



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 299 545**

51 Int. Cl.:
G05B 19/4097 (2006.01)
B05B 13/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **02022114 .9**
86 Fecha de presentación : **02.10.2002**
87 Número de publicación de la solicitud: **1302828**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **16.04.2003**

54 Título: **Procedimiento y sistema de control por programa para el control de una instalación de revestimiento.**

30 Prioridad: **15.10.2001 DE 101 50 826**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.06.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.06.2008

73 Titular/es: **Dürr Systems GmbH**
Otto-Dürr-Strasse 8
70435 Stuttgart, DE

72 Inventor/es: **Gummlich, Harald y**
Jost, Jürgen

74 Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y sistema de control por programa para el control de una instalación de revestimiento.

5 La presente invención se refiere a un procedimiento y a un sistema de control por programa para el control de una instalación de revestimiento para el revestimiento en serie de piezas iguales o diferentes según el preámbulo de las reivindicaciones independientes. En particular, se trata de un sistema experto asistido por ordenador para la generación de trayectorias de barnizado para el revestimiento de carrocerías de vehículos automóviles con robots de barnizado.

10 Durante la generación de las pistas de barniz formadas de manera compleja sobre carrocerías de vehículos automóviles, la aplicación de color debe tener lugar de la manera más uniforme y completa posible con el menor coste de producción y de material posible. La generación de las trayectorias de movimiento de máquinas, en especial de robots, necesarias para ello puede tener lugar o bien según el procedimiento Teach-in, para lo cual se necesita sin embargo personal altamente cualificado o, de manera alternativa, se puede calcular asistido mediante software, sobre
15 la base de las informaciones existentes, por parte de programadores altamente cualificados. La generación "manual" de las trayectorias en el ordenador no solo es muy compleja sino que, a causa del gran número de parámetros que hay que tomar en consideración, es también difícil y está correspondientemente sometida a errores. Por regla general, hay que corregir, tras el revestimiento inicial de prueba de carrocerías individuales, errores visibles, por ejemplo como
20 diferencias de revestimiento, en los trabajos de optimización posteriores mediante la variación de los parámetros de pulverizador y de trayectoria y comprobar entonces de nuevos los resultados, hasta que finalmente resulta una calidad impecable. Esto se ve dificultado por factores subjetivos tales como la cualificación y la experiencia de los programadores. Con el constante aumento de las exigencias en cuanto a la productividad, el gran coste de trabajo y de tiempo de estos procesos manuales conocidos es cada vez más insatisfactorio.

25 Procedimientos para el control de movimientos de instalaciones para el revestimiento de carrocerías de vehículos automóviles se conocen, entre otros, por los documentos WO 98/06181, US 5.645.884, JP 11-333339, EP 0 298 313, WO 93/18860, DE 43 39 748 y EP 0 829 788. Según el documento DE 101 20 272 se predeterminan, sobre la base de una simulación del proceso de revestimiento incluidos los desarrollos de los movimientos, en el ordenador las
30 cantidades de material necesarias para el proceso de revestimiento real posterior.

El documento WO 98/06181 da a conocer un procedimiento para el barnizado de reparación de vehículos automóviles ya barnizados en el cual un robot de barnizado es controlado mediante datos de funcionamiento programados previamente.

35 La patente US n° 5.645.884 describe un procedimiento para el control de una instalación de revestimiento para el barnizado en serie de piezas con zonas parciales formadas de manera diferente.

El documento JP 11-333339 da a conocer un sistema para la generación automática de datos de control para un
40 robot, en el cual se almacenan, como archivo CAD, informaciones acerca de una pieza que hay que revestir en cada caso.

La invención se plantea el problema de proponer un procedimiento o un sistema de control por programa los cuales
45 posibiliten una generación más rápida, sencilla y fiable que hasta ahora de las trayectorias de revestimiento necesarias en cada caso para la obtención de la mejor calidad de revestimiento posible.

El problema se resuelve mediante las características de las reivindicaciones.

Mediante la invención es posible, al contrario que con los métodos "manuales" conocidos, una generación y comprobación completamente automática de las trayectorias de barnizado y gracias a ello, entre otras cosas, se reduce
50 con claridad el coste de tiempo para la preparación de la producción, el seguimiento de la producción y la búsqueda de defectos. Los costosos ensayos regulares son reducidos a una cantidad mínima de estudios de situación únicos. Mediante la utilización de disposiciones de procesamiento estandarizadas y optimizadas prácticamente sólo una vez, la predicción del resultado adquiere una alta veracidad. El efecto de variaciones de parámetros sobre el resultado del
55 proceso se pueden simular y representar de forma sencilla y correspondientemente económica. Los objetivos de calidad y los objetivos de productividad se pueden optimizar, mediante la inclusión extensa de todas las influencias sobre el proceso, de forma lógica de acuerdo con su origen y su efecto. Resulta de forma independiente de influencias y dependencias subjetivas durante el desarrollo de tareas rutinarias.

60 Además, la concepción del sistema experto posibilita de manera sencilla una ampliación constante del conocimiento experto automatizado. La totalidad del proceso se puede adaptar mucho más rápido que hasta ahora a las variaciones de procesamiento (por ejemplo a un material de barniz modificado). Los procesos de optimización se pueden acelerar mediante una comparación de variantes virtual.

65 La invención se puede utilizar prioritariamente y de forma especialmente ventajosa durante la preparación de la producción para el barnizado en serie de piezas con formas constructivas muy complejas como en particular carrocerías de vehículos automóviles. De este modo, se puede optimizar de manera ventajosa la producción corriente. Las situaciones defectuosas potenciales y supuestas se pueden representar como simulación con la esperanza de resultados

relacionada con ello. Mediante simulaciones de variantes se pueden representar las condiciones de producción en cada caso y se pueden optimizar a continuación mediante la elección de la variante adecuada.

La localización y tratamiento de diferencias de resultado indeseadas, la evaluación de los efectos de diferencias de parámetros sobre el resultado del proceso mediante simulación y visualización, la optimización con vistas a la rentabilidad (costes de procesamiento y de material) y el resultado de calidad (las menores diferencias entre lo teórico y real en el aumento del espesor de la capa) se hacen posibles de forma sencilla mediante el suministro de herramientas de software interactivas.

La invención se explica con mayor detalle a partir de una instalación de revestimiento para el revestimiento en serie de carrocerías de vehículos automóviles con robots. En el dibujo:

la Fig. 1 muestra el esquema para la generación automática de las trayectorias de barnizado y su comprobación;

la Fig. 2 muestra un esquema para la explicación de las reglas de barnizado preparadas según la invención;

la Fig. 3 muestra un esquema para la explicación del análisis de los datos de carrocería, y

la Fig. 4 muestra un esquema para la explicación de la generación de trayectoria sobre la base del análisis de datos de carrocería y de las reglas de barnizado.

De acuerdo con el esquema representado en la Fig. 1 están almacenadas en forma de archivos CAD en una memoria de datos de piezas 1, de forma en sí conocida y usual, las informaciones geométricas y en su caso otras acerca las carrocerías que hay que barnizar. Además, la memoria de datos 1 contiene un archivo con datos de estrategia de análisis, los cuales se utilizan en el análisis de datos descrito más adelante. Otra memoria de datos 2 contiene informaciones y datos de control acerca del proceso de revestimiento los cuales se refieren en especial a la estructura de la cabina de pulverización (celda) correspondiente, a los robots y pulverizadores utilizados así como al desarrollo del proceso.

Desde las memorias 1 y 2 se alimenta una unidad de programación 4 que funciona automáticamente, la cual sirve para la generación y verificación automática de los parámetros de trayectoria de barnizado correspondientes sobre la base de datos de carrocería, en la memoria 1, y de las especificaciones del proceso, en especial de la memoria 2, así como sobre la base de directrices de barnizado (reglas o algoritmos) estandarizadas, que están almacenadas en un banco de datos de regulación 3. Este banco de datos puede ser controlado desde fuera de la unidad 4, desde el editor de reglas de barnizado representado en 5.

En el ejemplo considerado en la presente memoria el contenido del banco de datos de regulación 3 puede corresponder al esquema representado en la Fig. 2. Se basa en el conocimiento de que las carrocerías, formadas complejas y en sí diferentes dependiendo del tipo de vehículo automóvil, tienen en cada caso zonas parciales típicas especiales, como el techo, las puertas, los guardabarros, las columnas, los largueros, etc. con características comunes con carrocerías en su caso diferentes, las cuales exigen en cada caso directrices de barnizado propias.

Inicialmente hay directrices de barnizado generales, según las cuales las grandes superficies (por ejemplo techos), superficies estrechas, cantos, etc. necesitan en cada caso una muestra de trayectoria diferente y se necesitan, en cada caso, otras concepciones de chorro de pulverización o de "Brush" (como "Brush" se designan usualmente parámetros de barnizado tales como cantidad de color, forma de cono de pulverización, etc.). A las directrices de barnizado generales pertenecen también reglas por defecto adecuadas (elección de parámetros automática). Además, existen directrices de barnizado referidas a la forma para formas de trayectoria de barnizado especiales en guardabarros, columnas, largueros, puertas, etc., asimismo con reglas por defecto. Finalmente, existen diferentes directrices de barnizado referidas al procedimiento, las cuales determinan entre otras la dirección preferida de los movimientos de los pulverizadores, las asignaciones de robots en cada caso, la orientación de movimiento de los pulverizadores con respecto al transporte de carrocerías, los conceptos de encadenamiento, etc. También aquí hay reglas por defecto.

De acuerdo con una concepción de realización adecuada, las directrices de barnizado consideradas en la presente memoria pueden tener la siguiente forma digital y estructurada:

1. Concepciones generales de revestimiento:

- Concepción de aplicación general en grandes superficies (revestimiento múltiple, alineación de trayectoria, tolerancias)

- Concepción de revestimiento en cantos exteriores longitudinales y transversales

- Concepción de revestimiento en puntos de choque de módulo

- Concepción de revestimiento en puntos de choque entre piezas de carrocería

- Concepción general de Brush, escalonamiento de Brush, revestimiento de superficies estrechas, criterios de elección de Brush, imágenes de rociado

- Concepción de grandes superficies por defecto, concepción de superficies estrechas por defecto

2. Concepciones de revestimiento referidas a la forma

- Guardabarros, columnas, largueros, faldones, apoyapiés

- Concepciones de tratamiento por defecto

3. Concepciones de revestimiento referidas a la tecnología

- Direcciones de aplicación preferidas

- Modularización del revestimiento (“¿Qué robot hace qué?”)

- Encadenamiento de revestimiento (“¿En qué secuencia se procesan qué módulos?”)

- Concepciones dependientes de los pulverizadores (pulverizadores electrostáticos, pulverizadores por aire).

Para que las diferentes directrices de barnizado almacenadas puedan ser asignadas automáticamente a las zonas parciales típicas en cada caso de las carrocerías, para las cuales están destinadas en cada caso, se analizan los datos de carrocería contenidos en la memoria 1 para la identificación de las diferentes zonas parciales de carrocería y para la determinación de las directrices que se necesitan. Esto tiene lugar de forma automática en el dispositivo de análisis 6 contenido en la unidad 4.

Como está representado en la Fig. 3, el análisis tiene lugar mediante la preparación de los datos de carrocería de la memoria 1 (Fig. 1) en tres etapas. En la primera etapa (“Job Level”) tiene lugar un análisis automático de la carrocería para encontrar las tareas de revestimiento (“Jobs”) necesarias en cada caso para barnizar las zonas parciales típicas de la carrocerías correspondiente como, por ejemplo, la superficie del techo (incluidos los largueros, sin las columnas), la superficie frontal (capó del motor, superficie de la rejilla frontal), superficie trasera (tapa trasera, faldón trasero) y superficies laterales izquierda/derecha (guardabarros delante/detrás, puertas, columnas, largueros, apoyapiés). Esto tiene lugar con la ayuda de herramientas de software adecuadas. Las herramientas Access permiten el acceso a los datos de carrocería, mientras que las herramientas “Edge-Detection” se ocupan de la identificación de datos de las zonas parciales correspondientes mediante el establecimiento de puntos de carrocería relevantes bi- o tridimensionales como, por ejemplo cantos exteriores o superficies de escotadura. En la segunda etapa (“Module Level”) se analizan los “Jobs” mencionados automáticamente para encontrar módulos de barnizado estandarizados, es decir, paquetes de software para trayectorias de barnizado cerrados para los “Jobs” correspondientes. A esto ayudan herramientas “Surface-Filter”, es decir, filtros de datos de superficie tridimensionales, por ejemplo con respecto al alisamiento de acanaladuras, cantos de diseño, orificios de marcado, apoyos de llenado de tanque, etc., y herramientas en forma de tablas de consulta (LUT) para el tipo de “Job” correspondiente. Los procesos de estos “Job Levels” se pueden representar de forma visible como imágenes de carrocería. En el tercer paso (“Parts Level”) tiene lugar el análisis automático de los módulos encontrados en el segundo paso, mencionados más arriba, para encontrar superficies parciales que haya que tratar de manera diferenciada, las cuales exigen una modificación correspondiente, por ejemplo variaciones de “Brush” en trayectorias de barnizado o módulos predeterminados de manera fija en piezas sin cantos o para la corrección de defectos con la ayuda de un editor de “Brush” adecuado. Como herramientas de software adicionales sirven tablas de consulta para el tipo de módulo.

Sobre la base de los resultados de análisis se generan, mediante la utilización de las reglas de control de revestimiento seleccionadas en cada caso, es decir, de las directrices de barnizado descritas anteriormente, en el dispositivo de generación de trayectorias 7 designado en la Fig. 1 como “Path-Designer”, de forma automática, los programas de control de trayectoria para las zonas parciales individuales de la carrocería y se añaden al programa de control general. La forma en que esto sucede en detalle se muestra esquemáticamente en la Fig. 4.

Ventajosamente, gracias a la invención, se puede comprobar automáticamente el programa de control generado por el dispositivo 7, antes del inicio del funcionamiento de revestimiento, con vistas a verificar si se puede llevar a cabo sin problemas durante el revestimiento. Este control de la “factibilidad” del desarrollo del proceso, representado en 10 en la Fig. 1, tiene lugar automáticamente teniendo en cuenta los parámetros relevantes de los componentes de la instalación como, por ejemplo, el alcance de los robots, las posibilidades de colisión, etc. Si en su transcurso se establece un error, se puede generar asimismo de forma automática un informe de error, el cual se utiliza externamente para la eliminación del error, como está representado en 11 y 12. Además, se puede comprobar de manera ventajosa automáticamente, antes del inicio del funcionamiento de revestimiento, la calidad de revestimiento resultante del programa de control generado, por ejemplo en cuanto al número de trayectorias de revestimiento y el espesor de capa. Este control de calidad automático está representado en 14 en la Fig. 1. En 15 se emiten informes correspondientes

ES 2 299 545 T3

con los datos de programa generados por la unidad 4. Los datos de espesor de la capa simulados mediante el control de calidad se pueden mostrar en 16 y se pueden optimizar externamente en 17.

En la comprobación virtual de factibilidad y calidad descrita se puede comprobar en primer lugar, sobre la base de una representación en imagen de la trayectoria generada sobre la zona de la carrocería afectada (por ejemplo el techo), si todas las partes que hay que revestir pueden ser alcanzadas dentro de la ventana de tiempo predeterminada para ello. En caso necesario se pueden corregir errores con herramientas adecuadas y se pueden modificar los módulos de software individuales. A continuación, se puede llevar a cabo, asimismo con representación en imagen, mediante simulación de desarrollo tridimensional, una comprobación de colisión y, en caso necesario, se puede llevar a cabo un tratamiento de errores con herramientas adecuadas. Para la comprobación virtual de calidad tiene lugar finalmente, sobre la base de la representación en imagen de las trayectorias de revestimiento, de forma adecuada sobre la carrocería completa, una comprobación del número de revestimientos, simulaciones de espesor de capa y, en caso necesario, optimizaciones mediante la utilización de herramientas adecuadas.

El control virtual, que simula el funcionamiento de revestimiento real, para el reconocimiento de defectos y la optimización del proceso puede corresponder, por ejemplo, al siguiente esquema:

1. Factibilidad en el sentido de poder alcanzarse

- ¿Puede el robot alcanzar los lugares asignados siempre en el instante necesario y en una ventana de tiempo determinada?

>> Marcaje de regiones no alcanzables/alcanzables de forma temporalmente limitada.

2. Realizabilidad en el sentido de exclusión de daños (colisión o contacto) y de minimización de riesgos (aproximación)

- Exclusión de la colisión/aproximación no asumible de robots (o pulverizadores) -carrocería
- Exclusión de la colisión/aproximación no asumible de robots (o pulverizadores) -robots (o pulverizadores)
- Exclusión de la colisión/aproximación no asumible de robots (o pulverizadores) -partes de cabina

>> Simulación 3D del proceso con puntos de vista discrecionales del observador máximo/real/slow-Motion, pausa, zoom, medición de distancia 3D (en su caso detección de colisión), editor de proceso.

3. Control de calidad en el sentido de uniformidad del espesor de capa

- Simulación del espesor de capa en el sentido de “número de las capas de aplicación”
- Simulación del espesor de capa en el sentido de “distribución del material teniendo en cuenta las imágenes Brush”

>> Carrocería con texturación de colores falsos.

4. Control de productividad y rentabilidad

- Necesidad total de tiempo
- Tiempo de producción activo, tiempo para funciones auxiliares y en funcionamiento en vacío
- Necesidad de material

>> Informes, Timing Charts.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el control de una instalación de revestimiento para el revestimiento en serie de diferentes
 5 piezas con zonas parciales típicas formadas de manera diferente con características comunes a las diferentes piezas,
 en el que las trayectorias de movimiento de un dispositivo de revestimiento son calculadas sobre la pieza dependiendo
 de las informaciones almacenadas en un fichero de pieza (1) y el dispositivo de revestimiento es controlado, durante
 el funcionamiento de revestimiento, mediante los programas de movimiento (15) generados sobre la base del cálculo,
caracterizado porque para las zonas parciales típicas individuales de las piezas se almacenan en cada caso unas reglas
 10 de control de revestimiento (3);

los datos de pieza (1) almacenados se analizan automáticamente para la identificación de las informaciones corres-
 pondientes acerca de las zonas parciales individuales;

15 se seleccionan para cada zona parcial, sobre la base del análisis de los datos de pieza (1), a partir de las reglas
 de control (3) almacenadas, automáticamente las reglas de control que hay que utilizar en cada caso, incluida la
 configuración de cono de pulverización del dispositivo de revestimiento;

20 se generan, sobre la base de las reglas de control (3) seleccionadas y de los datos de pieza (1) almacenados, de forma
 automática los programas de control de trayectoria (7) que determinan por lo menos el desarrollo del movimiento para
 las zonas parciales individuales; y

los programas de control de trayectoria individuales se añaden automáticamente al programa de control general
 (15).

25 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque junto a las reglas de control de movimiento
 se almacenan y se seleccionan asimismo unas reglas de control de funcionamiento para el control de trayectoria
 dependiendo de las zonas parciales típicas.

30 3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque el proceso de revestimiento se simula vir-
 tualmente antes del inicio del funcionamiento del revestimiento.

35 4. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado** porque el programa de control generado es comprobado
 automáticamente, antes del inicio del funcionamiento de revestimiento, para verificar si se puede realizar sin problemas
 durante el revestimiento.

5. Procedimiento según la reivindicación 3 ó 4, **caracterizado** porque antes del inicio del funcionamiento de
 revestimiento la calidad de revestimiento resultante sobre la base del programa de control generado es comprobada
 automáticamente, por ejemplo, con respecto al número de las trayectorias de revestimiento y/o del espesor de capa.

40 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque se muestra el proceso de revesti-
 miento simulado.

45 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 3 a 6, **caracterizado** porque están previstas unas herramientas
 de programa para la localización y tratamiento de defectos establecidos durante la simulación, para la evaluación del
 efecto de los defectos en el resultado del proceso y/o para la optimización del proceso.

50 8. Sistema de control por programa para el control de una instalación de revestimiento para el revestimiento en
 serie de piezas diferentes con unas zonas parciales típicas formadas de manera diferente con características comunes a
 las diferentes piezas, en el que las trayectorias de revestimiento de un dispositivo de revestimiento son calculadas sobre
 la pieza dependiendo de las informaciones almacenadas en un fichero de pieza (1) y el dispositivo de revestimiento es
 controlado, durante el funcionamiento de revestimiento, mediante los programas de movimiento (15) generados sobre
 la base del cálculo, **caracterizado** porque comprende

55 una memoria de datos (3), en la cual están almacenadas unas reglas de control de revestimiento asignadas en cada
 caso a las zonas parciales típicas individuales de las piezas;

un dispositivo de análisis de piezas (6), que analiza automáticamente los datos de piezas almacenados para la
 identificación de las informaciones correspondientes acerca de las zonas parciales individuales; y

60 un dispositivo de generación de trayectorias de desplazamiento (7), que selecciona automáticamente para cada zona
 parcial, sobre la base del análisis de los datos de pieza (1), a partir de las reglas de control almacenadas, las reglas de
 control que hay que utilizar en cada caso, incluida la forma de cono de pulverización del dispositivo de revestimiento,
 genera automáticamente, sobre la base de las reglas de control seleccionadas y los datos de pieza almacenados, los
 programas de control de trayectoria que determinan el desarrollo del movimiento para las zonas parciales individuales
 65 y añade los programas de control de revestimiento individuales automáticamente al programa de control general (15).

9. Sistema de control por programa según la reivindicación 8, **caracterizado** porque el dispositivo de análisis de
 piezas (6) analiza informaciones de pieza proporcionadas por el fichero de pieza (1) en forma de ficheros CAD.

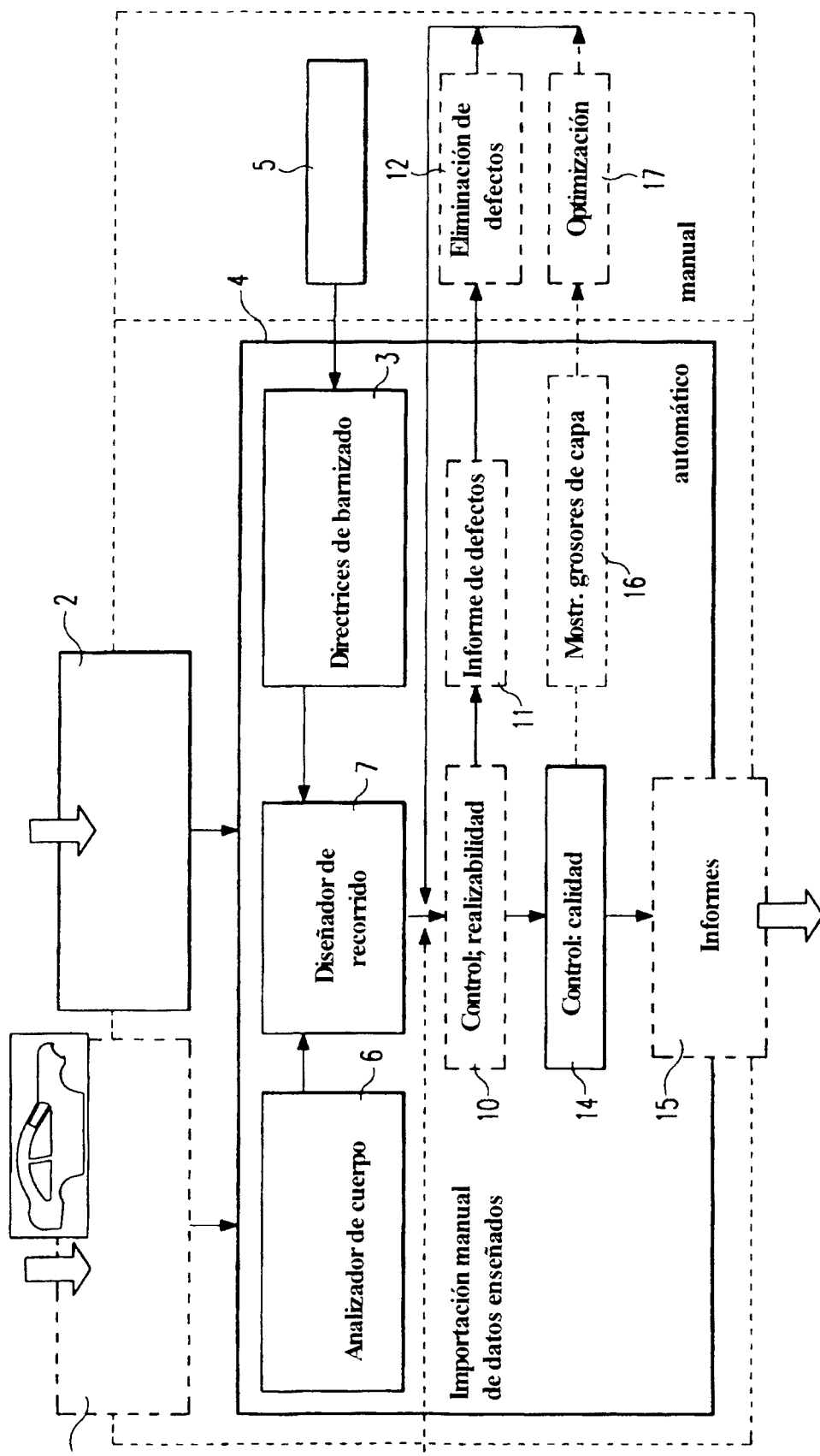


Fig. 1

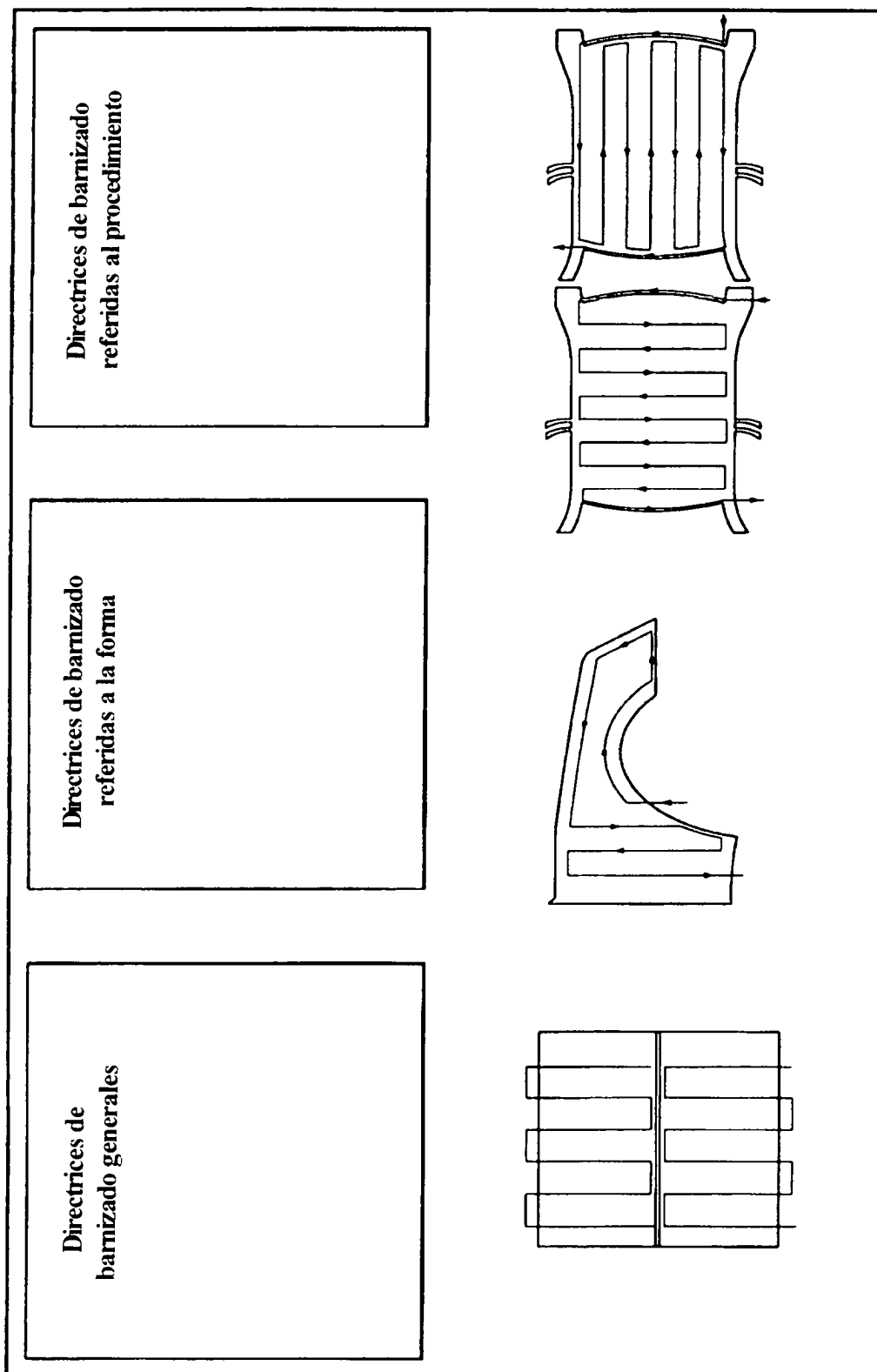


Fig. 2

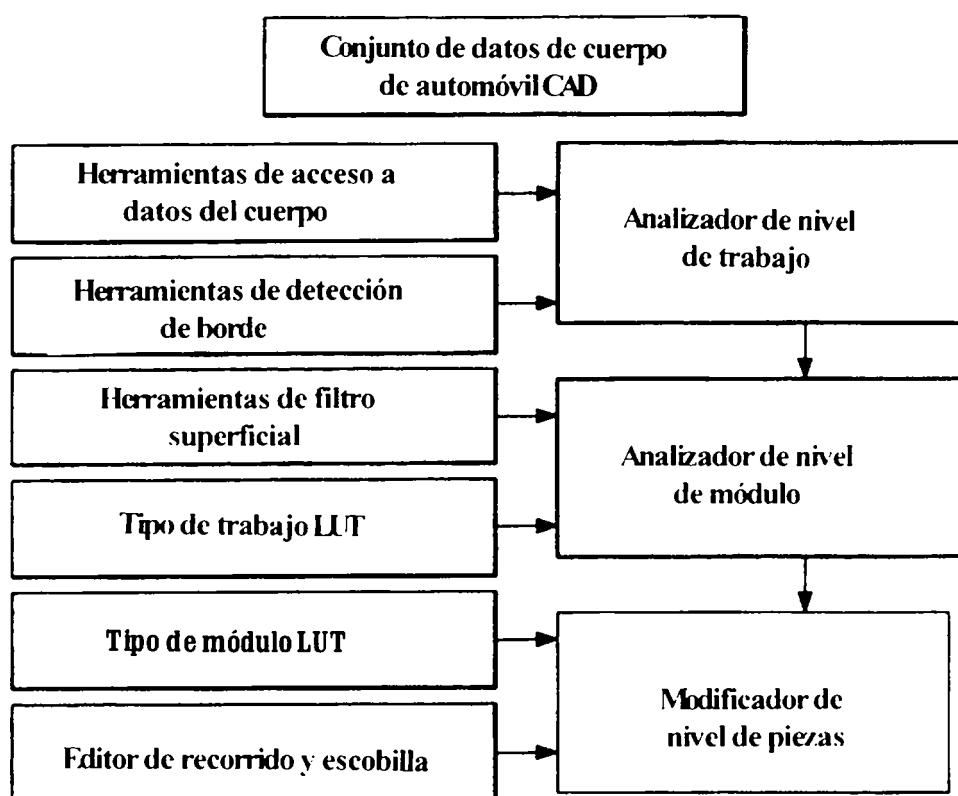


Fig. 3

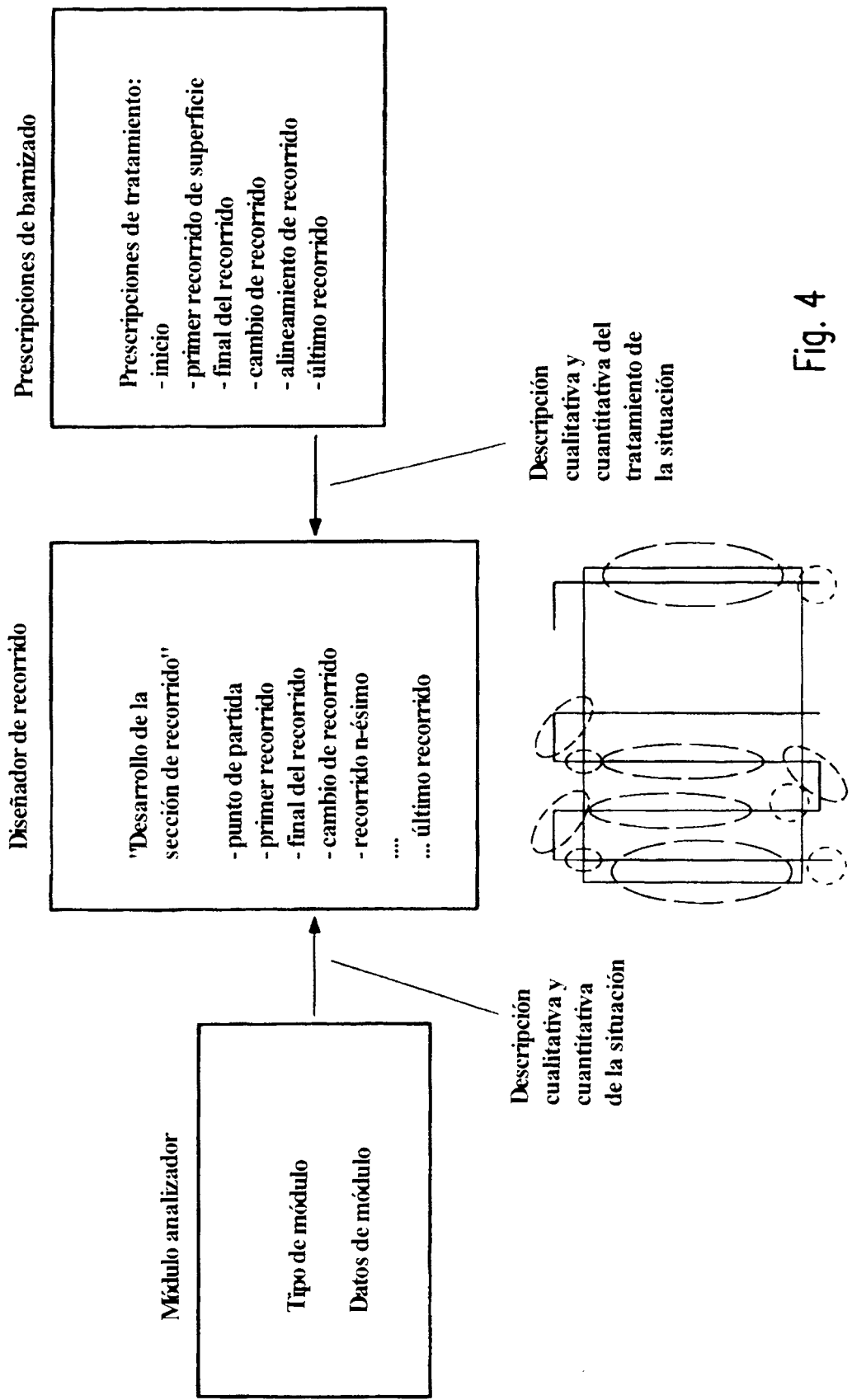


Fig. 4