

MÉTODO Y SISTEMA DE EXCAVACIÓN

Diversas modalidades se refieren a un método y a un sistema de excavación.

En la minería, la construcción de túneles o la construcción subterránea, se utilizan en cierta medida máquinas de corte mecánico de rocas, como rozadoras, minadoras continuas, minadoras de superficie y tuneladoras, para excavar la roca o un mineral valioso junto con la roca circundante. Este llamado corte mecánico ya está establecido en la minería de carbón, la extracción de sal y el corte de minerales blandos como arcilla, yeso o piedra caliza, pero también se utiliza cada vez más para minerales de ganga. En la construcción de túneles y subterránea, se crean perfiles, pozos y zanjas utilizando máquinas especiales de corte de rocas.

El desgaste de las herramientas es un gran reto en este contexto y, por lo tanto, exige un gran esfuerzo. El control del desgaste y el esfuerzo por cambiar las herramientas de corte desgastadas en el momento óptimo en relación con el alto rendimiento de corte y el uso o la cantidad de herramientas de trabajo necesarias para ello requieren una cantidad considerable de trabajo y tiempo, que en la práctica se lleva a cabo a menudo de forma manual, es decir, sin ningún tipo de automatización.

La excavación o corte mecánico con máquinas cortadoras de rocas se lleva a cabo principalmente con picas de máquina giratorias montadas en cabezales de corte giratorios (en adelante también denominados simplemente picas), en donde se distinguen dos tipos básicos.

En la industria del carbón, en particular, también se utilizan picas fijas (las llamadas picas radiales) en las llamadas máquinas de corte o cargadoras de corte. El desgaste se produce por la abrasión continua de la pica de máquina durante el trabajo de la roca o por la rotura de piezas o incluso la rotura de la cabeza de la pica o del borde de la pica debido a una carga excesiva durante el corte. La fricción hace que la pica se caliente hasta una temperatura de funcionamiento normal, que puede ser superior a 100°C, o incluso hasta 400°C en la punta o el borde. Sin embargo, una carga excesiva puede hacer que este calentamiento térmico alcance el punto de fusión del material con relativa rapidez. Por lo tanto, evitar esto es un objetivo clave en la gestión operativa y hasta ahora ha requerido en particular personal operativo experimentado.

El desgaste de las herramientas se suele solucionar mediante un ciclo de inspección basado en las condiciones locales y la experiencia del operador de la máquina, que normalmente implica una inspección visual detallada de cada pica individual. Esto implica detener la máquina, limpiarla a fondo en algunos casos y, si es necesario, encender la luz para poder inspeccionar cada pica individual desde todos los lados. Para ello, las picas se giran a mano en los soportes y, si es necesario, se aflojan con un martillo si el material se ha atascado en los soportes (también conocido como bloqueo de la pica) e impide la rotación de la pica para distribuir el desgaste. Al cortar en roca muy dura, puede ser necesario realizar el ciclo de inspección cada hora. Incluso en sal de roca rica en anhidrita, esta inspección se realiza hasta cuatro veces por turno, es decir, cada dos horas. Las inspecciones frecuentes significan una pérdida considerable de tiempo de trabajo, lo que reduce la utilización de máquinas costosas y, por lo tanto, aumenta los costos de producción. Los conceptos convencionales para la automatización de la inspección se basan en mediciones en el tren de potencia, en mediciones de emisión acústica o en mediciones en la propia pica, por ejemplo, midiendo el perfil de la pica con una cámara óptica o láser, o mediante mediciones de temperatura sin contacto en las puntas

de la pica. Estos conceptos pueden proporcionar resultados suficientes en condiciones de funcionamiento favorables, por ejemplo, en la construcción de carreteras y la minería a cielo abierto, pero se ven considerablemente afectados por condiciones de funcionamiento difíciles, como las que se encuentran típicamente en la construcción de túneles o la minería subterránea.

5 Las mediciones realizadas en el tren de potencia no permiten sacar conclusiones sobre qué pica en particular está desgastada, en qué medida o de qué manera. Un mayor consumo de energía del tren de potencia puede indicar únicamente una cantidad significativa de picas muy desgastadas, ya que el consumo de energía del tren de potencia se calcula en promedio sobre todas las picas de la máquina.

10 Las mediciones de la propia pica, por ejemplo, de su temperatura, suelen estar sujetas a una variedad de variables influyentes, como la dureza de la roca y las fuerzas de empuje, de las cuales el estado de desgaste de la pica (también llamado estado de desgaste de la pica) es solo una variable influyente y, por lo tanto, es difícil distinguirlo de otras variables influyentes como causa. Si bien la pérdida total de una sola pica durante el funcionamiento puede pasar desapercibida incluso para el personal experimentado, causa inmediatamente daños graves en el portapicas, lo que puede provocar un fallo de la máquina. Por lo tanto, la
15 inspección según un ciclo fijo a menudo no es suficiente para evitar que se produzcan daños en la máquina en caso de desgaste desfavorable. Las mediciones de emisiones acústicas son problemáticas con respecto al hecho de que, por un lado, existen muchas fuentes de ruido durante el funcionamiento de una máquina cortadora de rocas, pero también debido al espacio limitado y, a veces, a las paredes rugosas del subsuelo, pueden surgir diversas superposiciones, que dificultan en gran medida el análisis y la clasificación clara. El
20 cambio de los parámetros de corte del operador o la variación de las condiciones de la roca también modifican considerablemente estos ruidos. Por lo tanto, es difícil determinar qué pica los está causando.

Según diversas modalidades, se reconoció claramente que la medición de imágenes convencional se basa en buenas condiciones de visibilidad e iluminación, por ejemplo, utilizando iluminación externa, por lo que es muy sensible a la formación de polvo, la deposición de polvo, la niebla de agua y la
25 acumulación de agua, lo que limita considerablemente la posible aplicación, por ejemplo, en ausencia de luz, y especialmente bajo tierra. Por ejemplo, la iluminación externa es ineficaz cuando hay mucho polvo y niebla de agua. Además, la punta o el borde de la pica a menudo pueden ser prácticamente indistinguibles del fondo de la imagen debido a la formación de polvo, los depósitos de polvo y/o la coloración similar de la roca, el polvo y la pica de máquina (también denominada en términos simplificados como pica).

30 En este contexto, se reconoció que la radiación infrarroja está menos sujeta a estas limitaciones que la luz visible. Se reconoció claramente que las picas de las máquinas se calientan durante el funcionamiento normal y, por lo tanto, se convierten en una fuente de radiación infrarroja sin necesidad de iluminación externa, y que esta radiación infrarroja emitida por la pica penetra mejor el polvo y está sujeta a menos influencias distorsionantes que la luz visible. Por lo tanto, esta radiación infrarroja emitida por una pica
35 calentada es más fácil de distinguir del fondo de la imagen (comparativamente frío) en la imagen infrarroja (también denominada coloquialmente imagen térmica) que los reflejos de la luz visible en los métodos de imagen convencionales. También se reconoció que los métodos de medición infrarroja convencionales se centran principalmente en superar los umbrales de temperatura absoluta. Sin embargo, los valores medidos

de temperatura absoluta son comparativamente sensibles a las perturbaciones típicas de la construcción (especialmente la minería) causadas por el polvo y el agua, por lo que aún no se han desarrollado dichos métodos para su uso práctico.

Según diversas modalidades, la presente invención permite determinar la geometría espacial (por ejemplo, el perfil) de una pica de máquina (a la que en este documento se hace referencia también abreviada como geometría de la pica), por ejemplo, la geometría de las piezas que influyen en su rendimiento de corte, basándose en la radiación infrarroja que emana de (es decir, que emite) la misma (también denominada coloquialmente como radiación térmica). En función de la geometría de la pica determinada, se determina a su vez el estado de la pica de máquina, por ejemplo, su estado de desgaste, y/o en comparación con un estado de referencia definido (también denominado estado de referencia). Esta determinación de la geometría de la pica en base a la radiación infrarroja se debe distinguir de una medición exclusiva de la temperatura de la pica de máquina (también denominada temperatura de la pica), incluso si esta temperatura de la pica se determina utilizando una cámara infrarroja (también denominada coloquialmente como cámara térmica). Esto se debe a que, a diferencia de la temperatura de la pica, la geometría de la pica depende únicamente del estado de desgaste de la pica de máquina y, por lo tanto, está sujeta a menos variables de influencia que la temperatura de la pica. Esto también se aplica en caso de adherencia temporal del material, ya que éste se libera nuevamente al poco tiempo debido al contacto con la roca y, por lo tanto, se puede generar un resultado de medición claro, por ejemplo, mediante un promedio estadístico simple a lo largo de varias revoluciones de la cabeza de la pica.

De este modo, la determinación de la geometría de la pica permite determinar de forma más fiable el estado de la pica de máquina que si, por ejemplo, se toma como base la temperatura de la pica de máquina.

La interacción mecánica que se produce en los puntos de contacto de la pica de máquina con la roca durante el proceso de excavación excava la roca por un lado y libera energía térmica por otro, de modo que la temperatura de la pica aumenta durante el proceso de excavación hasta que se alcanza un equilibrio entre el aporte de calor por fricción durante el corte real y la radiación de calor durante la revolución en vacío de la pica, y la propia pica de máquina se desgasta (también llamado desgaste de la pica). El desgaste de la pica es una consecuencia del hecho de que la pica también está sometida a tensión mecánica en sus puntos de contacto con la roca durante el proceso de excavación y, por lo tanto, se desgasta, se erosiona, se deforma y/o se rompe (también llamado rotura de la pica). Este desgaste de la pica modifica la geometría de la pica (por ejemplo, el contorno de la pica) y puede aumentar la superficie de contacto entre la pica de máquina y la roca, de modo que la temperatura de la pica puede seguir aumentando a medida que la pica se desgasta. La temperatura de la punta o del borde de la pica puede alcanzar más de 1000°C e incluso provocar el ablandamiento o la fusión de partes de la punta o del borde de la pica. Esto, a su vez, acelera el desgaste de las picas, de modo que este no es necesariamente lineal en el tiempo, sino que se acelera, por ejemplo, exponencialmente, con el tiempo.

Aunque esto se contrarresta en parte por la menor penetración en la roca de una pica de máquina muy desgastada que la de una pica de máquina circundante y menos desgastada, esto solo desplaza

las fuerzas de corte hacia picas de máquina menos desgastadas, de modo que estas a su vez se desgastan más rápidamente, en comparación con, por ejemplo, si todas las picas de máquina se desgastaran de manera uniforme. Además, cuando las picas de máquina se desgastan de manera diferente, las fuerzas de corte fluctuantes pueden hacer que la cabeza de la pica vibre, lo que reduce significativamente el rendimiento de corte. Por la misma razón, puede producirse un desequilibrio en la distribución de la carga, lo que conduce a un desgaste más rápido de las picas de máquina nuevas junto con vibraciones excesivas en la cabeza de la pica. En caso de una rotura de pica no detectada, también existe el riesgo de que el valioso portapicas entre en contacto con la roca y se dañe.

Por ello, en el proceso habitual, las picas cónicas se montan de forma giratoria, de modo que la superficie de fricción resultante no se agrande, sino que se tuerza debido a las fuerzas laterales que se generan sobre la pica. De este modo, la punta de la pica de las picas cónicas se erosiona de forma más uniforme hasta que la cabeza de la pica con la punta de carburo se rectifica en gran medida hasta tener una forma redonda. Este estado de desgaste, denominado simétrico, se puede detectar mediante una inspección visual durante las inspecciones periódicas, de modo que la pica correspondiente se sustituye periódicamente. Sin embargo, la entrada inevitable de polvo en los soportes de las picas provoca que la pica se atasque con regularidad. En ese caso, una pica cónica puede dejar de girar, lo que da lugar a una superficie de fricción que crece muy rápidamente y aumenta. La fuerza necesaria para introducir la pica tan profundamente en la roca como si estuviera poco o regularmente desgastada aumenta en proporción al tamaño de esa superficie. Este desgaste, denominado asimétrico, provoca entonces un sobrecalentamiento, una fusión, una rotura parcial o total de la cabeza de la pica y los graves daños consecuentes descritos anteriormente en un tiempo muy breve, considerablemente más corto que cualquier ciclo de control.

Por lo tanto, el acceso al desgaste de las picas y su control son de gran importancia para un corte de roca eficiente y, sobre todo, rentable. Esto facilitaría la detección a tiempo de picas de máquinas muy desgastadas que, por ejemplo, deben sustituirse o que ya no funcionan, ahorrando así costos que de otro modo podrían producirse debido a daños en otras picas, portapicas, tiempos de reparación y una reducción del rendimiento de corte. Esto podría, por ejemplo, evitar que no solo se desgaste la pica, sino también que el portapicas se dañe hasta el punto de erosión total, lo que daría lugar a tiempos de reparación considerables y, por lo tanto, a tiempos de inactividad.

Estas y las circunstancias descritas anteriormente se tienen en cuenta según diversas modalidades. El método, las implementaciones informáticas del mismo y el sistema de excavación proporcionados según diversas modalidades simplifican la supervisión del estado (por ejemplo, la supervisión del desgaste) de las picas de la máquina. Esto incluye la detección temprana del desgaste progresivo de las picas, pero también la detección oportuna de picas individuales rotas o muy desgastadas de otro modo, incluso fuera de los intervalos de inspección fijos, de modo que el tiempo de funcionamiento de la máquina y su consumo de energía conducen a un rendimiento de corte óptimo. En particular, se puede evitar un desgaste severo, que, por ejemplo, puede conducir a un desgaste extremo y una sobrecarga de la pica en pocos minutos debido a la rotura de una punta de pica, incluida la rotura y erosión del valioso soporte de picas soldado al tambor de corte, así como la sobrecarga y el desgaste severo de otras picas. Dado que estos accidentes y

otros similares pueden dar lugar a reparaciones muy largas y, debido a las cantidades de excavación faltantes, tiempos de inactividad muy costosos de las máquinas costosas, que normalmente solo están disponibles en pequeñas cantidades en una mina, también se pueden evitar costos. En determinadas operaciones, los costos de inactividad pueden alcanzar diez mil euros por hora o más.

Igualmente grave es el fallo de las picas en las llamadas tuneladoras (TBM, por sus siglas en inglés). En este caso, la inspección no solo implica una breve parada, sino también el retroceso de toda la máquina, que pesa cientos de toneladas y está anclada en el túnel, para poder acceder al lugar de la excavación desde el interior de la máquina y examinar las picas.

El método previsto según diversas modalidades de la presente invención y un sistema de excavación equipado correspondientemente facilitan la monitorización del estado (por ejemplo, la monitorización del desgaste) de las picas de la máquina, en particular en condiciones de visibilidad severamente restringida, liberación de polvo y niebla de agua y posiblemente también en caso de hundimiento temporal en el material suelto excavado o en caso de suciedad considerable de las herramientas de trabajo.

Las modalidades descritas en el presente documento son aplicables a máquinas excavadoras (por ejemplo, máquinas cortadoras de rocas) de cualquier tipo, en particular aquellas en las que se montan tambores de corte giratorios con picas cónicas. Ejemplos de tales máquinas excavadoras comprenden las denominadas rozadoras, minadoras continuas, cargadoras cizalladoras, cortadoras horizontales, minadoras de superficie y cortadoras de tambor. Las máquinas excavadoras de este tipo se utilizan en la minería de carbón, sal, silicatos o minerales, en la minería subterránea y de superficie, en la construcción de túneles, en la ingeniería vial e hidráulica, en canteras y en la demolición de edificios.

Las modalidades descritas en este documento generan ventajas económicas considerables sobre los conceptos convencionales en una mina donde se utiliza corte mecánico. Estas se derivan de la utilización potencial considerablemente mayor de las máquinas de corte altamente complejas, porque la invención reduce significativamente el número de inspecciones periódicas y regulares de la cabeza de la pica y los accidentes después de una rotura de picas son casi completamente evitables, así como del aumento de la seguridad operativa, ya que las inspecciones personales en la cabeza de la pica, directamente en el frente de excavación, se requieren con menos frecuencia. Si se utilizan ampliamente, las modalidades descritas en este documento generan considerables beneficios económicos en forma de mayor eficiencia de los procesos de excavación de roca en la minería y la construcción subterránea, combinado con precios de producción más bajos para los materiales de partida extraídos para la industria y menores costos de construcción para estructuras subterráneas. Por lo tanto, las modalidades descritas en este documento también promueven la expansión del uso de la tecnología de corte mecánico eficiente en roca y recursos en lugar de perforación y voladura con trituración y procesamiento posteriores. Esto a su vez tiene el potencial de tener un efecto positivo considerable en la viabilidad económica, la huella ecológica y, en última instancia, también la aceptación de la extracción indispensable de los diversos materiales básicos de la sociedad industrial entre la población. La presente invención representa, por lo tanto, también una contribución a la protección de los recursos a largo plazo.

Un tipo básico, conocido por las denominadas máquinas de corte de cara completa o tuneladoras (TBM), utiliza las denominadas cuchillas de rodillos (por ejemplo, cuchillas de disco), que están dispuestas sobre un cabeza de la pica que gira en la dirección de avance a diferentes distancias del centro y se presionan contra la roca rodando sobre el borde de corte endurecido y giratorio. El otro tipo básico utiliza las denominadas picas cónicas sobre cabezales de corte que giran preferiblemente verticalmente, pero a veces también en la dirección de avance, que se presionan contra la roca mediante la fricción con la punta endurecida. Sin embargo, las propias picas cónicas pueden y deben girar alrededor de su eje de ataque para garantizar un desgaste uniforme y, de este modo, aumentar la vida útil.

En los dibujos:

La Figura 1 muestra un proceso según diversas modalidades en un diagrama de flujo esquemático;

Las Figuras 2, 3 y 4 muestran cada una de ellas un sistema de excavación según diversas modalidades en diferentes representaciones;

Las Figuras 5A y 5B muestran cada una un sistema de excavación según diferentes modalidades en una vista esquemática en perspectiva;

Las Figuras 6A y 6B muestran cada una un sistema de excavación según diferentes modalidades en una vista esquemática en perspectiva;

La Figura 7 es una vista esquemática en perspectiva de un sistema de excavación según diversas modalidades;

Las Figuras 8, 9, 10 y 11 muestran diferentes componentes del método según diferentes modalidades en un diagrama;

Las Figuras 12 y 19 muestran cada una, una configuración del sistema de cámara durante la detección de imágenes según diversas modalidades en una vista en perspectiva esquemática;

Las Figuras 13, 14, 15 y 16 muestran cada una, una vista lateral esquemática de una pica de máquina según diversas modalidades;

Las Figuras 17A y 17B y 20A y 20B muestran selecciones de máquina de diferentes estados en una vista en perspectiva esquemática y representaciones geométricas resultantes en una vista esquemática de acuerdo con diferentes modalidades; y

La Figura 18 es una interfaz gráfica de usuario de la máquina excavadora en una vista superior esquemática.

En la siguiente descripción detallada, se hace referencia a los dibujos adjuntos que forman parte de la misma y en los que se muestran modalidades específicas con fines ilustrativos en los que se puede poner en práctica la invención. A este respecto, se utiliza terminología direccional como "arriba", "abajo", "adelante", "atrás", "frontal", "posterior", etc. con referencia a la orientación de la(s) figura(s) que se describe(n).

Dado que los componentes de las modalidades se pueden colocar en varias orientaciones diferentes, la terminología direccional es con fines ilustrativos y no es limitativa de ningún modo. Se debe entender que se pueden utilizar otras modalidades y se pueden realizar cambios estructurales o lógicos sin apartarse del alcance de protección de la presente invención. Se debe entender que las características de las diversas

modalidades ejemplares descritas en este documento se pueden combinar entre sí, a menos que se indique específicamente lo contrario. Por lo tanto, la siguiente descripción detallada no se debe entender en un sentido limitativo. El alcance de protección de la presente invención se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

En el contexto de esta descripción, los términos "conectado", "adherido" y "acoplado" se utilizan para describir tanto una conexión directa (por ejemplo, mediante unión por ajuste de forma o unión por material) como una conexión indirecta (por ejemplo, mediante una ruta de señal), una fijación directa o indirecta y un acoplamiento directo o indirecto. En las figuras, los elementos idénticos o similares se indican con símbolos de referencia idénticos en la medida en que sea apropiado.

El estado actual de un elemento (por ejemplo, un dispositivo, un objeto, un sistema, un procedimiento o un proceso) puede entenderse como el estado del elemento que está realmente presente o que puede detectarse mediante sensores. El estado objetivo del elemento puede entenderse como el estado deseado, es decir, una especificación, que puede almacenarse opcionalmente, por ejemplo, en una memoria de datos. El control puede entenderse como una influencia intencionada sobre el estado actual (también denominado estado actual) del elemento. El estado actual puede modificarse de acuerdo con la especificación (también denominado estado objetivo), por ejemplo, modificando uno o más parámetros operativos (también denominados entonces variable manipulada) del elemento, por ejemplo, mediante un actuador. El control de bucle cerrado puede entenderse como un control en donde además se contrarresta un cambio de estado del elemento debido a un mal funcionamiento. Para ello, se compara el estado actual con el estado objetivo y se influye en el elemento, por ejemplo, mediante un actuador, de tal manera que se minimice la desviación del estado actual con respecto al estado objetivo. El control de bucle cerrado, a diferencia de un controlador de secuencia orientado únicamente hacia adelante, tiene una influencia progresiva de la variable de salida sobre la variable de entrada, que se efectúa mediante el bucle de control (también denominado retroalimentación). En otras palabras, se puede entender aquí que el control de bucle cerrado puede utilizarse alternativamente o adicionalmente al control de bucle abierto (o al accionamiento) o que un control de bucle cerrado puede tener lugar alternativamente o adicionalmente al control de bucle abierto.

El término "dispositivo de procesamiento de datos" puede entenderse como cualquier tipo de entidad implementadora de lógica que puede comprender, por ejemplo, circuitos y/o un procesador que puede ejecutar software almacenado en un medio de almacenamiento, firmware o una combinación de los mismos, y emitir instrucciones basadas en ellos. El dispositivo de procesamiento de datos puede, por ejemplo, configurarse utilizando segmentos de código (por ejemplo, software) para controlar el funcionamiento de un sistema (por ejemplo, su punto de operación), por ejemplo, una máquina o una planta, por ejemplo, sus componentes.

El término "procesador" puede entenderse como cualquier tipo de entidad que permita el procesamiento de datos o señales. Por ejemplo, los datos o señales pueden ser manejados de acuerdo con al menos una (es decir, una o más de una) función específica realizada por el procesador. Un procesador puede comprender o estar formado por un circuito analógico, un circuito digital, un circuito de señal mixta, un circuito lógico, un microprocesador, una unidad central de procesamiento (CPU), una unidad de procesamiento gráfico (GPU), un procesador de señal digital (DSP), una matriz de puertas programables en campo (FPGA),

un circuito integrado (IC), o cualquier combinación de los mismos. Cualquier otro tipo de implementación de las respectivas funciones descritas con más detalle a continuación también puede entenderse como un procesador o circuito lógico. Se entiende que uno o más de los pasos del método descritos en detalle en este documento pueden ser llevados a cabo (por ejemplo, realizados) por un procesador, a través de una o más funciones específicas realizadas por el procesador. Por lo tanto, el procesador puede estar configurado para realizar uno de los métodos o sus componentes de procesamiento de información descritos en este documento.

Según diversas modalidades, una memoria de datos (denominada también de forma más general como medio de almacenamiento) puede ser una memoria de datos no volátil. Por ejemplo, la memoria de datos puede comprender o estar formada por un disco duro y/o al menos una memoria de semiconductores (como una memoria de solo lectura, una memoria de acceso aleatorio y/o una memoria flash). La memoria de solo lectura puede ser, por ejemplo, una memoria de solo lectura programable y borrable (también puede denominarse EPROM). La memoria de acceso aleatorio puede ser una memoria de acceso aleatorio no volátil (también puede denominarse NVRAM). Por ejemplo, en el almacenamiento de datos se pueden almacenar uno o más de los siguientes elementos: una base de datos (también puede denominarse base de datos de referencia); un algoritmo de procesamiento; un criterio; segmentos de código que implementan, por ejemplo, uno o más algoritmos de procesamiento (de forma simplificada, también denominados algoritmo). La base de datos puede comprender uno o más conjuntos de datos, cada conjunto de datos asociando un identificador de producto con información de pago y/o una restricción de venta. Estos pueden ser leídos por el dispositivo de procesamiento de datos.

Varias modalidades se refieren a una pica de máquina (también denominada aquí simplemente como pica) y su estado. El término "pica de máquina", tal como se utiliza aquí, puede entenderse como una máquina herramienta que puede comprender componentes (por ejemplo, de manera rígida) conectados entre sí (por ejemplo, de manera que se unan materialmente, se ajusten a la fuerza y/o se ajusten a la forma). Ejemplos de una pica de máquina comprenden: una fresa de rodillo (por ejemplo, una fresa de disco o una fresa de botón), una pica cónica (por ejemplo, de una máquina de construcción de carreteras, de una rozadora de carreteras o de una excavadora de superficie), una pica radial (por ejemplo, de una cizalladora-cargadora), un diente de excavación (por ejemplo, de una excavadora, por ejemplo, de una excavadora de rueda de cangilones), una fresa de rodillo, por ejemplo, del tipo de fresa de disco (por ejemplo, pero sin limitarse a, una tuneladora, una excavadora móvil). Dos o más de los componentes de la pica de máquina pueden ser opcionalmente parte de un cuerpo monolítico, por ejemplo, hecho de una sola pieza. Ejemplos de los componentes de la pica de máquina comprenden: un componente de ensamblaje y un componente de corte.

En el caso de una pica cónica o una pica radial, el componente de montaje puede tener forma de eje (en ese caso también se denomina eje de la pica, para un eje más corto) y el componente de corte puede tener forma de cabeza (en ese caso también se denomina cabeza de la pica). La cabeza de la pica y/o el eje de la pica pueden ser, por ejemplo, cuerpos de rotación. La pica cónica o la pica radial pueden extenderse longitudinalmente (por ejemplo, desde su lado posterior hasta su lado frontal) a lo largo de un eje

longitudinal (también se denomina eje de la pica). La pica cónica o la pica radial pueden comprender la punta de la pica (ilustrativamente en el lado frontal), a través de la cual, por ejemplo, puede pasar el eje de la pica. En el caso de una fresa de rodillos (por ejemplo, fresa de disco), el componente de montaje puede comprender un cojinete (o al menos estar configurado para recibir un cojinete) y el componente de corte puede tener forma de anillo (en ese caso también se denomina cuerpo de base de rodillos).

El componente de corte (por ejemplo, la cabeza de la pica) comprende un borde de corte, por ejemplo, una esquina de corte o punta de corte (también denominada punta de pica) (por ejemplo, en la parte frontal de la pica de máquina). En el caso de una cuchilla de rodillo (por ejemplo, una cuchilla de disco), el borde de corte puede tener forma de anillo (también denominado anillo de corte). El componente de corte de la cuchilla de rodillo (por ejemplo, una cuchilla de disco) puede comprender uno o más anillos de corte.

La punta de la pica (por ejemplo, de una pica cónica), por ejemplo, forma el borde frontal de la pica y puede comprender una forma cónica (por ejemplo, cónica) hacia el frente. La cabeza de la pica puede estar conectada al vástago (que se extiende hacia la parte posterior) en el lado opuesto a la punta de la pica o en el lado que mira hacia la parte posterior de la pica de máquina, por ejemplo, con una conexión de material. La cabeza de la pica puede presentar opcionalmente un engrosamiento que sobresale de la punta de la pica y/o del vástago de la pica.

Opcionalmente, el componente de corte (por ejemplo, la cabeza de la pica) puede consistir en varios materiales, uno de los cuales (también denominado material de filo) proporciona el filo de corte. En el caso de una pica cónica, el material de filo de corte puede tener forma de pasador (también denominado entonces pasador de la pica). El material de filo de corte comprende preferiblemente una dureza mayor que el resto del componente de corte (por ejemplo, la cabeza de la pica) y/o que el componente de montaje (por ejemplo, el eje de la pica). El pasador de la pica puede, por ejemplo, estar embutido en el resto de la cabeza de la pica, por ejemplo, a presión. El pasador de la pica puede ser cónico, parabólico o escalonado. El pasador de la pica puede, por ejemplo, ser cerámico o comprender al menos un material cerámico (por ejemplo, un carburo, como carburo de tungsteno, y/o nitruro) o estar fabricado a partir de él. La cabeza de la pica y/o el eje de la pica pueden ser metálicos o comprender al menos un metal, por ejemplo, acero, o estar fabricado a partir de él.

En otra modalidad, por ejemplo, una denominada fresa de rodillos (por ejemplo, fresa de disco), la fresa se extiende concéntricamente desde su eje de fresado (en este caso también denominado eje central), alrededor del cual la fresa puede estar montada de forma giratoria, por ejemplo, y comprende un borde de fresado hecho de material endurecido.

En este documento se hace referencia a datos de imagen y su procesamiento. Los datos de imagen pueden ser una imagen digital (por ejemplo, basada en datos) de la realidad (por ejemplo, dentro de un campo de visión) en uno o más puntos en el tiempo de captura de los datos de imagen (también denominado detección de imagen). Por ejemplo, la formación de imágenes de la realidad puede tener lugar utilizando una lente (también denominada lente de cámara) que proyecta radiación electromagnética (por ejemplo, luz visible o infrarroja) sobre la superficie de un sensor de detección de imagen (por ejemplo, un sensor infrarrojo de una cámara infrarroja). La detección de los datos de imagen puede comprender la lectura

del sensor de detección de imagen mientras la radiación (por ejemplo, radiación infrarroja) se proyecta sobre su superficie. Los datos de imagen obtenidos de esta manera pueden estar inicialmente en el llamado formato de datos brutos (también denominado RAW), que comprende los valores medidos de lectura (por ejemplo, que representan una intensidad de la luz) del sensor de detección de imagen píxel por píxel y/o se procesan como tales. Los datos de imagen pueden ser opcionalmente convertidos a otro formato de imagen durante el procesamiento, por ejemplo, a un gráfico de trama (distinto de RAW como gráfico de trama) o a un gráfico vectorial, de modo que su procesamiento posterior se lleve a cabo en este formato de imagen, o pueden ser convertidos entre estos según se desee. La conversión puede comprender opcionalmente la interpolación de los valores de medición del sensor de detección de imágenes (por ejemplo, utilizando mosaico), por ejemplo, para obtener información multicolor completa para cada píxel o para requerir menos memoria o potencia de cálculo. Los datos de imagen pueden ser opcionalmente comprimidos (por ejemplo, para requerir menos espacio de almacenamiento o potencia de cálculo) o descomprimidos (por ejemplo, para evitar distorsiones). El formato de imagen respectivo también puede definir el espacio de color según el cual se especifica la información de color.

El caso más simple es el espacio de color monocromo, que puede ser un espacio de color binario, por ejemplo, en donde se almacena un valor de blanco y negro por píxel. En un espacio de color monocromo algo más complejo (también conocido como espacio de color en escala de grises), también se almacenan niveles intermedios entre el blanco y el negro (también conocidos como valores de gris). En un espacio de color monocromo, la energía de radiación registrada (por ejemplo, de la radiación infrarroja) se suma píxel por píxel y se asigna a un valor de gris del espacio de color monocromo, que representa la intensidad de la radiación registrada en la longitud de onda o rango de longitud de onda (por ejemplo, rango infrarrojo) en donde es sensible el sensor de detección de imágenes monocromo. Sin embargo, el espacio de color también puede estar abarcado por varios colores de referencia (es decir, dos o más), como rojo, verde y azul. Si se utiliza un sensor de detección de imágenes sensible a la longitud de onda (también conocido como sensor de detección de imágenes policromado), los valores medidos por píxel pueden mostrar la energía radiante y, además, una longitud de onda asignada a la energía radiante. Esto mejoraría la precisión de una medición de temperatura opcional basada en los datos de la imagen. Estos valores medidos pueden representarse en un espacio de color multicolor o también pueden convertirse en un espacio de color monocromático. De manera similar, un valor de un espacio de color monocromático también puede convertirse en un espacio de color policromático, por ejemplo, en el caso de la denominada representación de color falso.

Para la reproducción visual de los datos de imagen en un dispositivo de visualización, se convierten al formato de imagen especificado por la memoria de imagen de la tarjeta gráfica. Los datos de imagen descritos en este documento se presentan como una reproducción visual para facilitar su comprensión. En general, los datos de imagen, por ejemplo, almacenados en un medio de almacenamiento, pueden estar disponibles como un archivo (también denominado imagen digital o archivo de imagen) en el formato de imagen correspondiente.

Los datos de imagen pueden comprender uno o más fotogramas (por ejemplo, desde diferentes perspectivas) como una imagen digital (por ejemplo, basada en datos) de la realidad (por ejemplo,

dentro de un campo de visión), cada fotograma correspondiendo a un momento de detección. Por ejemplo, los datos de imagen pueden comprender, para cada momento de detección, uno o más fotogramas que son la imagen de la realidad en ese momento (también denominado momento de detección de imagen). Por ejemplo, los datos de imagen pueden comprender un fotograma o varios fotogramas (por ejemplo, desde diferentes perspectivas) para cada punto en el tiempo de una secuencia de varios puntos en el tiempo, por ejemplo, en forma de un video. Varios fotogramas (por ejemplo, desde diferentes perspectivas o desde diferentes puntos en el tiempo) pueden combinarse alternativa o adicionalmente para formar un nuevo fotograma, por ejemplo, a lo largo de un eje de tiempo y/o un eje espacial. Por ejemplo, varios fotogramas que se detectan durante la revolución de una cabeza de la pica y de los cuales cada fotograma representa solo una parte de la cabeza de la pica pueden combinarse para formar un nuevo fotograma al que se le asigna cualquier punto en el tiempo a partir de la duración de la revolución.

Una cámara puede entenderse como un dispositivo óptico que comprende la lente de la cámara y el sensor de detección de imágenes, que interactúan de tal manera que la luz del campo de visión de la cámara (también denominado área de detección de imágenes) se proyecta sobre la superficie del sensor de detección de imágenes utilizando la lente de la cámara. Además, la cámara puede comprender un procesador que está configurado para proporcionar los valores medidos leídos por el sensor de detección de imágenes como datos de imagen, por ejemplo, para emitirlos.

Un sensor de detección de imágenes (también denominado sensor de imágenes) es del tipo de sensor optoelectrónico y puede comprender una o más áreas fotoeléctricamente activas (también pueden denominarse píxeles) que generan y/o modifican una señal eléctrica, por ejemplo, en respuesta a la radiación electromagnética (por ejemplo, luz infrarroja). Por ejemplo, el sensor de detección de imágenes puede comprender un número B de 102 píxeles (también denominado resolución de imagen) o más, por ejemplo, 103 píxeles o más, por ejemplo, 104 píxeles o más, por ejemplo, 105 píxeles o más. El sensor de detección de imágenes puede comprender alternativa o adicionalmente una trama R de $[k \times l]$ píxeles (por ejemplo, con $B = k \cdot l$), donde k y/o l son mayores que aproximadamente 50, que aproximadamente 100 o que aproximadamente 1000. En general, sin embargo, la resolución de imagen también puede ser mayor que B.

En algunas modalidades, la cámara infrarroja (también denominada cámara térmica) y/o el sensor de detección de imágenes están configurados (por ejemplo, dispuestos y/u orientados) de tal manera que la parte del sensor de detección de imágenes que detecta la pica de máquina comprende el número B y/o la trama R de píxeles. Si la parte es más pequeña, los fotogramas de varias cámaras infrarrojas y/o sensores de detección de imágenes pueden superponerse entre sí para aumentar la resolución y/o la trama por pica de máquina. Como alternativa, o adicionalmente, puede utilizarse una lente de cámara con una longitud focal mayor.

El sensor de detección de imágenes puede, por ejemplo, comprender o estar formado por un sensor CCD (sensor de dispositivo acoplado a carga) y/o un sensor de píxeles activos (también puede denominarse sensor CMOS). Opcionalmente, un sensor de detección de imágenes puede estar configurado como sensible a la longitud de onda (por ejemplo, para detectar información de color), por ejemplo, utilizando

varios filtros de color (por ejemplo, en forma de cuadrícula), y, de este modo, distinguir entre diferentes longitudes de onda.

Una cámara infrarroja puede entenderse como una cámara que (por ejemplo, cuyo sensor de detección de imágenes) está configurada para ser sensible (por ejemplo, únicamente) a la radiación infrarroja (coloquialmente también denominada radiación térmica) y no necesariamente tiene que ser sensible a la longitud de onda (es decir, puede ser una cámara monocromática). Por ejemplo, la cámara infrarroja puede comprender una mayor sensibilidad (es decir, sensibilidad) para la radiación infrarroja (por ejemplo, en el rango de aproximadamente 3.5 μm a aproximadamente 15 μm) que para la luz visible (o al menos para la radiación con una longitud de onda de menos de 0.78 μm).

La radiación infrarroja a la que es sensible la cámara infrarroja puede comprender luz que tiene una longitud de onda en un intervalo de aproximadamente 0.78 μm (micrómetros) a aproximadamente 1000 μm , por ejemplo, infrarrojo medio (por ejemplo, 3 μm a 50 μm) y opcionalmente infrarrojo cercano (por ejemplo, 0.78 μm a 3 μm) y/o infrarrojo lejano (por ejemplo, 50 μm a 1000 μm). La radiación infrarroja a la que es sensible la cámara infrarroja puede, por ejemplo, ser luz con una longitud de onda en un intervalo de aproximadamente 3.5 μm a aproximadamente 15 μm , que corresponde mejor a las temperaturas esperadas de la máquina.

En general, un cuerpo puede emitir radiación infrarroja, como alternativa o además de la luz visible, por ejemplo desde su superficie. Según la ley de radiación de Planck, la radiación infrarroja emitida (por ejemplo, la distribución de la potencia de la radiación electromagnética en función de la longitud de onda) depende de la temperatura del cuerpo. Los valores de medición leídos por el sensor de detección de imágenes de la cámara infrarroja (por ejemplo, que representan la intensidad de la radiación infrarroja registrada píxel por píxel) son, por lo tanto, una función de una distribución espacial de la temperatura, en particular una distribución espacial de la radiación infrarroja, que a su vez es una función, aunque no exclusivamente, de la temperatura de la superficie que emite la radiación infrarroja, en el campo de visión de la cámara infrarroja. Otros Ejemplos de parámetros que influyen en la distribución espacial de la radiación infrarroja son: la reflectividad y/o emisividad (por ejemplo, dependiente del material y/o de la rugosidad) de la superficie que emite la radiación infrarroja. Por ejemplo, existen materiales que reflejan la radiación infrarroja casi por completo, por ejemplo, superficies de vidrio o de agua en calma, pero también superficies de metal desnudo, y por lo tanto pueden producir diferentes "valores de color" incluso a la misma temperatura. La rugosidad de la superficie influye, por ejemplo, en la denominada emisividad, por ejemplo, en el caso de la radiación infrarroja. El acero oxidado o rayado, por ejemplo, emite considerablemente más radiación infrarroja que el acero virgen a la misma temperatura. Estos parámetros tienen una influencia considerable en la medición de la temperatura absoluta. En otras palabras, los datos de imagen captados por la cámara infrarroja se basan en la radiación infrarroja captada, que es una función de la temperatura de la fuente de la radiación infrarroja, es decir, estos datos de imagen se basan en la radiación infrarroja (también denominada basada en la radiación infrarroja). Los datos de imagen se pueden asignar opcionalmente a una indicación de temperatura o (después de una corrección de errores opcional de las reflexiones o de los parámetros del material y/o de la superficie) se pueden convertir en la indicación de temperatura.

La información de color de los datos de imagen puede, por ejemplo, representar la intensidad de la radiación infrarroja registrada píxel por píxel o codificar ya la indicación de temperatura. Por ejemplo, la información de color de los datos de imagen puede ser monocromática o policromática (por ejemplo, en el caso de una representación de color falso).

Opcionalmente, la cámara infrarroja puede ser parte de un sistema de cámara que comprende múltiples cámaras infrarrojas cuyos campos de visión, por ejemplo, se superponen. Las múltiples cámaras infrarrojas pueden estar configuradas opcionalmente para proporcionar datos de imagen del campo de visión del sistema de cámara desde múltiples perspectivas ópticas (por ejemplo, proporcionadas mediante el uso de múltiples lentes), por ejemplo, datos de imagen estereoscópica. Los datos de imagen estereoscópica facilitan la distinción entre desgaste de picas simétrico y asimétrico. Sin embargo, los datos de imagen estereoscópica también pueden proporcionarse mediante el uso de una sola cámara infrarroja, como se describirá con más detalle más adelante.

Un transductor puede entenderse como un sensor (también denominado detector) que está configurado para detectar una propiedad de su entorno (por ejemplo, de forma cualitativa o cuantitativa) correspondiente al tipo de sensor como una variable medida, por ejemplo, una propiedad física, una intensidad de radiación, una propiedad química y/o una propiedad de material. La variable medida es la variable física (también denominada variable controlada) a la que se aplica la medición mediante el sensor. Un Ejemplo de una variable medida registrada cuantitativamente es, por ejemplo, la intensidad de radiación, cuyo estado real puede convertirse en un valor medido mediante el sensor.

Cada sensor puede ser parte de una cadena de medición que comprende una infraestructura correspondiente (por ejemplo, procesador, medio de almacenamiento y/o sistema de bus y similares). La cadena de medición puede estar configurada para controlar el sensor correspondiente (por ejemplo, sensor de detección de imágenes), para procesar su variable medida detectada como una variable de entrada y, en base a esto, para proporcionar una señal eléctrica como una variable de salida que representa la variable de entrada detectada. Por ejemplo, la variable de salida puede indicar el valor medido. La cadena de medición puede ser, por ejemplo, o implementarse utilizando un dispositivo de procesamiento de datos.

En este documento se hace referencia a un estado de una pica de máquina (también denominado estado de la pica). El estado de la pica de máquina puede depender de uno o más parámetros de desgaste, por ejemplo, del grado de desgaste (también denominado progreso de desgaste uniforme y simétrico) de la pica de máquina como parámetro de desgaste y/o de una simetría de desgaste de la pica de máquina como parámetro de desgaste (también denominado tipo de desgaste). El estado objetivo de una pica puede ser, por ejemplo, el estado de una pica de máquina sin utilizar. El estado real de la pica puede diferir del estado objetivo en función del tiempo y la intensidad de uso.

En diversas modalidades, el estado de la pica puede especificarse numéricamente (por ejemplo, como un porcentaje o valor absoluto). Alternativamente, o adicionalmente, el estado de la pica puede especificarse como una clase de un grupo de clases (por ejemplo, que comprende la clase "sin usar" y la clase "usado"). Luego, la determinación del estado de la pica puede comprender la selección de una o más clases del grupo de clases (también denominada clasificación). Puede entenderse que el grupo de clases, por

ejemplo, por parámetro de desgaste, puede comprender dos o más clases, por ejemplo, "alto grado de desgaste", "grado medio de desgaste" y/o "bajo grado de desgaste".

Otros Ejemplos de clases son aquellas que comprenden uno o más de los siguientes: la presencia de la pica ("por ejemplo, falta la pica"), si la pica requiere mantenimiento (por ejemplo, si la pica está
5 bloqueada y/o si comienza un desgaste asimétrico de la pica), si la pica necesita ser reemplazada (por ejemplo, si el desgaste de la pica es crítico y/o si la vida útil restante es cero), o la vida útil restante de la pica (por ejemplo, "la pica de máquina está bien" o "la pica de máquina al 75% de la vida útil esperada").

En analogía con el grado de desgaste, la simetría de desgaste puede especificarse numéricamente y/o como una clase del grupo de clases (por ejemplo, clase "asimétrica" y clase "simétrica" y
10 que opcionalmente comprende etapas intermedias de las mismas). Luego, la determinación del estado de la pica puede comprender la clasificación de la simetría de desgaste real, por ejemplo, como "asimétrica" o "simétrica". El desgaste simétrico (por ejemplo, desgaste abrasivo) puede ocurrir, por ejemplo, si la pica de máquina se desgasta continuamente y/o si la pica de máquina gira alrededor de su eje de pica durante el proceso de excavación. El desgaste no simétrico (también denominado asimétrico) puede ocurrir, por ejemplo,
15 si se produce una fractura frágil (por ejemplo, del pasador de carburo), si el pasador de carburo se cae debido a un asentamiento inadecuado, o si la rotación de la pica de máquina se bloquea alrededor de su eje de pica durante el proceso de excavación (también denominado bloqueo de la pica).

Según diversas modalidades, la monitorización del estado (por ejemplo, la monitorización del estado de desgaste de las picas) se realiza automáticamente con ayuda de un proceso de obtención de
20 imágenes por infrarrojos, en particular para condiciones de trabajo subterráneas en las que no se pueden ver las picas durante el corte. Debido a la fricción extrema durante el corte, los puntos de contacto de la pica con la roca se calientan considerablemente. El calor generado se distribuye típicamente desde la punta de la pica a través de la cabeza de la pica y el eje de la pica hasta el soporte de la pica mediante conducción térmica, lo que da como resultado una distribución de temperatura diferente en cada caso, claramente diferenciable de
25 los componentes más alejados, lo que se detecta mediante una o varias cámaras infrarrojas de alta resolución. Debido al desgaste continuo, la forma de la cabeza de la pica, pero también su rugosidad superficial, cambia significativamente en comparación con el nuevo estado (por ejemplo, el estado objetivo) durante la instalación, no solo en caso de desgaste repentino (por ejemplo, rotura o rotura total). Durante el corte, las formas de las cabezas de la pica son claramente detectables en la imagen infrarroja (coloquialmente denominada también
30 imagen térmica), por lo que se pueden extraer los contornos correspondientes mediante un algoritmo de procesamiento de imágenes y compararlos con la imagen de referencia (correspondiente al estado objetivo). Si durante el proceso de corte se pierde una pica, esto se representa mediante la imagen infrarroja. Por ejemplo, habrá una zona oscura en la posición en la que debería estar la pica en la imagen infrarroja. Por ejemplo, en lugar de la pica, la imagen infrarroja muestra su fondo, por ejemplo, otras partes de la cabeza de
35 la pica o el entorno minero, hasta que el propio portapicas entra en contacto con la roca y se calienta. Esta situación también se puede detectar en una fase temprana comparándola con la imagen de referencia, de modo que el desgaste del portapicas puede evitarse por completo.

Varias modalidades se basan en cámaras infrarrojas rápidas de alta resolución y un sistema de análisis (implementado, por ejemplo, mediante un procesador) que está configurado para procesar (por ejemplo, analizar) inmediatamente los datos de imagen (también denominados grabaciones) proporcionados por las cámaras infrarrojas (por ejemplo, durante o después de la fase de corte) de las picas, que se calentaron significativamente debido a la interacción masiva con la roca, y para visualizar el resultado del análisis de estado en forma de un mapa de evaluación del tambor de corte con las posiciones de las picas (por ejemplo, mediante una interfaz gráfica de usuario). La grabación después de la fase de corte puede tener lugar mientras la cabeza de la pica esté caliente o enfriándose (por ejemplo, de 2 a 5 minutos o incluso más después del corte). En este caso, el período durante el cual la máquina no está cortando puede usarse para realizar la grabación (en donde la cabeza de la pica puede ser escaneado sensorialmente).

En diversas modalidades, todas las picas se identifican en cada revolución de la cabeza de la pica, de forma cuasi cíclica, por ejemplo, en conexión con un sensor de ángulo que detecta la posición de la cabeza de la pica, o en función de su posición (por ejemplo, almacenada) y/o disposición relativa en el mismo, su perfil geométrico, que es claramente distinguible debido a la diferencia de temperatura, puede determinarse desde múltiples perspectivas (también denominadas vistas) y compararse con el estado objetivo.

La visualización del mapa de evaluación (también denominado mapa de estado) puede realizarse en la cabina del conductor, lo que permite al usuario realizar un seguimiento del estado de cada pica (por ejemplo, casi) en tiempo real y detectar signos problemáticos de desgaste en una etapa temprana. Para ello, no es necesario determinar la temperatura absoluta de la pica como tal. Los marcadores opcionales en la superficie de la cabeza de la pica facilitan considerablemente el procesamiento de imágenes.

Según diversas modalidades, una o preferiblemente múltiples cámaras infrarrojas están dispuestas cerca de la cabeza de la pica equipado con picas, preferiblemente, pero no limitadas a, picas cónicas (por ejemplo, protegidas contra caídas de rocas), y continuamente o periódicamente (por ejemplo, después de completar una operación de corte en toda la altura y/o anchura de la cara) registran imágenes infrarrojas (coloquialmente denominadas imágenes térmicas) de las picas que entran en el área de registro de la cámara infrarroja con la firma térmica del corte recién ejecutado o del ciclo de corte completado desde el área de corte. La forma o, por ejemplo, el perfil tridimensional de cada pica se deriva de las imágenes infrarrojas adquiridas y se compara con la imagen de referencia en el momento de la instalación de la pica. Dependiendo del resultado de esta comparación, se asigna un estado de desgaste y se visualiza en un mapa del tambor de corte como un mapa de estado, por ejemplo, utilizando puntos de colores, números, código o similar. En el caso de exceder los valores predefinidos, se puede activar una alarma acústica y/o visual, que informa al usuario sobre la excedencia a través del estado determinado. Como alternativa, o adicionalmente, la alarma puede iniciar una parada de emergencia, por ejemplo, si se detecta un bloqueo o una rotura de la pica como estado de la pica.

Se configuran diversas modalidades para distinguir entre diferentes tipos de desgaste durante la determinación del estado de la pica, lo que puede tener diferentes efectos en la urgencia de un cambio de pica, y contribuir así a una optimización significativa del funcionamiento de la máquina excavadora.

En contraposición a los conceptos convencionales, según diversas modalidades, se lleva a cabo una evaluación de los perfiles geométricos mediante procesos de obtención de imágenes. Esto permite detectar de forma temprana tanto el tipo de desgaste como el tamaño de la zona afectada y hacer funcionar la máquina de corte de forma proactiva y/o sin paradas de inspección fijas. Lo ideal es cambiar las picas en un momento óptimo, cuando las fuerzas normales más elevadas relacionadas con el desgaste y la disminución del rendimiento de corte están en una relación favorable. Los conceptos convencionales que utilizan cámaras infrarrojas ignoran la forma geométrica (también denominada geometría) y la superficie de desgaste de las picas desgastadas y determinan los valores absolutos de temperatura de la pica.

Según diversas modalidades, el estado de la pica se puede determinar de forma fiable basándose en datos de imagen incluso si estos datos de imagen proceden de una pica que no está totalmente ocupada en el corte y ya se está enfriando, o si el material cortado se adhiere a ella. Esto mejora significativamente la detectabilidad de los cambios en la forma de la pica.

Según diversas modalidades, durante el funcionamiento se lleva a cabo una detección de la forma basada en infrarrojos de los cabezales de la pica. A diferencia de los conceptos convencionales, que solo detectan la temperatura absoluta de la punta de la pica, dependiendo tanto de la roca como de las condiciones de funcionamiento, utilizando cámaras infrarrojas, según diversas modalidades, incluso pequeñas diferencias de temperatura pueden ser suficientes para determinar de manera confiable el estado de la pica, que por lo tanto es significativamente más resistente a las perturbaciones (como el polvo y el agua). Otro aspecto según diversas modalidades es una detección de la forma espacial de las picas montadas de manera rotatoria, que mejora aún más la base de datos para la determinación del estado de la pica.

Según diversas modalidades, el grado de desgaste individual de cada pica en la cabeza de la pica se determina, por ejemplo, cuantitativamente durante el funcionamiento, y se asigna a cada pica una evaluación gradual correspondiente. También es posible identificar el tipo de desgaste, por ejemplo, para diferenciar entre desgaste asimétrico (por ejemplo, cuando se rompen partes de la punta de la pica) y desgaste simétrico (por ejemplo, con desgaste normal en todos los lados). El análisis del estado puede tener lugar durante el funcionamiento y los resultados pueden transmitirse visualmente al operador, así como directamente al tren de potencia, por ejemplo, para activar una parada de emergencia después de la rotura de la pica o para indicar las picas específicas que deben reemplazarse para evitar daños más graves.

Con los conceptos convencionales se requieren distribuciones de temperatura reales y/o imágenes infrarrojas, por ejemplo, buscando el valor máximo de la temperatura en base a estas.

En cambio, según diversas modalidades, no se evalúa una temperatura (por ejemplo, la temperatura absoluta), sino que se identifica el contorno, por ejemplo, de gradientes, basándose en datos de imagen que representan una distribución espacial de la intensidad de la radiación infrarroja (claramente una imagen de intensidad de la radiación infrarroja), por ejemplo, que representan los valores de radiación asociados. En algunas modalidades, se determinan una o más cabezas de pica (por ejemplo, su posición y/o identidad) basándose en los datos de imagen. Basándose en los datos de imagen, se puede extraer un perfil 3D de la cabeza de la pica para comparar este perfil 3D con un perfil de referencia (es decir, perfil del estado de referencia), que es invariable a la temperatura.

Esto tiene en cuenta el hecho de que las imágenes infrarrojas y la indicación de temperatura basada en ellas pueden ser susceptibles a interferencias, por ejemplo, debido a diferencias en la emisividad de la radiación infrarroja (también conocida como radiación IR), que puede depender del material y del estado de la superficie. Por el contrario, de acuerdo con diversas modalidades, se reconoció que la determinación de un contorno es menos susceptible a interferencias que la indicación de temperatura (valores absolutos) o las estimaciones del estado de la pica basadas en esta.

La Figura 1 ilustra un método (100) de acuerdo con diversas modalidades en un diagrama de flujo esquemático. El método comprende, en (101) (también denominado determinación geométrica (101)), la determinación de una indicación (también denominada indicación geométrica), que representa al menos una (es decir, una o más de una) propiedad geométrica de la pica; y en (103) (también denominado determinación de estado (103)), la determinación de un estado (también denominado estado de la pica) de la pica basándose en la indicación. La geometría de la pica puede determinarse basándose en datos de imagen (807i), por ejemplo, que comprenden uno o más fotogramas de la pica y/o representan la pica desde múltiples perspectivas. El resultado de la determinación de estado (103) puede comprender el estado real (también denominado estado determinado) de la pica (también denominado estado real de la pica). En el presente documento se hace referencia a un estado de desgaste como un estado de la pica ejemplar para facilitar la comprensión. Lo descrito también puede aplicarse por analogía a estados de pica de otros tipos.

Para acortar la descripción, en el presente documento se hace referencia, entre otras cosas, a un análisis de estado (807) (por ejemplo, que implementa un monitoreo de estado) que comprende la determinación geométrica (101) y la determinación de estado (103). Además, se puede entender que lo que se describe en el presente documento para una sola pica (por ejemplo, procesamiento de datos de imagen y similares) puede aplicarse por analogía a cada pica de un grupo de selecciones (también denominado grupo de monitoreo).

Opcionalmente, el método comprende uno o más de los siguientes: en (801), leer los datos de imagen (807i) de la cámara infrarroja (también denominado proceso de lectura (801)); en (803), capturar los datos de imagen utilizando la cámara infrarroja (también denominado detección de imagen (803) o detección óptica); en (805), generar instrucciones (también denominadas instrucciones (805)) basadas en un resultado de la determinación de estado (103); en (809), excavación de un material (también denominado material a excavar) utilizando la pica (también denominado proceso de excavación (809) o proceso de corte (809)); y/o, en (811), comparación de la indicación geométrica con un estado de referencia de la pica (también denominada comparación geométrica (811)).

Durante el proceso de excavación (809) (por ejemplo, procesos de excavación de rocas), la pica (5) puede moverse (también denominado movimiento de pica), por ejemplo, repetidamente según una secuencia de excavación que comprende una primera fase (809a) (también denominada fase de corte o corte corto) en la que la pica está en contacto con el material a excavar, y una segunda fase (809b) (también denominada fase de reposo) en la que la pica (5) está a una distancia del material a excavar. En la fase de reposo, la pica (5) puede moverse, por ejemplo, a lo largo de un camino cerrado (también denominado camino de pica) alejándose del material a excavar y/o acercándose al material a excavar. Si el proceso de excavación

de material (809) finaliza (por ejemplo, se interrumpe), la pica puede seguir moviéndose a lo largo del camino de pica, pero sin tocar el material a excavar (también denominado funcionamiento en reposo).

Si la pica está fijada a una denominada cabeza de la pica, la trayectoria de la pica puede ser circular (también denominada movimiento circular) o estar definida por la revolución de una cadena portadora equipada con picas. Alternativamente, o adicionalmente, la trayectoria de la pica (por ejemplo, circular) a lo largo de la cual se mueve la pica (5) puede estar situada en un denominado plano de rotación (1002) de la pica (véase, por ejemplo, la Figura 11).

Por ejemplo, el movimiento de la pica puede tener lugar, por ejemplo, repetidamente según la secuencia de excavación, mientras se lleva a cabo el proceso de lectura (801) y/o la detección de imágenes (803). Alternativamente, el movimiento de la pica puede interrumpirse durante la duración de la detección de imágenes (803).

En algunas modalidades, las instrucciones pueden generarse de acuerdo con un protocolo de comunicación de red, por ejemplo, como un mensaje, o en forma de otra señal. Las instrucciones pueden comprender opcionalmente una indicación sobre el resultado de la determinación de estado (103) (por ejemplo, el estado determinado).

En una primera implementación ejemplar de la instrucción (805), las instrucciones instruyen para emitir el resultado de la determinación de estado (103) o al menos para proporcionar una salida perceptible por humanos basada en el resultado de la determinación de estado (103). Las instrucciones pueden entonces dirigirse a una interfaz de usuario, por ejemplo, que se controla utilizando las instrucciones.

En la primera o una segunda implementación ejemplar alternativa de la instrucción (805), las instrucciones comprenden cambiar un movimiento de la pica, por ejemplo, detenerse, disminuir la velocidad, acelerar. Las instrucciones pueden dirigirse entonces a un tren de potencia, por ejemplo, que se controla utilizando las instrucciones. El tren de potencia puede, por ejemplo, estar configurado para suministrar energía cinética a la pica (5) (con el fin de impulsar el movimiento de la pica). Por ejemplo, las instrucciones pueden ordenar al tren de potencia que detenga la pica en una posición predefinida y/o que cambie su velocidad de movimiento. Por ejemplo, la posición predefinida puede estar configurada para facilitar el acceso a la pica (por ejemplo, para su inspección o cambio).

La detección de imágenes (803) puede sincronizarse opcionalmente con el movimiento de la pica (también denominado detección de imágenes sincronizadas), por ejemplo, de tal manera que sus frecuencias dependan entre sí. La detección de imágenes sincronizadas puede implementarse, por ejemplo, utilizando un sensor (por ejemplo, un sensor de ángulo de rotación) que esté configurado para detectar el movimiento de la pica (por ejemplo, un movimiento circular). Por ejemplo, el sensor de ángulo de rotación puede configurarse para detectar una rotación (por ejemplo, la frecuencia de rotación y/o la velocidad de rotación) de la cabeza de la pica. El control de la cámara infrarroja puede basarse entonces en datos que se originan a partir del sensor y/o que representan el movimiento de la pica.

La duración del movimiento circular completo puede corresponder, por ejemplo, a la duración de la secuencia de excavación. En este caso se hace referencia, entre otras cosas, al movimiento circular,

entendiéndose que lo descrito puede aplicarse por analogía si la trayectoria de la pica tiene una forma diferente.

Sin embargo, la frecuencia de detección también puede controlarse mediante una posición específica (altura, desviación lateral) del soporte de la cabeza de la pica móvil o mediante una señal proporcionada por el sistema de control de la máquina, por ejemplo, para detectar siempre el estado de la pica después de un corte completo en toda la cara y para este propósito exponer la cámara a las duras condiciones ambientales solo brevemente, fuera del proceso de corte activo.

A continuación, se explican diversas implementaciones del método (100) utilizando un sistema de excavación, las cuales deben entenderse como ejemplares.

La Figura 2 ilustra un sistema de excavación (200) según diversas modalidades en un diagrama de diseño esquemático.

El sistema de excavación (200) comprende una máquina excavadora (202) y una cámara infrarroja (6). La máquina excavadora (202) comprende la pica (5) y está configurada para excavar el material que se va a excavar utilizando la pica (5), por ejemplo, presionando la pica (5) contra el material que se va a excavar. La cámara infrarroja (6) puede estar configurada para detectar datos de imagen. Durante el funcionamiento del sistema de excavación (200), por ejemplo, cuando se lleva a cabo el proceso de excavación (809) utilizando la máquina excavadora (202), la cámara infrarroja (6) puede estar dirigida a la máquina excavadora (202), por ejemplo, sobre su pica (5) o al menos sobre la trayectoria de la pica, de modo que los datos de imagen de la pica (5) puedan detectarse utilizando la cámara infrarroja (6).

El sistema de excavación (200) comprende además un dispositivo de procesamiento de datos (106), que está configurado para realizar el método (100). Además, el dispositivo de procesamiento de datos (106) puede estar acoplado comunicativamente (204) a la cámara infrarroja (6) durante el funcionamiento, por ejemplo, de forma inalámbrica y/o por cable.

Una modalidad ejemplar de la máquina excavadora (202) comprende una cabeza de corte (2), que está configurada para sujetar una o más picas (5). Además, la cabeza de corte (2) puede comprender, por ejemplo, uno o más de los denominados portapicas (8), de los cuales cada portapicas (8) está configurado para sujetar una pica (5). El portapicas (8) puede comprender, por ejemplo, una cavidad (también denominada ranura para picas) para recibir la pica (5) y un dispositivo de bloqueo opcional (no mostrado). El dispositivo de bloqueo está configurado para bloquear de forma ajustada la pica (5) recibida en la cavidad. Esto hace posible cambiar la pica (5) de forma rápida y económica. La cavidad puede comprender opcionalmente un inserto hecho de material resistente al desgaste, el denominado casquillo de desgaste.

La cabeza de corte (2) puede formar el último miembro del tren de potencia de la máquina excavadora (202) (es decir, su cadena cinemática). El tren de potencia puede comprender además uno o más accionamientos configurados para suministrar energía cinética a la pica (5), por ejemplo, suministrando torque a la cabeza de corte (2) o desplazando la cabeza de corte (2). El movimiento giratorio de la cabeza de corte (2) hace que la pica (5) se mueva en un movimiento circular alrededor del eje de rotación (201) de la cabeza de corte (2). La frecuencia del movimiento giratorio de la cabeza de corte (2) y la frecuencia del movimiento circular de la pica (5) (también denominada frecuencia de rotación de la pica (5)) pueden ser idénticas. La

frecuencia de rotación a la que aparece cada pica en el campo de visión de la cámara puede estar en un rango de aproximadamente 0.2 Hz a aproximadamente 2 Hz, por ejemplo, aproximadamente 0.5 Hz (que corresponde a 30 rotaciones del tambor por minuto).

La cabeza de corte (2) está montada de forma giratoria alrededor del eje de rotación (201) (que está dispuesto dentro de la cabeza de corte (2)). Por ejemplo, la máquina excavadora (202) puede comprender un dispositivo de cojinete que comprende un cojinete de pivote que proporciona el eje de pivote (201) (también denominado eje de la cabeza (201)). El eje de la cabeza (201) puede ser transversal al plano de rotación (1002) de cada pica (5) que se mueve utilizando la cabeza de corte (2).

Opcionalmente, el dispositivo de soporte puede comprender un brazo (también denominado pluma) que sujeta la cabeza de corte (2). En este caso, el dispositivo de soporte, por ejemplo, su brazo, puede estar configurado para mover el eje de rotación (201) de la cabeza de corte (2), por ejemplo, para desplazarlo y/o rotarlo a lo largo de una dirección de movimiento (también denominado movimiento pivotante en el caso de rotación).

Si la pica es una pica cónica, puede estar configurada para poder girar en la ranura de la pica alrededor de su eje (203) (también denominado rotación de la pica o, en términos simplificados, rotación interna). Esto mejora la simetría del desgaste de la pica (5). La rotación del eje de la pica puede tener lugar (por ejemplo, solo) en la fase de corte y/o ser estimulada por la interacción con el material a excavar (por ejemplo, roca).

Ejemplos de la máquina de excavación (202) comprenden: una cizalla, una excavadora, una rozadora, una denominada máquina de extracción continua, una denominada máquina de minería de superficie o una máquina perforadora de túneles. A continuación, se explican primero algunas implementaciones del sistema de excavación (200) y luego se discuten modalidades específicas del método (100). Además, se hace referencia a datos de imagen en los que se basa la determinación geométrica (101), que son proporcionados por un sistema de cámara. Se puede entender que lo que se describe para los datos de imagen del sistema de cámara puede aplicarse por analogía a los datos de imagen proporcionados por exactamente una o más cámaras infrarrojas.

La Figura 3 ilustra un sistema de excavación (200) según diversas modalidades (300) en una vista esquemática en perspectiva, en la que la máquina de excavación (202) está configurada como una denominada máquina de extracción continua (7) (también denominada "máquina de corte continuo"). La máquina de extracción continua (7) comprende una o más cabezas de corte (2), que están configuradas como una cabeza de corte transversal. La cabeza de corte puede ser cilíndrica (también denominada tambor de corte).

El movimiento de pivotamiento (301b) de la máquina excavadora (202) puede ser alrededor de un eje de rotación (301), que está dispuesto paralelo al eje de la cabeza (201) y fuera de la cabeza de corte (2). Alternativamente, o adicionalmente, el dispositivo de cojinete (3) puede estar configurado para desplazar el eje de la cabeza (201) a lo largo de uno o más ejes de traslación y/o para girar alrededor de uno o más ejes de rotación adicionales (ver flechas).

Además, el sistema de excavación (200) puede comprender una o más cámaras infrarrojas (6), cuyas posiciones de montaje ejemplares comprenden: en la pluma (3) (por ejemplo, en el lado frontal o posterior de la pluma (3)), en la cabina del usuario (4) de la máquina excavadora (202), al lado de la máquina excavadora (202) (por ejemplo, apoyada sobre una base de la máquina excavadora (202)), en un chasis de la máquina excavadora (202).

Una implementación ejemplar de la cámara infrarroja (6) dispuesta adyacente a la máquina excavadora (202) puede ser transportada por un soporte (352) que comprende uno o más pies (por ejemplo, un trípode) dispuestos sobre una base sobre la que se dispone la máquina excavadora (202). Como alternativa o además del pie, el soporte (352) también puede comprender un asa para que la transporte el usuario. Esto mejora la flexibilidad del sistema de excavación (200).

En general, se debe tener en cuenta que también se puede seleccionar cualquier otra posición de montaje, siempre que permita que una cámara infrarroja (6) montada allí se dirija hacia una pica (5) de modo que la trayectoria de la pica esté dispuesta al menos parcialmente en el campo de visión de la cámara infrarroja. La determinación geométrica (101) puede basarse en los datos de imagen de una sola cámara infrarroja (6) o en los datos de imagen de varias cámaras infrarrojas (6), que difieren entre sí en su posición de montaje. Cuantas más cámaras infrarrojas (6) o posiciones de montaje diferentes se utilicen, mejor será la base de datos para la determinación geométrica (101), como se explicará con más detalle más adelante.

Opcionalmente, los datos de la imagen pueden visualizarse directamente mediante una interfaz gráfica de usuario, por ejemplo, su dispositivo de visualización en la cabina (4), o en una unidad de control y monitorización remota.

Como se muestra, la cabeza de corte (2) puede comprender varias picas (5) que se diferencian entre sí en la trayectoria de picas a lo largo de la cual se mueven. Alternativamente, o adicionalmente, la cabeza de corte (2) puede comprender varias picas (5) que coinciden en la trayectoria de picas a lo largo de la cual se mueven. Sin embargo, debe observarse que no es absolutamente necesario que la trayectoria de movimiento de cada pica (5) en la cabeza de corte (2) esté dispuesta en el campo de visión de una cámara infrarroja (6) del sistema de cámara. En otras palabras, el grupo de monitoreo no tiene que comprender todas las picas. También puede tener lugar una especie de análisis de estado aleatorio (807).

Por analogía con las modalidades (300), la Figura 4 ilustra el sistema de excavación (200) según diversas modalidades (400) en una vista esquemática en perspectiva, en la que la máquina de excavación (202) está configurada como una denominada rozadora (1). La rozadora (1) comprende una o más cabezas de corte (2), que están configuradas como una cabeza de la pica transversal. Por ejemplo, la pluma (3) puede estar dispuesta entre dos cabezas de corte transversales.

Se hace referencia aquí a modo de Ejemplo a la rozadora y asimismo a la excavadora continua, entendiéndose que lo descrito para la rozadora puede aplicarse por analogía a la excavadora continua y viceversa, y asimismo a una máquina excavadora de un tipo diferente.

Las Figuras 5A y 5B ilustran cada una el sistema de excavación (200) según diferentes modalidades (500a), (500b) en una vista en perspectiva esquemática que mira hacia la cabeza de corte (2), que difieren entre sí en la configuración del sistema de cámara (502). Como se indicó anteriormente, el sistema

de cámara (502) puede comprender una pluralidad de cámaras infrarrojas (6) que están montadas, por ejemplo, en la pluma (3), y de las cuales se originan los datos de imagen, en los que se basa la determinación geométrica (101).

Según las modalidades (500a), el sistema de cámara (502) está configurado (por ejemplo, dispuesto y alineado) de tal manera que cada pica (5) del grupo de monitorización se mueve a través del campo de visión de más de una cámara infrarroja (6) del sistema de cámara (502) por cada revolución de la cabeza de corte (2). Los datos de imagen comprenden entonces varios fotogramas de la pica por pica y por movimiento circular, que se diferencian entre sí en su ángulo de visión (también denominado perspectiva). Esto facilita la determinación del grado y/o tipo de desgaste de forma más fiable, como se explicará con más detalle más adelante.

En una implementación ejemplar de las modalidades (500a), el sistema de cámara (502) está configurado para detectar datos de imagen estereoscópica de una o más picas (5). Por ejemplo, las cámaras infrarrojas (6) directamente adyacentes del sistema de cámara (502) (también denominadas par de cámaras) están configuradas de tal manera que sus campos de visión en la cabeza de corte (2) se superponen. Por ejemplo, los datos de imagen estereoscópica tienen dos fotogramas de la pica (5) por pica (5) y por movimiento circular de la pica (5) (por ejemplo, en la misma posición y/o al mismo tiempo), que difieren entre sí en su respectivo ángulo de visión (también denominado perspectiva).

Según las modalidades (500b), el sistema de cámara (502) está configurado para detectar únicamente datos de imagen monoscópica de una o más picas (5). Por ejemplo, las cámaras infrarrojas (6) directamente adyacentes del sistema de cámara (502) están configuradas de tal manera que sus campos de visión en la cabeza de corte (2) son adyacentes entre sí o comprenden al menos una distancia entre sí. Las modalidades (500b) son ventajosas, por ejemplo, si hay menos cámaras infrarrojas (6) disponibles por pica, si se requiere una resolución de imagen más alta o si las cámaras infrarrojas (6) disponibles comprenden una resolución demasiado baja para detectar varias picas (5) con suficiente precisión.

De acuerdo con las modalidades (500b), por ejemplo, cada pica (5) puede moverse a través del campo de visión de exactamente una cámara infrarroja (6) por revolución de la cabeza de corte (2). Por ejemplo, la pica puede detectarse desde una sola perspectiva por revolución de la cabeza de corte (2).

La detección de imágenes (803) según las modalidades (500b) puede ser suficiente (por ejemplo, equivalente a las modalidades (500a)) si la pica (5) está configurada para auto-rotación (lo que puede ser la regla para las picas cónicas). Esto se debe a que, en este caso, la posición rotacional de la pica con respecto a la cámara infrarroja (6) en el momento de la detección de imágenes difiere al menos ligeramente durante los sucesivos movimientos circulares debido a la rotación de la pica. Por lo tanto, los fotogramas sucesivos también difieren en la perspectiva desde la que se detectó ópticamente la pica (5).

Si la rotación de la pica está bloqueada (también denominada como un bloqueo de la pica), la pica en las modalidades (500b) pero también en las modalidades (500a) se detecta repetidamente en la misma posición una tras otra. Por lo tanto, este bloqueo de la pica puede determinarse utilizando una comparación de los datos de imagen detectados sucesivamente o utilizando la comparación geométrica (811), como se explicará con más detalle más adelante. Por ejemplo, la determinación del estado puede determinar el bloqueo

de la pica como un estado de la pica si el resultado de una comparación de los datos de imagen detectados sucesivamente o el resultado de la comparación geométrica (811) cae por debajo de un valor umbral.

En una implementación ejemplar no mostrada de las modalidades (500a), el sistema de excavación (200) comprende una pluralidad de sistemas de cámara (502) de acuerdo con las modalidades (500b), entre los cuales se dispone la pluma (3). Claramente, uno de los sistemas de cámara (502) puede estar dirigido a una porción inferior de la cabeza de corte (2) y uno de los sistemas de cámara puede estar dirigido a una porción superior de la cabeza de corte (2).

Las Figuras 6A y 6B ilustran respectivamente el sistema de excavación (200) según diferentes modalidades (600a), (600b) en una vista esquemática en perspectiva con una vista de la cabeza de corte (2), que se diferencian entre sí en la configuración del sistema de cámara (502) análoga a las modalidades (500a), (500b). En contraste con esto, el dispositivo de soporte (3) comprende adicionalmente un travesañ (602), que sobresale por encima de la pluma y soporta el sistema de cámara (502). El travesañ (602) mejora la perspectiva del sistema de cámara (502) y, por lo tanto, mejora la base de datos para la determinación geométrica (101).

Por Ejemplo, cada cabeza de corte (2) puede estar asociada con una cámara infrarroja (6) que está dirigida a la cabeza de corte (2), por ejemplo, de tal manera que su campo de visión detecta la cabeza de corte (2) (por ejemplo, en su totalidad). Por ejemplo, la cabeza de corte (2) en su totalidad puede estar dispuesta en el campo de visión de la cámara infrarroja (6) asignada al mismo (ver las modalidades (600b)).

De manera análoga a las modalidades (500a), el sistema de cámara (502) según las modalidades (600a) está configurado (por ejemplo, dispuesto y orientado) de tal manera que la o cada pica (5) se mueve a través del campo de visión de más de una cámara infrarroja (6) del sistema de cámara (502) por cada revolución de la cabeza de corte (2), por ejemplo, de tal manera que se detectan datos de imagen estereoscópica de al menos una (es decir, una o más de una) pica (5).

De manera análoga a las modalidades (500b), el sistema de cámara (502) según las modalidades (600b) está configurado (por ejemplo, dispuesto y alineado) de tal manera que la al menos una pica (5) se mueve a través del campo de visión de exactamente una cámara infrarroja (6) del sistema de cámara (502) por cada revolución de la cabeza de corte (2), por ejemplo, de manera que solo se detectan datos de imagen monoscópica de la al menos una pica (5).

La Figura 7 muestra el sistema de excavación (200) según diversas modalidades (700) en una vista esquemática en perspectiva con una vista de la cabeza de corte (2) análoga a las modalidades (600a), (600b), pero con la diferencia de que a cada cabeza de corte (2) están asignadas dos cámaras infrarrojas (6) (también denominadas par de cámaras), que están dirigidas a la cabeza de corte (2), por ejemplo de tal manera que su campo de visión detecta la cabeza de corte (2) (por ejemplo, en su totalidad). Esto mejora aún más la base de datos. Naturalmente, también pueden estar presentes más de dos cámaras infrarrojas por cabeza de corte (2) y dirigidas a la cabeza de corte (2).

De manera análoga a las modalidades (600a), cada par de cámaras cuyas cámaras infrarrojas (6) están dirigidas a una cabeza de corte (2) pueden configurarse (por ejemplo, disponerse y orientarse) de tal manera que se detecten datos de imágenes estereoscópicas de la cabeza de corte (2).

A continuación se explican varias implementaciones ejemplares del método para las modalidades del sistema de cámara mencionado en este documento.

La Figura 8 ilustra la determinación geométrica (101) de acuerdo con varias modalidades en un diagrama esquemático (800). La determinación geométrica (101) puede configurarse para procesar los datos de imagen (807i) como entrada y generar la indicación geométrica (852) (como resultado de la determinación geométrica (101)).

La determinación geométrica (101) puede comprender, en (851), determinar una representación basada en datos (13) (también denominada representación geométrica (13)) de una geometría de la pica (5) (por ejemplo, ejemplificada aquí por el contorno (13) de la cabeza de la pica) basándose en los datos de imagen. La representación geométrica (13) puede representar una o más de las siguientes propiedades geométricas de la pica (por ejemplo, la cabeza de la pica): un contorno; un área de sección transversal encerrada por el contorno de la pica (por ejemplo, la cabeza de la pica) y/o una proyección plana (desde el ángulo de visión de la cámara infrarroja) de la misma; una extensión geométrica.

La determinación (851) de la representación geométrica (13) puede tener lugar, por ejemplo, utilizando uno o más algoritmos de procesamiento de imágenes. El algoritmo de procesamiento de imágenes puede, por ejemplo, comprender un filtro (también denominado filtro de imágenes o filtro de gráficos) que está configurado para generar, para cada fotograma, una pluralidad de componentes de imagen (por ejemplo, coordenadas de píxeles) del fotograma que cumplen un criterio predeterminado (también denominado filtrado). Los Ejemplos del algoritmo de procesamiento de imágenes comprenden: una detección de bordes, un filtro de paso alto de Fourier, un filtro de umbral, un filtro de paso bajo de Fourier, un análisis de diferencia de valor de color, una detección de objetos, una detección de geometría, un algoritmo entrenado. El algoritmo puede entrenarse utilizando aprendizaje automático, por ejemplo, basándose en datos de entrenamiento que comprenden datos de imagen de selecciones de geometría conocida.

El algoritmo entrenado puede ser, por ejemplo, una red neuronal artificial (RNA) monocapa o multicapa en conjunción con un método de descenso de gradiente. La red puede ser, por ejemplo, un perceptrón multicapa de retroalimentación o de avance. La RNA puede realizar una clasificación de autoaprendizaje, por ejemplo, con cuantificación de vectores de aprendizaje, puede contener variables de aprendizaje aleatorias o estadísticas (RNA probabilística) o procesar indicaciones con retraso temporal de ejecuciones anteriores para lograr una mejor clasificación (RNA con retraso temporal).

Alternativamente, o adicionalmente, la representación geométrica (13) puede determinarse generalmente utilizando cualquier proceso de planimetría.

Por Ejemplo, el análisis de la diferencia de valores de color puede comprender un criterio de diferencia como criterio que se cumple para un componente de la imagen (por ejemplo, un píxel) si una diferencia entre el valor de color del píxel y los píxeles adyacentes supera un valor umbral. Esto facilita la determinación del contorno de la representación geométrica (13). Por analogía, un valor umbral de un gradiente de un cálculo de ecualización basado en varios valores de color puede servir como criterio. Alternativamente, o adicionalmente, se pueden filtrar aquellos componentes de la imagen cuyo valor de color supera un valor umbral y/o cuya diferencia entre el valor de color del píxel y los píxeles adyacentes cae por

debajo de un valor umbral (también denominado criterio de homogeneidad). Esto facilita la determinación del área de la representación geométrica (13).

La indicación geométrica puede comprender una o más propiedades de la representación geométrica basada en datos (13) (también denominada propiedad geométrica) o al menos derivarse de la misma. Ejemplos de la propiedad geométrica comprenden: una circunferencia (13u) de la representación geométrica (13); un centro de gravedad (por ejemplo, geométrico) (13m) (preferiblemente de la proyección plana encerrada por un contorno de la pica), por ejemplo su posición; un área de la superficie (13a) (por ejemplo, que representa el área de la sección transversal de la pica); un ángulo (13w), que está encerrado por dos bordes de la representación geométrica (13) (por ejemplo, en la punta de la pica, también denominado ángulo de cuña (13w)); una extensión (13d) de la representación geométrica (13) (por ejemplo, que comienza desde la punta de la pica, por ejemplo, a lo largo del eje de la pica, también denominada altura de la pica); una o más propiedades geométricas de un marcador térmico (también denominado propiedad del marcador), que se analizarán con más detalle más adelante.

Cada una de estas propiedades geométricas puede ser, por sí sola, una base suficiente para realizar una determinación de estado fiable (103) en base a ellas. Sin embargo, se puede entender que la fiabilidad de la determinación de estado (103) puede mejorarse si la indicación geométrica (852) comprende múltiples propiedades geométricas que pueden ponderarse opcionalmente. La ponderación consigue un grado adicional de libertad para adaptar el método (100) a fuentes de interferencia de diferentes tipos y compensarlas de este modo.

Se muestra una indicación geométrica multicomponente (852), que comprende múltiples valores numéricos como componentes (aquí ejemplificados como $w_1, \dots, w_n$; $m_1, \dots, m_n$; $d_1, \dots, d_n$; $a_1, \dots, a_n$) y expresados aquí en forma vectorial para abreviar la notación. La indicación geométrica multicomponente (852) mejora la confiabilidad de la información en la que se basa la determinación de estado (103). Expresada en esta notación vectorial, la indicación geométrica multicomponente (852) puede comprender una o más dimensiones, cada dimensión haciendo referencia a una propiedad en la que los valores difieren entre sí (por ejemplo, un tiempo, un tipo, etc.).

Por Ejemplo, una primera dimensión (852a) de la indicación geométrica (852) puede hacer referencia a un tipo de la propiedad geométrica. Alternativamente, o adicionalmente, una segunda dimensión (852b) de la indicación geométrica (852) puede hacer referencia al cuadro (aquí ejemplificado como #1, #2, etc.) en donde se basa la indicación geométrica (852), por ejemplo, su número de imagen y/o su tiempo, y/o de otra manera hacer referencia a un historial de tiempo. Naturalmente, se puede hacer referencia a más o menos propiedades de la indicación geométrica (852). Por ejemplo, se puede hacer referencia alternativa o adicionalmente a la perspectiva en la que se basa el componente, por ejemplo, por pica y/o movimiento circular de la pica.

En la matriz ejemplar mostrada, todas las entradas de la columna No. 1 pueden basarse en el mismo fotograma o en varios fotogramas del mismo momento en el tiempo. Alternativamente, o adicionalmente, todas las entradas de la fila del ángulo (13w) pueden indicar el valor de un ángulo (13w) encerrado por dos bordes de la representación geométrica (13) (por ejemplo, en la punta de la pica). Las

entradas a lo largo de la segunda dimensión (852b) luego trazan un mapa de la progresión de las propiedades geométricas a lo largo del tiempo, lo que facilita la detección de pequeños cambios en la geometría de la pica.

Opcionalmente, la determinación de estado (103) puede basarse en un valor numérico que es una función de valores (por ejemplo, ponderados) de múltiples propiedades geométricas de diferentes tipos y/o diferentes momentos en el tiempo. Esto mejora la fiabilidad de la información en la que se basa la determinación de estado (103). La ponderación de los valores de múltiples propiedades geométricas de diferentes tipos y/o diferentes momentos en el tiempo facilita la adaptación del método a la aplicación específica.

Opcionalmente, el algoritmo de procesamiento de imágenes puede comprender un algoritmo que está configurado para convertir una etapa preliminar de la representación geométrica (13) en la representación geométrica (13). Un Ejemplo de esto es el suavizado de la superficie (13a), el contorno (13u) o similar. Un Ejemplo alternativo o adicional es un cálculo de ajuste que convierte un conjunto de coordenadas de píxeles en una trayectoria basada en vectores. La trayectoria puede ser, por ejemplo, un poliedro, que se utiliza como contorno (13u), y/o estar suavizado. Lo mismo se aplica análogamente a los nodos de la trayectoria.

Como se ha explicado anteriormente, el método (100) comprende opcionalmente la comparación geométrica (811). En ese caso, la determinación del estado se basa en un resultado (también denominado resultado de comparación) de la comparación geométrica (811). En un primer Ejemplo de modalidad del mismo, la indicación geométrica (852) se compara con un estado objetivo (por ejemplo, almacenado) de la pica como estado de referencia (también denominada comparación absoluta), por ejemplo, con una indicación geométrica objetivo. En el primer Ejemplo de modalidad o en un segundo Ejemplo alternativo del mismo, la indicación geométrica se compara con una indicación geométrica anterior (por ejemplo, almacenada) de la misma pica como estado de referencia (también denominada comparación relativa). Esto puede ser necesario opcionalmente si una pica recién insertada, prácticamente sin usar, presenta propiedades superficiales diferentes a las de una pica usada y, por lo tanto, dificulta la detección del contorno. La indicación geométrica objetivo podría determinarse entonces, por ejemplo, después de un número reducido definido de horas de funcionamiento. La comparación relativa puede comprender alternativa o adicionalmente la comparación de varios componentes de la indicación geométrica del mismo tipo entre sí, siempre que la indicación geométrica sea dependiente del tiempo.

La comparación absoluta facilita la comparación de varias picas entre sí y/o permite determinar la vida útil restante de una pica. La comparación relativa mejora la fiabilidad del proceso.

En un escenario ejemplar, la propiedad geométrica (por ejemplo, el contorno) de la pica se superpone con material de roca adherido a él. Sin embargo, los errores debidos a esta superposición se pueden evitar mediante una comparación estadística con las imágenes anteriores como una comparación relativa y una instrucción para emitir una advertencia ligeramente retrasada (como una señal). Alternativamente, o adicionalmente, el material adherido puede aparecer más oscuro en una comparación absoluta debido a la menor conductividad térmica y las diferencias en la emisividad y, por lo tanto, puede distinguirse de la pica real.

El método (100) puede comprender opcionalmente la clasificación de la indicación geométrica determinada (852) y/o los datos de imagen subyacentes como no válidos (también denominado descarte) en función de un resultado de la comparación geométrica (811). En este caso, la determinación de estado (103) puede configurarse opcionalmente para ignorar todas las indicaciones geométricas (852) clasificadas como no válidas. En una implementación ejemplar de descarte, esto puede basarse en el resultado de la comparación relativa, por ejemplo, si una desviación de la indicación geométrica real con respecto a la indicación geométrica anterior supera un valor umbral. Por ejemplo, un contorno de pica solo puede clasificarse como válido si se produce repetidamente en una forma similar y, de lo contrario, descartarse como un valor atípico.

A continuación se explican varias implementaciones del método (100) en las que se determina la representación geométrica (13).

La Figura 9 ilustra el método (100) de acuerdo con varias modalidades en un diagrama de flujo esquemático (900). El sistema de detección de imágenes (803) y/o el sistema de cámara (502), mediante el cual se realiza la detección de imágenes (803), pueden estar configurados para detectar datos de imagen (807i) que comprenden exactamente un fotograma (9) por cada (por ejemplo, n) movimiento(s) circular(es) de la pica (5) alrededor del eje de rotación (201) (n puede ser, por ejemplo, 1 o más). Por ejemplo, la detección de imágenes (803) puede estar sincronizada con el movimiento circular de la pica (5), por ejemplo, de tal manera que una frecuencia de la detección de imágenes f_B (también denominada frecuencia de detección de imágenes) sea una función de la frecuencia de rotación f_D de la pica (5). Por ejemplo, puede cumplirse la relación: $n \cdot f_D \leq f_B$, donde n es un número natural.

Puede resultar ventajoso que el análisis de estado (807) se realice de forma individual para cada pica (5) en la cabeza de corte (2), es decir, que el grupo de monitorización comprenda todas las picas (5) en la cabeza de corte (2). Por lo tanto, puede entenderse que el procesamiento de los datos de imagen descrito en el presente documento puede realizarse por analogía para cada pica (5) en la cabeza de corte (2), pero no tiene por qué ser necesariamente así. También puede ser suficiente no realizar el análisis de estado (807) para todas las picas (5) en la cabeza de corte (2) con el fin de ahorrar recursos. En ese caso, el grupo de monitorización puede comprender solo una parte (por ejemplo, menos del 90% o menos del 75%) de las picas (5) en la cabeza de corte (2).

Puede ser ventajoso además que el análisis de estado (807) de cada pica (5) del grupo de monitorización se base en al menos un fotograma de la pica (5) por intervalo de tiempo. El intervalo de tiempo puede ser, por ejemplo, la duración de un movimiento circular completo de la pica (5) (es decir, $1/f_D$). En ese caso, la pica (5) puede ser detectada ópticamente cada vez que pasa por el sistema de cámara. Sin embargo, cuantas más picas (5) contenga la cabeza de corte (2), por ejemplo, esto puede superar la frecuencia de detección de imágenes a la que el sistema de cámara (502) proporciona fotogramas fiables. En este caso, o por otras razones, también puede ser suficiente que se utilice n veces la duración de un movimiento circular de la pica (5) como intervalo de tiempo. Puede ser ventajoso además ajustar la frecuencia de detección de imágenes a la secuencia de trabajo, por ejemplo, después de cada corte completo en la cara mientras la máquina está inactiva y mueve la pluma a una nueva posición de inicio.

Como parte de los datos de imagen (807i) se muestra aquí, a modo de Ejemplo, un fotograma (9) basado en la temperatura (también denominado imagen infrarroja (9)) de la pica (5) durante el proceso de excavación (809). Debido a la fricción mecánica de la pica (5) sobre el material a excavar durante el proceso de excavación (809), se introduce energía térmica en la pica (5) (principalmente en la punta de la pica), lo que provoca un calentamiento de la pica (5). Esto se contrarresta mediante el enfriamiento de la pica mediante la emisión de radiación infrarroja y la transferencia de calor a su entorno (por ejemplo, mediante conducción de calor en la pica y en los puntos de contacto del soporte de la pica). El enfriamiento y el calentamiento alcanzan un equilibrio cuando la pica alcanza la denominada temperatura de funcionamiento, alrededor de la cual fluctúa la temperatura real de la pica (5) en el ciclo del movimiento circular y/o la secuencia de excavación. En funcionamiento normal, sin eventos de mayor desgaste tales como bloqueos, la temperatura de funcionamiento promedio de la punta puede ser mayor que aproximadamente 150°C, por ejemplo, o que aproximadamente 250°C, mientras que en la punta se pueden alcanzar más de 750°C, por ejemplo, durante un corto tiempo incluso en funcionamiento normal.

La liberación de calor de la pica al portapicas, por ejemplo, es una función de la conductividad térmica de estos, del área de contacto de estos entre sí y del tiempo de contacto de estos entre sí.

En términos simplificados, se produce un flujo de calor desde la punta de la pica (10) a través de la cabeza de la pica (11) hasta el soporte de la pica (8) o al menos hasta el eje de la pica, lo que genera un gradiente de temperatura que se representa mediante la información de color de la imagen infrarroja (9). Por ejemplo, un valor de brillo más alto de la imagen infrarroja (9) corresponde a una temperatura más alta y, por lo tanto, a la cabeza de la pica (11).

Este gradiente de temperatura se produce poco después del inicio del proceso de excavación (809) (por ejemplo, después de una breve fase de corte) y también se puede detectar durante todo el movimiento circular de la pica, incluso si la pica solo está en contacto con el material a excavar durante una fracción del movimiento circular. Esto se aplica igualmente al tiempo durante el cual se interrumpe el proceso de excavación (809), por ejemplo, cuando no hay corte, lo que puede ser el caso al reposicionar después de cortar una altura de frente de arriba a abajo o viceversa con una rozadora o una máquina de corte continuo.

Dependiendo de la implementación específica, la detección de imágenes solo puede tener lugar cuando se interrumpe el proceso de excavación (809), es decir, cuando ninguna pica está en contacto con el material a excavar y/o la máquina excavadora (202) está a distancia del material a excavar.

En una modalidad (por ejemplo, el caso explicado anteriormente, preferiblemente donde las grabaciones se realizan durante el corte donde el peligro es particularmente alto), el sistema de excavación puede comprender un dispositivo de protección de cámara que protege (por ejemplo, cubre) el sistema de cámara (por ejemplo, una o más lentes de cámara del mismo) de partículas sólidas (por ejemplo, escombros voladores) del proceso de excavación (809). Sin embargo, se puede entender que el dispositivo de protección de cámara se puede utilizar alternativa o adicionalmente en otros casos, como se describirá con más detalle más adelante.

En otra implementación, la detección de imágenes se puede realizar cuando el proceso de excavación (809) se lleva a cabo utilizando la cabeza de corte (2) (por ejemplo, un tambor de corte (2)), por

ejemplo, cuando la pica está en la fase inactiva de su trayectoria de pica, o incluso en un modo inactivo (por ejemplo, en una rotación inactiva) después del proceso de excavación (809). Opcionalmente, la pica (5) y el portapicas (8) se pueden detectar en múltiples perspectivas.

Cuando la cámara infrarroja (6) comienza a detectar imágenes (también denominadas como registro) después o incluso durante un proceso de excavación (809), la pica (5) es fácilmente detectable en la imagen infrarroja (9) debido al gradiente de temperatura hacia el portapicas (8), el tambor de corte (2) y/o el entorno, por ejemplo, utilizando el algoritmo de procesamiento de imágenes u otro proceso de procesamiento de imágenes. En la imagen infrarroja (9) de la cámara infrarroja (6), la temperatura más alta se detecta en la punta de la pica (10) (por ejemplo, en función del brillo), seguida por la cabeza de la pica (11) y el portapicas (8).

Si la temperatura se codifica mediante valores de luminosidad, la zona de imagen con la temperatura más alta en la imagen infrarroja (9) es la más brillante, el fondo (12) (que puede ser el tambor de corte (2) o el entorno) es ligeramente más oscuro. En este caso, la determinación geométrica se puede utilizar para determinar el contorno de la pica (13) de la cabeza de la pica (11) como representación geométrica (13) en base a la zona de imagen brillante de la imagen infrarroja (9).

Si la pica (5) y el portapicas (8) difieren en su conductividad térmica y/o en el material del que están hechos, las diferencias de temperatura entre ellos son aún mayores y, por lo tanto, más fáciles de determinar. Sin embargo, la radiación emitida por los cuerpos detectados en la imagen infrarroja también puede depender de la emisividad de las superficies de los cuerpos, de modo que los cuerpos con la misma temperatura pueden mostrarse de manera diferente en la imagen infrarroja detectada, por ejemplo, una pica nueva (o portapicas), una pica desgastada (o portapicas) y una pica corroída (o portapicas). Las picas con rayones, suciedad adherida y corrosión emiten mejor la radiación infrarroja que las picas nuevas con una superficie comparativamente lisa, de modo que cuanto más tiempo hayan estado en uso, mejor se detectarán sus contornos en la imagen infrarroja.

La Figura 10 ilustra el método (100) según diversas modalidades en un diagrama de flujo esquemático (1000) similar al diagrama de flujo (900), con la diferencia de que el sistema de cámara (502) detecta (por ejemplo, por movimiento circular) varios fotogramas de la pica (5), que difieren entre sí en perspectiva (también denominada perspectiva de imagen). Por ejemplo, los fotogramas múltiples (imágenes infrarrojas) se detectan utilizando la misma cámara infrarroja (6) desde diferentes ángulos.

La Figura 11 ilustra el método (100) según diversas modalidades en un diagrama de flujo esquemático (1100) similar a los diagramas de flujo (900), (1000), con la diferencia de que la cámara infrarroja (6) está dispuesta junto a un plano (1002) (también denominado plano de rotación) en donde se dispone la trayectoria de recogida (también denominada perspectiva lateral). La detección de imágenes (803) se muestra a la izquierda con la dirección de visualización a lo largo del eje de la cabeza (201) y a la derecha con la dirección de visualización transversal al eje de la cabeza (201).

Esta perspectiva lateral puede resultar, por ejemplo, si varias trayectorias de pica dispuestas una al lado de la otra pasan por el campo de visión de la misma cámara infrarroja (6). Sin embargo, una perspectiva lateral también puede resultar si el eje de pica de una pica (5a) (ver la Figura 5B) está en un ángulo

con respecto al plano de rotación (1002) de la pica (5a), que aparece, por ejemplo, en las secciones de borde de una cabeza de corte (2) (por ejemplo, un tambor de corte (2)) si se debe favorecer un proceso de excavación dirigido lateralmente (809).

En el caso de la perspectiva lateral, es posible determinar varias representaciones geométricas (13) que corresponden a diferentes perspectivas de la cabeza de corte (2) utilizando la misma cámara infrarroja (6). Esto ofrece las mismas posibilidades que la evaluación utilizando datos de imágenes estereoscópicas captadas por varias cámaras infrarrojas (que corresponden al mismo tiempo de captación de imágenes).

La Figura 12 ilustra una configuración del sistema de cámara durante la detección de imágenes (803) según diversas modalidades en una vista en perspectiva esquemática 1(200), por ejemplo, análoga a la detección de imágenes (803) de los diagramas de flujo (900), (1000) y/o (1100). El sistema de cámara puede comprender dos o más cámaras infrarrojas (6), que detectan la pica (5) (por ejemplo, al mismo tiempo) desde diferentes perspectivas (también denominadas vista estereoscópica). Esto facilita la provisión de datos de imagen estereoscópica. Esta vista estereoscópica hace que sea más fácil determinar una fluctuación en la geometría de la pica y/o determinar una dependencia de la geometría de la pica con respecto a la perspectiva. Esto facilita la distinción entre desgaste de pica simétrico y asimétrico como un tipo de desgaste.

La Figura 13 ilustra una pica (5) según diversas modalidades (1300) en una vista lateral esquemática (1300a) con un ángulo de visión transversal al eje de la pica (203) y una vista superior esquemática (1300b) con un ángulo de visión a lo largo del eje de la pica (203), en la que la pica (5) comprende un marcador (14) (también denominado marcador térmico (14), marcador de desgaste o, de forma abreviada, marcador) en la cabeza de la pica (11). Según diversas modalidades, se reconoció claramente que dicho marcador térmico (14) es identificable a partir de los datos de imagen y se destaca del resto de la pica (5). Por ejemplo, se observó que los arañazos ya recientes en una pica nueva aparecen más oscuros en la imagen infrarroja.

El marcador térmico (14) puede comprender uno o más segmentos (también denominados segmento marcador). El marcador térmico (14) de la pica (5) (por ejemplo, cada segmento marcador de la misma) puede diferir de la cabeza de la pica (11) (por ejemplo, el engrosamiento (11k) y/o la punta de la pica (10)) en al menos una propiedad térmica, por ejemplo, una emisividad térmica y/o una conductividad térmica. Esto logra que el marcador térmico (14) se vuelva visible en la imagen infrarroja como una falta de homogeneidad, por ejemplo, incluso con pequeñas diferencias de temperatura y/o si el flujo de calor a través de la pica (5) es invariante en el tiempo.

El marcador térmico (14) puede estar hecho, por ejemplo, de cerámica (por ejemplo, carburo de tungsteno), aluminio, latón, aluminio, bronce, acero inoxidable, esmalte o latón. Además, se pueden realizar ranuras en la cabeza de la pica de modo que la roca cortada obstruya las ranuras, creando así uno o más marcadores térmicos correspondientes de forma continua durante el funcionamiento.

Las implementaciones ejemplares del marcador térmico (14) (por ejemplo, cada segmento de marcador del mismo) se forman utilizando un recubrimiento y/o un material de diferente conductividad térmica

y/o emisividad que la cabeza de la pica (11). Las implementaciones ejemplares del marcador térmico (14) (por ejemplo, uno o más segmentos de marcador del mismo) se incrustan, cortan o aplican como un recubrimiento a la cabeza de la pica (11). Las implementaciones ejemplares del marcador térmico (14) (por ejemplo, uno o más segmentos de marcador del mismo) se disponen entre el engrosamiento (11k) y la punta de la pica (10).

5 Por Ejemplo, la indicación geométrica puede basarse en el marcador térmico (14), lo que hace más fiable la determinación geométrica (101). De forma más descriptiva, un marcador térmico (14) incompleto y/o deformado puede indicar dónde y/o de qué manera está desgastada la pica (5) (por ejemplo, en su superficie exterior), mientras que una imagen de perfil solo representa el desgaste a lo largo de la línea de contorno.

10 Si la pica (5) comprende el marcador térmico (14), la representación geométrica (13) (por ejemplo, por segmento de marcador) puede comprender o consistir en una representación basada en datos (también denominada representación de marcador) de una geometría del marcador térmico (14) de la pica (5). Ejemplos de la propiedad geométrica (en este caso también denominada propiedad de marcador) derivada de la representación de marcador en este caso comprenden un perímetro (13u) de una representación de
15 marcador; un centro de gravedad (por ejemplo, geométrico) (13m) (preferiblemente de la proyección plana, que está encerrada por un contorno del marcador térmico o al menos de un segmento de marcador) de la representación de marcador, por ejemplo su posición; un área de la superficie de la representación de marcador; un ángulo encerrado por dos bordes de la representación de marcador; una extensión de la representación de marcador; un número de segmentos de marcador.

20 Como se muestra, el marcador térmico (14) puede comprender varios segmentos marcadores en forma de tira (también denominados rayas) y/o en forma de anillo que recorren el eje de pica (203). A medida que aumenta el desgaste, estas rayas (14) desaparecen, dando como resultado una imagen infrarroja diferente (9).

25 El marcador térmico (14) proporciona claramente un medio que puede tenerse en cuenta en la imagen infrarroja como alternativa o además de la geometría plana de la pica (5) para determinar el estado de desgaste (por ejemplo, grado de desgaste) de la pica.

En un Ejemplo de modalidad, las rayas (14) están incrustadas en la cabeza de la pica (11). En otro Ejemplo de modalidad, la cabeza de la pica (11) está recubierto con las rayas (14), que comprenden una conductividad térmica y/o emisividad diferente a la de la cabeza de la pica (11) subyacente. La erosión de
30 dicho recubrimiento (15) (véase también la Figura 16) se detecta paso a paso en la imagen infrarroja como una diferencia con respecto al patrón de imagen de referencia. En otro Ejemplo de modalidad, las rayas (14) se cortan de la superficie de la cabeza de la pica y se rellenan con material cortado durante el funcionamiento.

35 El análisis de estado (807) puede, por ejemplo, basarse en varias rayas (14) o un recubrimiento (15) de la pica (5) para determinar el desgaste de la cabeza de la pica (11) en la imagen infrarroja (9). Utilizando el análisis de estado (807), que comprende la determinación de una o más propiedades geométricas de las rayas (14) o los recubrimientos (15), se puede determinar el estado de desgaste, por ejemplo, se puede estimar cuantitativamente el grado de desgaste.

La Figura 14 ilustra una pica (5) en una vista lateral esquemática (1400a) con un ángulo de visión transversal al eje de pica (203) y una vista superior esquemática (1400b) con un ángulo de visión a lo largo del eje de pica (203) de acuerdo con varias modalidades (1400) análogas a las modalidades (1300), en las que el marcador térmico (14) comprende una pluralidad de líneas rectas y/o rayas que se extienden lejos de la punta de la pica.

La Figura 15 ilustra una pica (5) en una vista lateral esquemática (1500a) con un ángulo de visión transversal al eje de pica (203) y una vista superior esquemática (1500b) con un ángulo de visión a lo largo del eje de pica (203) de acuerdo con varias modalidades (1500) análogas a las modalidades (1300), (1400), en las que el marcador térmico (14) comprende una pluralidad de rayas que se extienden a lo largo de una línea helicoidal.

La Figura 16 ilustra una pica (5) en una vista lateral esquemática (1600a) con un ángulo de visión transversal al eje de pica (203) y una vista superior esquemática (1600b) con un ángulo de visión a lo largo del eje de pica (203) de acuerdo con varias modalidades (1600) análogas a las modalidades (1400), (1500), en las que el marcador térmico (14) comprende un recubrimiento (15) de la cabeza de la pica (11) dispuesto entre la punta de pica (10) y el engrosamiento (11k).

La Figura 17A ilustra picas (5) de diferentes estados de desgaste en una vista en perspectiva esquemática (17) y representaciones geométricas resultantes en una vista esquemática (19) según diversas modalidades, que se basan en datos de imágenes de una primera perspectiva (1700a) (por ejemplo, perspectiva A en la Figura 12). La Figura 17B ilustra las mismas picas (5) en una vista en perspectiva esquemática (18) y las representaciones geométricas resultantes en una vista esquemática (20) de acuerdo con varias modalidades basadas en datos de imagen desde una segunda perspectiva (1700b) (por ejemplo, la perspectiva B en la Figura 12).

El estado de la pica (1701) representa una pica (5) no utilizada (por ejemplo, como estado objetivo) cuyo grado de desgaste es, por ejemplo, 0. El estado de la pica (1703) representa una pica (5) utilizada cuyo grado de desgaste es mayor que 0, por ejemplo, y cuyo tipo de desgaste (también denominado tipo de desgaste) es desgaste simétrico. El estado de la pica (1705) representa una pica (5) utilizada cuyo grado de desgaste es mayor que 0, por ejemplo, y cuyo tipo de desgaste es desgaste asimétrico. Para la representación geométrica, el área se muestra en la vista (19) como la primera propiedad geométrica y su relación con el estado de la pica objetivo (1701) (en porcentaje) como la segunda propiedad geométrica.

El desgaste asimétrico puede incluir la rotura de partes de la punta de las picas (10) o el desgaste por roce de un lado debido a un bloqueo de las picas. Como se puede reconocer, el desgaste simétrico puede ser difícil de distinguir del desgaste asimétrico si los datos de imagen solo están disponibles desde una perspectiva. El desgaste asimétrico, por ejemplo, debido a un bloqueo de las picas, puede ser difícil de detectar si la cámara infrarroja (6) está en una posición desfavorable.

Según diversas modalidades, el estado de la pica puede basarse en un resultado de la comparación geométrica (811), que comprende una comparación de la indicación geométrica desde diferentes perspectivas. Esto puede facilitar la distinción entre desgaste simétrico y desgaste asimétrico.

Por Ejemplo, el desgaste asimétrico puede determinarse como un estado de la pica si una fluctuación de la propiedad geométrica (por ejemplo, el contenido de la superficie y/o el contorno) entre la primera perspectiva y la segunda perspectiva excede un valor umbral.

En una implementación ejemplar, la vista (19) muestra representaciones geométricas de contornos (13) de la pica (5) de diferentes estados de desgaste, que se determinan en base a una o más imágenes infrarrojas (9) por pica (5). Como se puede reconocer a partir de las picas (5) mostradas anteriormente en la vista en perspectiva (17), diferentes estados de desgaste conducen a una indicación similar sobre el contenido de área o la relación con el estado de la pica objetivo (1701). Sin embargo, se puede determinar una vida útil restante estimada como el estado de la pica en base a la representación geométrica, por ejemplo, su contenido de área o su relación con el estado de la pica objetivo (1701). Los mismos estados de pica se muestran en las vistas (18) y (20) desde una perspectiva diferente.

Como alternativa o adicionalmente, se puede determinar la altura de la pica de la cabeza de la pica (11), el ángulo de cuña de la pica (5) y/o la posición del centro de gravedad del contorno de pica determinado (13) para determinar el grado de desgaste, la vida útil restante y/o el tipo de desgaste.

En una implementación ejemplar, el estado actual de una o más (por ejemplo, cada una) de las picas (5) de la cabeza de corte se actualiza después de cada movimiento de rotación de la cabeza de corte. Por ejemplo, el estado actual de la pica puede expresarse como un valor (también denominado valor de estado) que se actualiza continuamente. El valor de estado puede indicar, por ejemplo, cuán grande es la diferencia entre el estado actual de la pica (por ejemplo, el contenido de área actual de la representación geométrica) y el estado objetivo de la pica (5) respectiva.

Si la variación de la indicación geométrica entre varias perspectivas supera un valor umbral, la determinación del estado puede tener que determinar el tipo de desgaste asimétrico, y en caso contrario determinar el tipo de desgaste simétrico, como un componente del estado de la pica. Alternativamente, o adicionalmente, la determinación del estado puede comprender convertir la fluctuación de la indicación geométrica en un grado de asimetría del desgaste como un componente del estado de la pica.

La Figura 18 (1800) muestra una interfaz gráfica de usuario (21) de la máquina excavadora (202) en una vista en planta esquemática (1800), en la que el método (100) comprende la presentación gráfica del estado de la pica real (por ejemplo, actualizado) de la o de cada una de las picas (como resultado de la determinación de estado (103)), al menos en forma de una representación gráfica y/o como un valor de estado. De este modo, el estado de la pica real actualizado se hace más visible para el operador de la máquina excavadora (202).

La interfaz gráfica de usuario puede implementarse utilizando el dispositivo de procesamiento de datos (106) y/o un dispositivo de visualización (por ejemplo, que comprende una pantalla y/o una pantalla táctil). La interfaz gráfica de usuario puede comprender tanto componentes físicos como componentes basados en código (por ejemplo, software).

La representación gráfica puede, por ejemplo, indicar cada pica (5) en su posición sobre la cabeza de corte (2) mediante un símbolo (22) (por ejemplo, un pictograma), complementado con el valor de estado, el tipo de desgaste y/o una numeración de picas. La numeración de picas puede, por ejemplo,

comprender un código que represente la posición de la pica, por ejemplo, L1-1 para la primera pica (5) de la primera espiral sobre el tambor de corte izquierdo (2).

En una implementación ejemplar, la interfaz gráfica de usuario está configurada para mostrar un símbolo (22) (también denominado símbolo de pica) para cada pica (5) además de la numeración de las selecciones, incluyendo el valor de condición y el tipo de desgaste (23). En la pantalla, la indicación "S" corresponde al tipo de desgaste simétrico y "A" al tipo de desgaste asimétrico. Si el área de la superficie (13a) cae por debajo de un valor umbral, por ejemplo, por debajo del 70% del área nominal de la superficie (13a), el color del símbolo de pica cambia, por ejemplo, a rojo, para indicar un alto grado de desgaste como un componente de la condición de pica real.

Como alternativa o adicionalmente, la interfaz gráfica de usuario puede configurarse para generar las imágenes infrarrojas (9) en respuesta a una entrada del usuario, por ejemplo, lo que proporciona al usuario una base alternativa para controlar la máquina excavadora (202).

La Figura 19 ilustra una configuración del sistema de cámara durante la detección de imágenes (803) según diversas modalidades en una vista en perspectiva esquemática (1900), por ejemplo, análoga a la detección de imágenes (803) de los diagramas de flujo (1600), (1700) y/o (1800), similar a la vista en perspectiva (1200) con la diferencia de que la pica (5) es un cortador de rodillos del tipo cortador de discos. Lo que se describe aquí para el cortador de discos puede aplicarse por analogía a un cortador de rodillos del tipo cortador de botones. Un cortador de rodillos (5) está montado de forma giratoria alrededor de su eje de corte durante el funcionamiento, por ejemplo, utilizando un cojinete de pivote. El cojinete de pivote puede, por ejemplo, estar integrado en el cortador de rodillos (5) o en el soporte de cortador (8).

El sistema de cámara puede comprender al menos una cámara infrarroja (6), por ejemplo, dos o más cámaras infrarrojas (6). Varias cámaras infrarrojas (6) pueden estar configuradas para detectar el cortador de rodillos (5) (por ejemplo, al mismo tiempo) desde diferentes perspectivas (también denominadas vista estereoscópica) (por ejemplo, perspectiva A y perspectiva B). A este respecto, lo que se describe en este documento (véanse las Figuras 17A y 17B) se aplica por analogía.

La Figura 20A ilustra el cortador de rodillos (5) en una vista lateral esquemática (2017) y una representación geométrica resultante en una vista esquemática (19) según diversas modalidades, que se basan en datos de imagen desde una primera perspectiva (2000a) (por ejemplo, la perspectiva A en la Figura 19). La Figura 20B ilustra el mismo cortador de rodillos (5) en una vista lateral esquemática (2018) y representaciones geométricas resultantes en una vista esquemática (20) según diversas modalidades, que se basan en datos de imagen desde una segunda perspectiva (2000b) (por ejemplo, la perspectiva B en la Figura 19). A este respecto, lo que se describe en el presente documento (véanse, por ejemplo, las Figuras 17A y 17B) se aplica por analogía.

A continuación se detallan diversas implementaciones del sistema de cámara (502), que pueden utilizarse de forma individual o también para implementar uno o más de los aspectos descritos en el presente documento, por ejemplo, el sistema de excavación (200) y/o el método (100). El sistema de cámara (502) comprende uno o más dispositivos de protección de cámara y, por cada dispositivo de protección de cámara, al menos una (es decir, una o más de una) cámara de imágenes infrarrojas. El dispositivo de

protección de cámara está configurado para proteger la al menos una cámara infrarroja, por ejemplo, al menos su lente de cámara, de líquido (por ejemplo, agua) y/o partículas sólidas (por ejemplo, polvo, astillas y escombros).

En una primera implementación ejemplar del sistema de cámara (502), el o cada dispositivo de protección de cámara comprende una fuente de gas presurizado para limpiar periódicamente (también denominado soplado) y/o desplazar continuamente las partículas sólidas de la al menos una cámara infrarroja, por ejemplo, la lente de la misma, utilizando una corriente de gas. En una segunda implementación ejemplar del sistema de cámara (502), el o cada dispositivo de protección de cámara comprende un obturador delante de la lente que se abre (por ejemplo, solamente) durante la duración de la detección de imágenes (por ejemplo, durante el tiempo de apertura o más).

En la segunda o tercera implementación ejemplar del sistema de cámara (502), el o cada dispositivo de protección de cámara comprende una carcasa en la que está dispuesta la al menos una cámara infrarroja y que comprende una abertura (también denominada abertura de carcasa) a la que se dirige la cámara infrarroja. La abertura de carcasa puede estar cubierta mediante el obturador, que se mueve con respecto a la carcasa. Alternativamente, o adicionalmente, la carcasa puede estar dispuesta en un hueco y moverse fuera del hueco (por ejemplo, plegada hacia afuera) durante la duración de la detección de imágenes (por ejemplo, durante el tiempo de apertura o más) y luego volver a moverse hacia adentro (por ejemplo, plegada hacia adentro).

En la tercera implementación ejemplar del sistema de cámara (502), cada dispositivo de protección de cámara comprende un soporte (por ejemplo, en forma de pared) transparente a la radiación infrarroja (también denominado escudo) al que se dirige la cámara infrarroja. El soporte puede estar dispuesto, por ejemplo, en una posición fija con respecto a la cámara infrarroja o puede estar montado de forma móvil (y, por ejemplo, accionado) con respecto a la cámara infrarroja. Como alternativa o adicionalmente, el soporte puede tener la forma de un cilindro hueco en donde se dispone y/o que gira la cámara infrarroja. Como alternativa o adicionalmente, el soporte puede tener la forma de un disco y/o de una placa que, por ejemplo, gira. El soporte puede estar hecho, por ejemplo, de cerámica, por ejemplo, de vidrio calcogenuro, o de plástico. Como alternativa o adicionalmente al soporte móvil, el flujo de gas puede dirigirse al soporte.

A continuación se describen varios Ejemplos relacionados con la descripción anterior y las Figuras.

El Ejemplo 1 es un sistema de excavación que comprende: una máquina excavadora (preferiblemente configurada como una trituradora o máquina cortadora), que comprende un pica de máquina (aquí simplificado también denominado pica) o al menos un soporte de pica para sujetar la pica de máquina (que está, por ejemplo, montado de forma móvil), y está configurado para excavar un material utilizando la pica de máquina; al menos una (es decir, una o más de una) cámara infrarroja para detectar datos de imagen (por ejemplo, basados en infrarrojos o al menos basados en temperatura) que representan la pica de máquina y/o el soporte de pica; un dispositivo de procesamiento de datos que está configurado para: determinar una indicación que representa la al menos una propiedad geométrica de la pica de máquina basándose en los

datos de imagen; determinar un estado de la pica de máquina basándose en la indicación; preferiblemente emitir instrucciones que indican y/o se basan en el estado de la pica de máquina.

El Ejemplo 2 es un sistema de cámara con al menos una cámara infrarroja o el sistema de excavación de conformidad con la reivindicación 1, que además comprende: un dispositivo de protección de cámara que está configurado para proteger la al menos una cámara infrarroja de partículas sólidas. Esto mejora la vida útil de la cámara infrarroja.

El Ejemplo 3 está configurado como en el Ejemplo 2, en donde el dispositivo de protección de la cámara comprende una fuente de gas presurizado que está configurada para dirigir un flujo de gas hacia la cámara o para fluir alrededor de ella utilizando el flujo de gas. Esto es menos complejo y económico de implementar.

El Ejemplo 4 está configurado como en el Ejemplo 2 o 3, en donde el dispositivo de protección de la cámara comprende un obturador con una tapa de obturador, en donde una lente de cámara de la al menos una cámara infrarroja está dispuesta entre la tapa de obturador y un sensor de imagen infrarroja de la al menos una cámara infrarroja, y en donde el obturador está configurado para abrir la tapa de obturador durante la detección y cerrarla después (por ejemplo, de otra manera). De este modo se protege mejor la cámara infrarroja contra fragmentos.

El Ejemplo 5 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 2 a 4, en donde el dispositivo de protección de la cámara comprende una carcasa en la que se dispone al menos una cámara de infrarrojos y que está configurada para desplegar la al menos una cámara de infrarrojos durante la detección y para plegarla después o de otro modo. Esto protege mejor la cámara de infrarrojos contra el polvo fino.

El Ejemplo 6 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 2 a 5, en donde el dispositivo de protección de la cámara comprende un soporte transparente y/o en forma de pared (por ejemplo, al menos para la radiación infrarroja) a través del cual se realiza la detección, en donde preferiblemente una lente de cámara de la al menos una cámara infrarroja está dispuesta entre el soporte y un sensor de imagen infrarroja de la al menos una cámara infrarroja. Esto protege mejor la cámara infrarroja contra el polvo fino y los fragmentos y es mecánicamente más fiable.

El Ejemplo 7 está configurado como el Ejemplo 6, comprendiendo, además: un dispositivo de accionamiento que está configurado para poner en movimiento el soporte, por ejemplo en un movimiento giratorio y/o en relación con la cámara infrarroja. Esto prolonga la vida útil del soporte (por ejemplo, hasta su limpieza).

El Ejemplo 8 está configurado como en el Ejemplo 6 o 7, en donde el soporte: tiene forma de placa y/o de disco; (por ejemplo, está formado como un cilindro de vidrio) rodea una cavidad en la que está dispuesta la al menos una cámara infrarroja; está formado como una lámina; y/o comprende o está compuesto de plástico o vidrio. Esto es rentable.

El Ejemplo 9 es una pica de máquina (por ejemplo, la pica de máquina en cualquiera de los Ejemplos 1 a 8), que comprende: un componente de corte (por ejemplo, una cabeza de la pica) que comprende un borde de corte, preferiblemente formado como una punta de pica (por ejemplo, proporcionada usando un pasador de pica incrustado); un componente de montaje (ilustrativo para montar la pica de máquina),

preferiblemente formado como un eje (también denominado eje de pica) o un eje que se extiende, por ejemplo, alejándose del borde de corte (por ejemplo, a lo largo o transversalmente a un eje, por ejemplo, eje longitudinal o eje de rotación, de la pica de máquina); y un marcador que está incrustado o cortado en el componente de corte o con el que está recubierto el componente de corte, en donde el componente de corte y el marcador difieren entre sí en al menos una propiedad térmica, preferiblemente en una emisividad térmica y/o una conductividad térmica; en donde preferiblemente el componente de montaje y el componente de corte están conectados rígidamente entre sí y/o en donde el marcador tiene forma de raya y/o forma de anillo o comprende al menos varios segmentos de marcador en forma de raya y/o forma de anillo; Preferiblemente, el elemento de montaje tiene forma de eje, comprende un eje o comprende al menos una abertura pasante para recibir un eje. Esto mejora la detección del estado.

El Ejemplo 10 es un método (por ejemplo, para operar un sistema de excavación, un sistema de cámara o los Ejemplos 1 a 9), que comprende: la determinación de una indicación que representa una propiedad geométrica de una pica de máquina basándose en datos de imagen que representan una pica de máquina y preferiblemente un soporte de pica que sostiene la pica de máquina; la determinación de un estado de la pica de máquina basándose en la indicación; preferiblemente, el accionamiento de un proceso de excavación realizado utilizando la pica de máquina basándose en un resultado de la determinación del estado de la pica de máquina.

El Ejemplo 11 es un programa informático configurado para realizar el método de conformidad con la reivindicación 10. Esto facilita la automatización del método.

El Ejemplo 12 es un medio legible por computadora que (por ejemplo, utilizando segmentos de código) almacena instrucciones, que está configurado para, cuando es ejecutado por un procesador, hacer que el procesador realice el método de acuerdo con la reivindicación 10. Esto facilita la automatización del método.

El Ejemplo 13 es un dispositivo de procesamiento de datos (por ejemplo, para un sistema de cámara o una máquina excavadora de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12) que comprende uno o más procesadores configurados para realizar el método de conformidad con la reivindicación 11. Esto facilita la automatización del método.

El Ejemplo 14 es un sistema de excavación que comprende: una máquina excavadora que comprende una pica de máquina o al menos un soporte de pica para sujetar la pica de máquina, y configurado para excavar un material utilizando la pica de máquina; al menos una cámara infrarroja para detectar datos de imagen que representan la pica de máquina y/o el soporte de pica; y el aparato de procesamiento de datos de conformidad con la reivindicación 13.

El Ejemplo 15 está configurado como uno de los Ejemplos 1 a 14, en donde la al menos una cámara infrarroja está fijada a la máquina excavadora. Esto facilita la implementación.

El Ejemplo 16 está configurado como uno de los Ejemplos 1 a 15, comprendiendo, además: un soporte que lleva la al menos una cámara infrarroja, en donde el soporte: comprende un asa para ser transportada por un usuario durante el funcionamiento; y/o comprende uno o más pies para ser dispuestos de pie sobre una superficie durante el funcionamiento. Esto aumenta la flexibilidad.

El Ejemplo 17 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 16, en donde la máquina excavadora comprende una cabeza de la pica (por ejemplo, montado de manera giratoria) al que se fija la pica de máquina (por ejemplo, de manera que encaje en la forma). Esto aumenta la velocidad de excavación.

El Ejemplo 18 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 17, en donde la al menos una cámara infrarroja está configurada para detectar uno o más fotogramas (por ejemplo, basados en infrarrojos) de la cabeza de la pica como datos de imagen para cada revolución de la cabeza de la pica. Esto mejora la base de datos.

El Ejemplo 19 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 18, en donde la cabeza de la pica está configurada como una cabeza de la pica transversal o como una cabeza de la pica longitudinal, en donde la cabeza de la pica transversal está configurada preferiblemente en forma de tambor (por ejemplo, como un cortador de tambor). Esto aumenta la velocidad de excavación.

El Ejemplo 20 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 19, en donde la máquina excavadora comprende un cojinete pivotante mediante el cual la pica de máquina, por ejemplo, su cabeza de pica, está montada de forma móvil (por ejemplo en rotación). Esto aumenta la velocidad de excavación.

El Ejemplo 21 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 20, en donde la máquina excavadora comprende un tren de potencia (por ejemplo, que comprende la cabeza de la pica) que está configurado para poner la pica de máquina en un movimiento giratorio. Esto aumenta la velocidad de excavación.

El Ejemplo 22 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 21, en donde una frecuencia de detección de imágenes durante el funcionamiento de la al menos una cámara infrarroja es mayor que una velocidad de rotación del movimiento de rotación. Esto mejora la base de datos.

El Ejemplo 23 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 22, en donde la al menos una cámara infrarroja comprende una o más lentes de cámara (por ejemplo, que forman una lente) y un sensor de imagen infrarroja. Esto mejora la base de datos. Por ejemplo, la lente de la cámara puede comprender o consistir en vidrio transmisor de infrarrojos, por ejemplo, una o más lentes de la misma.

El Ejemplo 24 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 23, en donde el dispositivo de procesamiento de datos y/o las instrucciones están configurados para controlar la máquina excavadora en función de un resultado de la determinación del estado de la pica de máquina. Esto facilita la automatización.

El Ejemplo 25 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 24, en donde la determinación de la indicación comprende: la determinación de una representación basada en datos (por ejemplo, contorno) de una geometría de la pica de máquina, preferiblemente desde el punto de vista de la al menos una cámara infrarroja, en base a los datos de imagen; en donde la indicación comprende o se basa al menos en una o más propiedades de la representación basada en datos de la geometría. Esto facilita la determinación del estado.

El Ejemplo 26 está configurado como en el Ejemplo 25, en donde la representación basada en datos de la geometría de la pica de máquina comprende uno o más de los siguientes: un contorno basado en datos de la geometría de la pica de máquina; una superficie basada en datos encerrada por el contorno de la geometría de la pica de máquina; y/o una proyección plana (desde el punto de vista de la cámara) de la pica de máquina. Esto facilita aún más la determinación del estado.

El Ejemplo 27 está configurado como en el Ejemplo 25 o 26, en donde la indicación comprende o se basa al menos en una o más de las siguientes propiedades (por ejemplo, geométricas) de la representación basada en datos: un perímetro; un centro de gravedad (por ejemplo, geométrico) (preferiblemente de la proyección plana encerrada por un contorno de la pica de máquina); un área; una forma; un ángulo encerrado por dos bordes de la representación basada en datos. Esto facilita aún más la determinación del estado.

El Ejemplo 28 está configurado como en los Ejemplos 25 a 27, en donde la determinación de la representación basada en datos comprende: la determinación de una pluralidad de componentes de imagen (por ejemplo, píxeles o vóxeles) de los datos de imagen que cumplen un criterio; en donde la representación basada en datos se basa en la pluralidad de componentes de imagen; en donde el criterio comprende preferiblemente un criterio de un filtro (por ejemplo, una detección de bordes) y/o comprende un criterio de homogeneidad y/o un criterio de gradiente. Esto facilita aún más la determinación del estado.

El Ejemplo 29 está configurado como en el Ejemplo 28, en donde la determinación de la representación basada en datos comprende: convertir la pluralidad de componentes de imagen en una trayectoria cerrada (por ejemplo, un poliedro), en donde la representación basada en datos comprende, consiste en o se basa al menos en la trayectoria; en donde la conversión se realiza preferiblemente utilizando suavizado. Esto facilita aún más la determinación del estado.

El Ejemplo 30 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 29, en donde la al menos una propiedad geométrica representa (por ejemplo, comprende) una o más de las siguientes propiedades: una forma de la pica de máquina y/o una simetría de la forma; una extensión (por ejemplo, longitud) de la pica de máquina; y/o un ángulo de cuña de la pica de máquina. Esto facilita aún más la determinación del estado.

El Ejemplo 31 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 30, en donde la indicación comprende una pluralidad de componentes, cada componente está asociado con una propiedad geométrica, en donde la determinación del estado comprende ponderar la pluralidad de componentes. Esto facilita la adaptación de la determinación del estado a condiciones variables.

El Ejemplo 32 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 31, en donde el estado de la pica de máquina representa un desgaste de la pica de máquina, preferiblemente una o más características (por ejemplo, simetría y/o progreso) del desgaste de la pica de máquina. Esto facilita una reacción preventiva y, por lo tanto, reduce los costos operativos.

El Ejemplo 33 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 32, en donde los datos de imagen comprenden una pluralidad de fotogramas, cada fotograma representando la pica de

máquina, en donde la determinación de la indicación se basa en la pluralidad de fotogramas. Esto mejora la base de datos.

El Ejemplo 34 está configurado como en el Ejemplo 33, en donde la indicación comprende una pluralidad de componentes, de los cuales un primer componente se basa en un primer fotograma de la pluralidad de fotogramas, y un segundo componente se basa en un segundo fotograma de la pluralidad de fotogramas, en donde la determinación del estado se basa preferiblemente en una comparación del primer componente y el segundo componente entre sí. Esto reduce los recursos para el procesamiento de datos.

El Ejemplo 35 está configurado como en el Ejemplo 33 o 34, en donde los datos de imagen se combinan para formar una imagen panorámica a partir de la cual se realiza la determinación de la indicación. Esto reduce los recursos necesarios para el procesamiento de datos.

El Ejemplo 36 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 35, en donde la determinación del estado comprende la selección de uno de varios estados predefinidos (por ejemplo, almacenados). Esto reduce los recursos para el procesamiento de datos.

El Ejemplo 37 está configurado como en el Ejemplo 36, en donde la pluralidad de estados predefinidos comprende uno o más de los siguientes estados: falta la pica de máquina; la pica de máquina necesita mantenimiento (por ejemplo, cuando la vida útil restante de la pica de máquina es mayor que cero); la pica de máquina necesita reemplazo (es decir, la vida útil restante de la pica de máquina es cero); y/o la vida útil restante de la pica de máquina es mayor que cero. Esto reduce los recursos para el procesamiento de datos.

El Ejemplo 38 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 37, comprendiendo, además: emitir instrucciones que indican o se basan en el estado de la pica de máquina. Esto facilita una reacción preventiva y, por lo tanto, reduce los costos operativos.

El Ejemplo 39 está configurado como en el Ejemplo 38, en donde las instrucciones comprenden al menos instrucciones para el funcionamiento de la pica y/o están configuradas para controlar un proceso de excavación que se lleva a cabo utilizando la pica de máquina. Esto facilita una reacción preventiva y, por lo tanto, reduce aún más los costos operativos.

El Ejemplo 40 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 39, en donde la pica de máquina comprende un marcador (por ejemplo, que proporciona un patrón), que preferiblemente está incrustado, cortado en o con el que está recubierta la cabeza de la pica (en donde, por ejemplo, la cabeza de la pica y el marcador se diferencian entre sí en al menos una propiedad térmica, preferiblemente en una emisividad térmica y/o una conductividad térmica), que preferiblemente forma una escala, en donde la determinación de la indicación se basa en el marcador (en donde la indicación comprende, por ejemplo, una indicación sobre una propiedad geométrica del marcador). Esto facilita la determinación del estado.

El Ejemplo 41 está configurado como en el Ejemplo 40, en donde la pica de máquina comprende un revestimiento y/o materiales de diferente conductividad térmica o ranuras, mediante los cuales se forma el marcador. Esto facilita aún más la determinación del estado.

El Ejemplo 42 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 41, comprendiendo, además: accionar la al menos una cámara infrarroja en función de los datos de un sensor (por ejemplo, un

sensor de ángulo de rotación) que está configurado para detectar un movimiento de la pica de máquina. Esto facilita una reacción preventiva y, por lo tanto, reduce aún más los costos operativos.

El Ejemplo 43 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 42, en donde la al menos una cámara infrarroja comprende varias cámaras infrarrojas. Esto mejora la base de datos.

El Ejemplo 44 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 43, en donde los datos de imagen comprenden un par de imágenes estereoscópicas (por ejemplo, que representan la pica de máquina) y/o datos de imágenes estereoscópicas formados a partir de los mismos, en donde el estado (por ejemplo, un valor de estado de la misma) de la pica se basa preferiblemente en una diferencia entre fotogramas del par de imágenes. Esto mejora la base de datos.

El Ejemplo 45 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 44, en donde los datos de imagen comprenden o consisten en datos de imagen estereoscópica. Esto mejora la base de datos.

El Ejemplo 46 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 45, en donde los datos de imagen que representan una pica de máquina comprenden información termográfica de la pica de máquina. Esto mejora la base de datos en el caso de polvo y niebla de agua.

El Ejemplo 47 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 46, en donde la condición de la pica de máquina es una condición de desgaste de la pica de máquina, por ejemplo, representando un grado de desgaste y/o una simetría de desgaste de la pica de máquina. Esto facilita una reacción preventiva y por lo tanto reduce aún más los costos operativos.

El Ejemplo 48 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 47, en donde los datos de imagen son datos de imagen basados en infrarrojos. Esto mejora la base de datos en el caso de polvo y niebla de agua.

El Ejemplo 49 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 48, en donde la cámara infrarroja está configurada para detectar los datos de imagen en función de la radiación infrarroja (por ejemplo, al menos la emitida por la máquina). Esto mejora la base de datos en el caso de polvo y niebla de agua.

El Ejemplo 50 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 49, en donde los datos de imagen comprenden una representación (por ejemplo, basada en datos y/o en píxeles) de una distribución de temperatura espacial (por ejemplo, comenzando al menos desde la pica de máquina). Esto mejora la base de datos en el caso de polvo y niebla de agua.

El Ejemplo 51 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 50, en donde el estado de la pica de máquina se determina como el estado real de la pica de máquina.

El Ejemplo 52 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 51, en donde la pica de máquina está montada de forma móvil a lo largo de una trayectoria de movimiento, en donde la cámara infrarroja está dirigida a la trayectoria de movimiento.

El Ejemplo 53 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 52, en donde la al menos una cámara infrarroja comprende una pluralidad de cámaras infrarrojas cuyos campos de visión (por ejemplo, en la trayectoria de movimiento del portapicas y/o la pica de máquina) se superponen entre sí o comprenden una distancia entre sí.

El Ejemplo 54 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 53, en donde la al menos una cámara infrarroja está dirigida a una trayectoria de movimiento del portapicas y/o la pica de máquina.

El Ejemplo 55 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 54, en donde la propiedad geométrica es invariable con respecto a, o al menos independiente de, una emisividad (por ejemplo, promedio) de la pica de máquina. Esto permite determinar la propiedad geométrica sin necesidad de determinar la temperatura.

El Ejemplo 56 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 55, en donde la propiedad geométrica es invariable o al menos independiente de una calibración de la cámara infrarroja. Esto permite que no sea necesario determinar la temperatura para determinar la propiedad geométrica.

El Ejemplo 57 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 56, en donde los datos de imagen se basan en radiación infrarroja (también denominada basada en radiación infrarroja) emitida, por ejemplo, al menos desde la pica de máquina (opcionalmente desde el portapicas y/o el entorno de la pica de máquina) y/o detectada utilizando al menos una cámara infrarroja.

El Ejemplo 58 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 57, en donde la propiedad térmica es una propiedad que influye en la radiación infrarroja.

El Ejemplo 59 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 58, en donde la emisividad es una emisividad para radiación infrarroja (también denominada emisividad térmica).

El Ejemplo 60 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 59, en donde los datos de imagen comprenden o consisten en al menos datos de imagen infrarroja (también denominados datos de imagen termográfica).

El Ejemplo 61 está configurado como en cualquiera de los Ejemplos 1 a 60, en donde los datos de imagen se detectan utilizando un proceso de termografía.

A continuación, se explican varias implementaciones ejemplares relacionadas con los aspectos aquí descritos, como la cadena de procesamiento de datos desde los datos de imagen hasta la clasificación.

Una implementación ejemplar de la determinación de la indicación geométrica que representa al menos una propiedad geométrica de la pica se realiza utilizando uno o más primeros algoritmos, ejemplos de los cuales comprenden: un algoritmo de procesamiento de imágenes, un algoritmo de mejora de contraste, un algoritmo de detección de características, un algoritmo de segmentación, por ejemplo, un algoritmo de umbralización. Uno o más de estos algoritmos ejemplares pueden proporcionarse, por ejemplo, utilizando una biblioteca, ejemplos de los cuales comprenden: OpenCV, Scikit-Image, SciPy, NumPy y otras bibliotecas. Por ejemplo, los datos de imagen basados en la temperatura pueden convertirse en una imagen en blanco y negro utilizando una transformación de umbral como un algoritmo de procesamiento de imágenes ejemplar. Opcionalmente, los datos de imagen basados en la temperatura pueden transformarse utilizando un filtro de desenfoque gaussiano para eliminar el ruido de la imagen (por ejemplo, a pequeña escala) y/o utilizando un algoritmo de erosión para enfocar, por ejemplo, para enfocar una imagen borrosa. Opcionalmente, la imagen

en blanco y negro puede convertirse en una imagen de contorno, por ejemplo, utilizando el algoritmo de detección de bordes de Sobel.

Un Ejemplo de implementación de la determinación de la representación geométrica se lleva a cabo mediante un algoritmo de procesamiento de imágenes, cuyos Ejemplos incluyen: una detección de bordes, un filtro de paso alto de Fourier, un filtro de umbral, un filtro de paso bajo de Fourier, un análisis de diferencia de valor de color, una detección de objetos, una detección de geometría, un algoritmo entrenado.

Algunos ejemplos de algoritmos de detección de bordes son: detección de bordes Sobel, detección de bordes Canny. Una biblioteca ejemplar que proporciona un análisis de diferencia de valores de color es la denominada biblioteca *colormath*. Algunos Ejemplos de algoritmos para el reconocimiento de objetos son: YOLO ("*You Only Look Once*", se refiere a una clase de modelos de aprendizaje profundo de extremo a extremo para el reconocimiento rápido de objetos), RCNN (una red neuronal convolucional basada en regiones), Faster-RCNN, por ejemplo, proporcionada mediante bibliotecas como OpenCV o TensorFlow. Algunos Ejemplos de algoritmos para el reconocimiento de geometría son: la transformada de Hough (en OpenCV).

Un ejemplo de implementación del reconocimiento de objetos mediante el algoritmo YOLO comprende un primer paso en donde se identifica una sección de una imagen basada en la temperatura que muestra una cabeza de la pica con un cierto grado de certeza. Un segundo paso identifica bordes o puntos prominentes en esta área.

Una implementación ejemplar de la determinación de la indicación geométrica, que representa al menos una propiedad geométrica de la pica, se puede implementar de la siguiente manera:

Convertir los datos de la imagen en una imagen borrosa mediante una transformación (también conocida como transformar);

Convertir la imagen borrosa en una imagen en blanco y negro mediante un filtro (también conocido como filtrado);

Convertir la imagen en blanco y negro en una imagen de contorno utilizando un algoritmo de detección de bordes (también conocido como detección de bordes);

Determinar uno o varios puntos límite de líneas de contorno suaves y, en base a ello, determinar un modelo de contorno (por ejemplo, una imagen vectorial como modelo de contorno ejemplar, también denominado modelo vectorial);

Determinar el contenido de área de contornos cerrados en la imagen de contorno (por ejemplo, basándose en el modelo vectorial), por ejemplo, utilizando un algoritmo configurado para este propósito;

Determinar parámetros geométricos característicos como indicación geométrica (por ejemplo, la altura de la cabeza de la pica, el ángulo de apertura de la punta de la cabeza de la pica, etc.) de contornos cerrados en la imagen del contorno (por ejemplo, a partir del modelo vectorial), por ejemplo, basándose en las coordenadas de los puntos más externos de los contornos;

Determinar opcionalmente otras características del contorno como indicación geométrica (por ejemplo, momento del contorno, centro de gravedad y circunferencia de uno o más contornos), por ejemplo,

mediante el uso de un algoritmo configurado para este propósito, por ejemplo mediante operaciones matemáticas conocidas.

Una implementación ejemplar de la determinación del estado de la pica en base a la indicación geométrica se realiza utilizando uno o más segundos algoritmos, ejemplos de los cuales comprenden: un algoritmo de comparación de referencia, un algoritmo estadístico, por ejemplo, proporcionado a partir de una biblioteca, ejemplos de los cuales comprenden: numPy, Pandas. Por ejemplo, la indicación geométrica puede convertirse en un estado de desgaste de pica utilizando un algoritmo de coincidencia de forma (por ejemplo, matchShapes de la biblioteca OpenCV) como algoritmo de comparación. Opcionalmente, la indicación geométrica puede transformarse utilizando una corrección de proyección para compensar la influencia del ángulo de visión, que puede utilizarse alternativa o adicionalmente para seleccionar un modelo de referencia adecuado.

Una implementación ejemplar del algoritmo de comparación de forma comprende que el área de superficie de la cabeza de la pica detectado se compara con el área de superficie de una cabeza de la pica detectado de la misma pica en estado nuevo (como referencia).

Una implementación ejemplar de la determinación del estado de la pica en función de la indicación geométrica se puede implementar de la siguiente manera:

Comparación de la indicación geométrica con una referencia, por ejemplo, utilizando matchShape como algoritmo de comparación de formas ejemplar;

Determinación de una o más diferencias entre la indicación geométrica (por ejemplo, una altura de la cabeza de la pica u otra propiedad geométrica de la pica) y la referencia basándose en la comparación de la indicación geométrica con la referencia (por ejemplo, una o más indicaciones geométricas de la misma);

Comparación de una o más diferencias con un criterio, que puede ser, por ejemplo, un valor umbral para una desviación de la altura de la cabeza de la pica (u otra propiedad geométrica de la pica);

Clasificación de la indicación geométrica basada en la comparación de una o más diferencias con el criterio;

Los ejemplos de referencia comprenden: una indicación geométrica de una pica de referencia determinada de manera similar a la explicada anteriormente; un modelo de una pica de referencia; un modelo estadístico de una pica de referencia.

Una implementación ejemplar de la salida de instrucciones que indican y/o se basan en el estado de la pica de máquina se lleva a cabo utilizando la generación de un mensaje de acuerdo con un protocolo de comunicación. El mensaje puede, por ejemplo, comprender una indicación del estado de la pica de máquina, tal como un resultado de la clasificación. El mensaje puede, por ejemplo, comprender una advertencia y/o instrucción para cambiar la pica de máquina. El mensaje puede, por ejemplo, comprender un símbolo que se emite en el dispositivo de visualización (por ejemplo, una pantalla) que muestra visualmente el estado de desgaste de la pica utilizando colores. El mensaje puede, por ejemplo, estar dirigido a un controlador gráfico que controla el dispositivo de visualización y/o al operador de la máquina y/o al sistema de control de la máquina (por ejemplo, que contiene instrucciones tales como "PARAR avance"). Los Ejemplos

del protocolo de comunicación comprenden: TCP/IP, UDP, eBus, USB, ProfiBus, CANopen (protocolo de comunicación basado en una vía de transmisión de red de área de controlador (CAN)).

Como se ha explicado anteriormente, se puede entender que las modalidades explicadas en el presente documento son aplicables a máquinas excavadoras de varios tipos, tales como máquinas cortadoras (por ejemplo, máquinas cortadoras de rocas), en particular aquellas en las que se montan tambores cortadores giratorios con picas cónicas. Ejemplos de una máquina excavadora de este tipo comprenden las denominadas rozadoras, minadoras continuas, cargadoras cizalladoras, cortadoras horizontales, minadoras de superficie, tuneladoras y cortadoras de tambor, que se utilizan generalmente para excavar material (por ejemplo, un cuerpo de roca crecido o de otro modo masivo y extenso) asociado con el suelo (por ejemplo, para desprenderlo de capas del suelo, por ejemplo, capas de roca), para, por ejemplo, avanzar hacia el interior del suelo (también denominado tunelación). Otros ejemplos de una máquina excavadora de este tipo también comprenden las denominadas trituradoras (por ejemplo, trituradoras de tambor o de rodillos, trituradoras de cono o configuradas en forma de otra máquina trituradora), que se utilizan para triturar material grumoso (u otro material suelto) (por ejemplo, trozos u otro material desprendido del suelo). En otras palabras, el término "excavación" puede entenderse en general como una fragmentación (por ejemplo, trituración) de material sólido (por ejemplo, terrones o capas del suelo, por ejemplo, capas de roca), por ejemplo, una trituración (por ejemplo, en una pluralidad de cuerpos más pequeños) del material de modo que se forme material a granel o al menos se reduzca el tamaño de grano. Por analogía, una trituradora de este tipo (por ejemplo, trituradora de rocas) puede comprender un tambor con una o más picas montadas en el mismo (por ejemplo, en un soporte respectivo), por ejemplo, una o más picas cónicas montadas en un soporte respectivo de picas, que se utiliza, por ejemplo, en conexión con la cámara de infrarrojos ejemplar y el sistema de procesamiento de datos.