comprendido entre 1 segundo y 30 segundos, desplazando a continuación el punto de luz láser con respecto a la superficie (o viceversa) a efectos de irradiar una segunda localización separada sobre la superficie de la misma manera.

2. Método, según la reivindicación 1, en el que el intervalo de tiempo entre la irradiación de localizaciones sucesivas separadas sobre la superficie por la acción del punto de luz láser está comprendido entre 0,1 segundos y 2 segundos.

3. Método, según la reivindicación 1, en el que la duración de irradiación de cada una de las localizaciones individuales sobre la superficie por el punto de luz láser es más de cinco veces mayor que el intervalo de tiempo entre la irradiación de localizaciones sucesivas separadas sobre la superficie por el punto de luz láser.

4. Método, según cualquiera de las reivindicaciones 1, 2 ó 3, en el que la fuente de luz láser es desactivada entre la irradiación de localizaciones separadas sucesivas sobre la superficie.

5. Método, según cualquiera de las reivindicacio-

nes 1, 2 ó 3, en el que el haz de luz láser es interrumpido entre la irradiación de lugares sucesivos separados sobre la superficie.

6. Método, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las localizaciones discretas sobre la superficie irradiadas por los respectivos puntos de luz láser se solapan entre sí.

7. Método, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las localizaciones separadas sucesivas sobre la superficie irradiada por el haz de luz láser están dispuestas según un dibujo geométrico.

8. Método, según la reivindicación 7, en el que el dibujo geométrico es el de las esquinas de una figura escogida entre el grupo que consiste en triángulos, rectángulos, rombos, pentágonos y hexágonos.

9. Método, según la reivindicación 6, en el que la extensión de solape de localizaciones individuales sobre la superficie irradiada por el punto de luz láser es tal que no hay área alguna que no sea expuesta durante la utilización del método a luz láser entre las mencionadas localizaciones.

10. Método, según la reivindicación 6 ó 9, en el que el punto de luz láser, definido como área de luz láser, incidente sobre una superficie, que se encuentra por encima del nivel de densidad de potencia umbral para provocar desbaste de la superficie, es circular y, de manera que la distancia entre los centros de localizaciones irradiadas por los puntos de luz láser se encuentra en una gama de valores de 4/7 a 6/7 del diámetro del punto circular de luz láser.

35

40

45

50

55

60

65

Figura 1

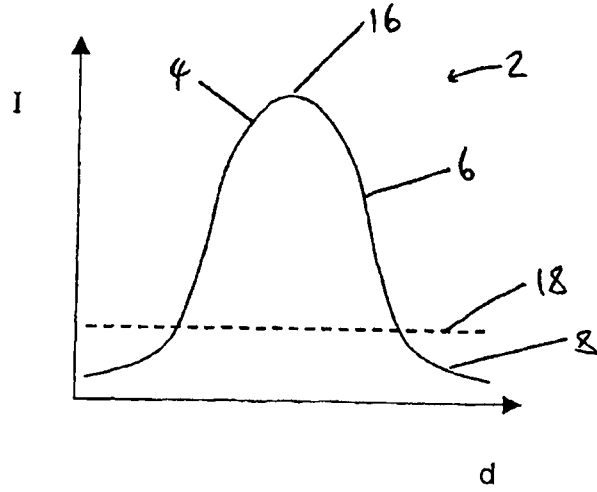


Figura 2

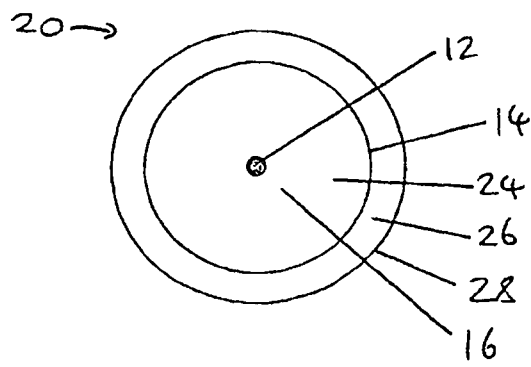


Figura 3

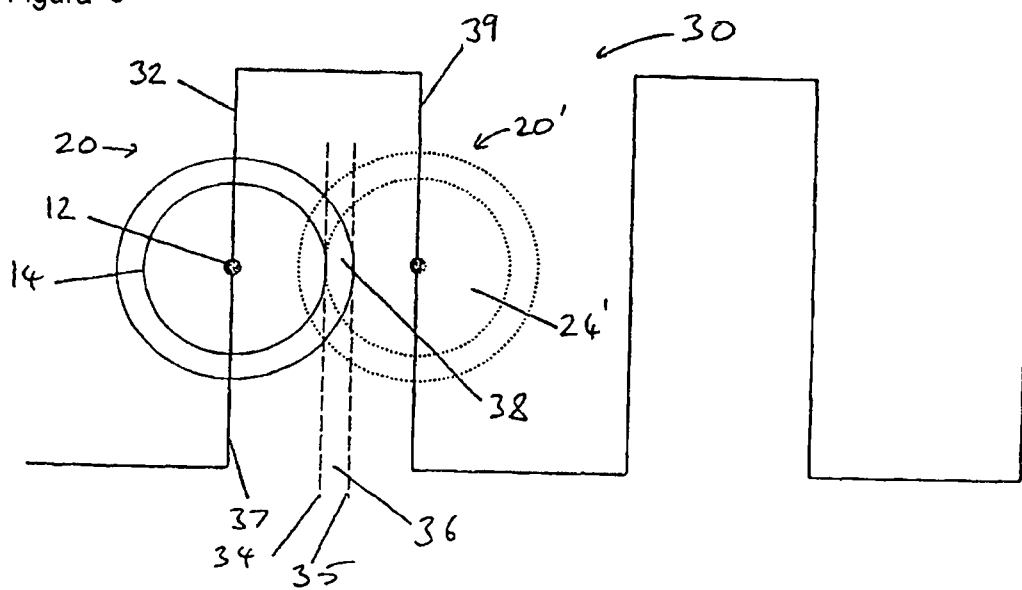


Figura 4

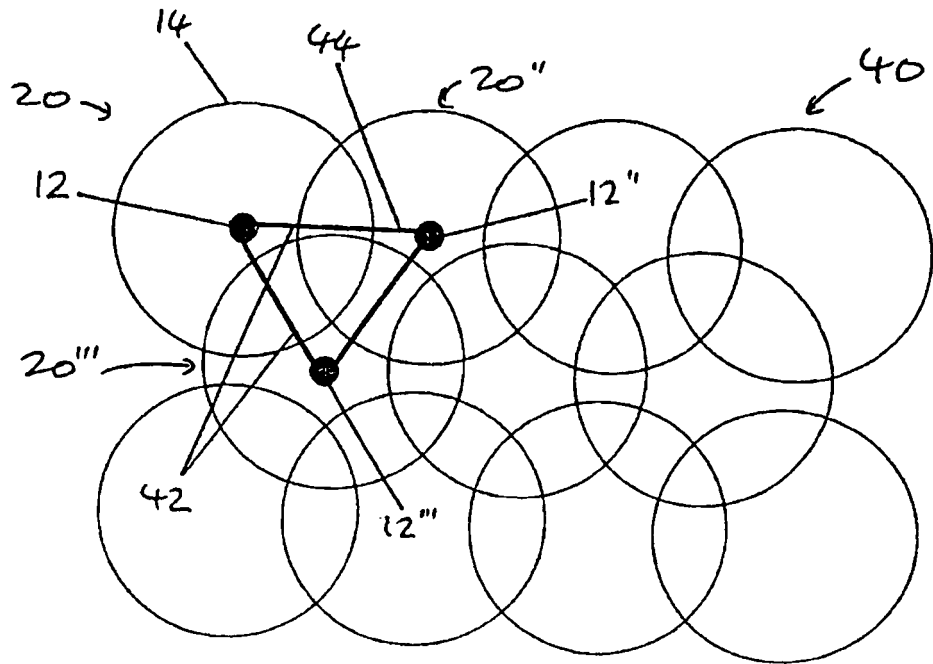


Figura 5

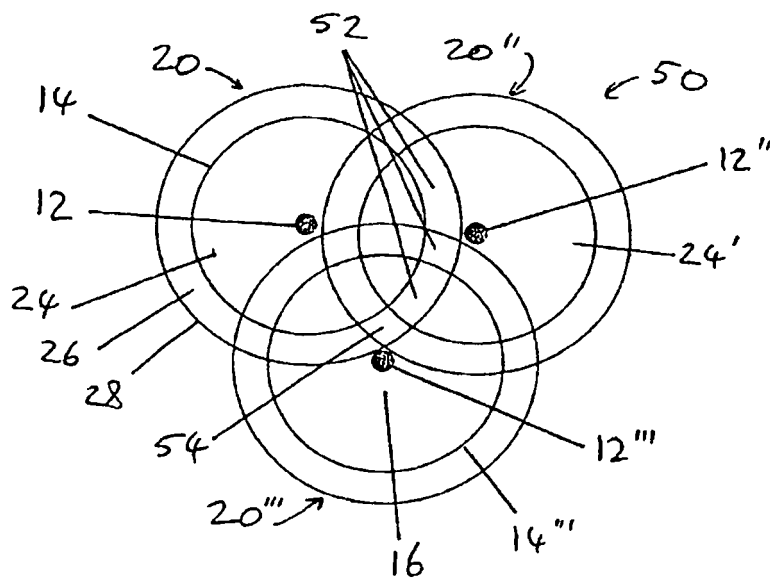


Figura 6

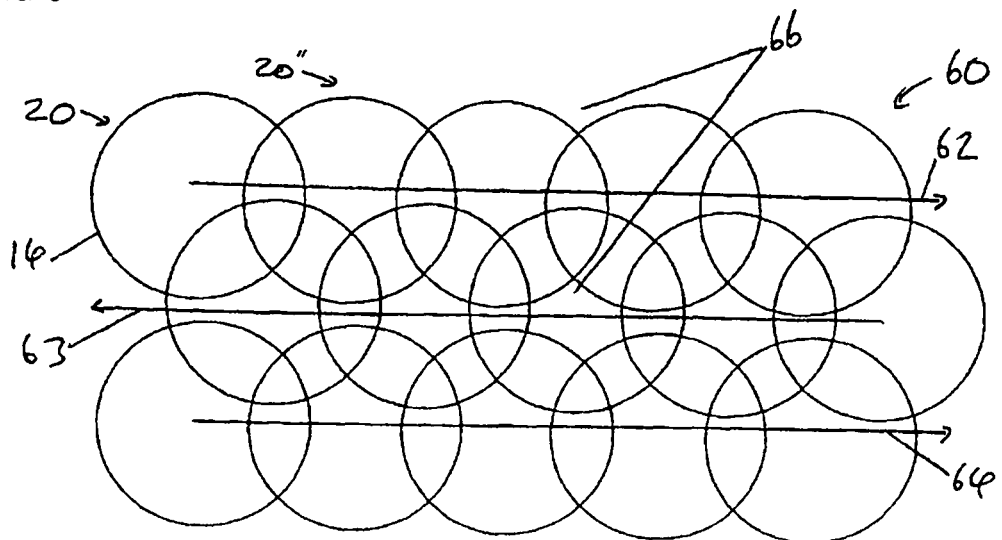


Figura 7

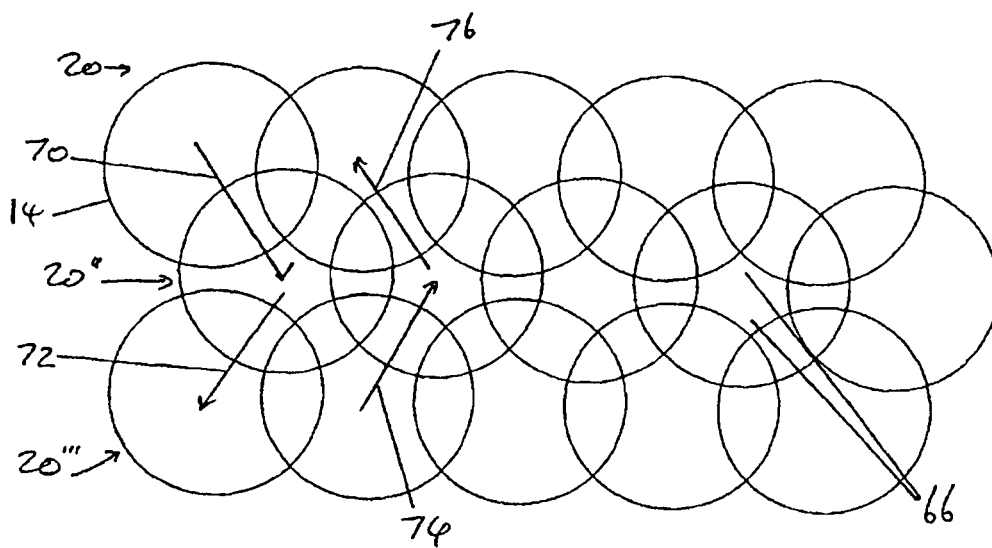


Figura 8

