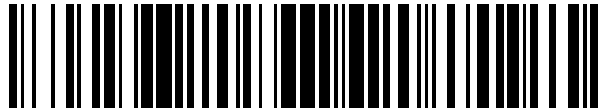


19



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 594 772**

21 Número de solicitud: 201531899

51 Int. Cl.:

**G06F 17/00** (2006.01)

**B29C 45/00** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**23.12.2015**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**22.12.2016**

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE JAÉN (80.0%)**

**Campus las Lagunillas, S/N**

**23071 Jaén ES y**

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID (20.0%)**

72 Inventor/es:

**MARTÍN DOÑATE, Cristina;**

**RUBIO PARAMIO, Miguel Ángel;**

**VIZÁN IDOPE, Antonio y**

**MERCADO COLMENERO, Jorge Manuel**

54 Título: **Método y sistema de obtención de geometrías virtuales y detección de zonas no moldeables en piezas**

57 Resumen:

Método y sistema de obtención de geometrías virtuales y detección de zonas no moldeables en piezas, basado en el mallado de una geometría (Q) de una pieza (200) en una pluralidad de puntos ( $P_{ij}$ ) y facetas ( $F_i$ ) triangulares; y en la clasificación de dichos puntos ( $P_{ij}$ ) y facetas ( $F_i$ ) siguiendo un análisis por planos según una dirección de desmoldeo ( $V^z$ ). Para ello, las facetas ( $F_i$ ) se agrupan en subgrupos ( $\Gamma_k$ ) con los que se definen polígonos cerrados ( $C_k$ ). Cada punto ( $P_{ij}$ ) se clasifica a continuación en función de su proyección sobre los polígonos cerrados ( $C_k$ ); y cada faceta ( $F_i$ ) se clasifica en función de la clasificación de los puntos ( $P_{ij}$ ) que contiene. Se consigue así un análisis automatizado y eficiente de cualquier morfología arbitraria de la pieza (200).

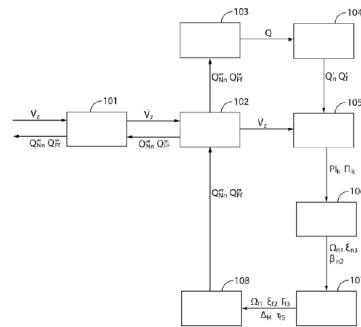


Fig. 1

## DESCRIPCIÓN

### **Método y sistema de obtención de geometrías virtuales y detección de zonas no moldeables en piezas**

5

#### **Objeto de la invención**

La presente invención se refiere al campo de la fabricación de piezas mecánicas mediante moldes, y más concretamente a un sistema y método de obtención de geometrías virtuales y  
10 detección de zonas no moldeables en piezas.

#### **Antecedentes de la invención**

En todas las técnicas de fabricación basadas en moldes, como por ejemplo inyección de  
15 materiales plásticos o fundición de metales, es habitual encontrar una fase de diseño en la que es necesario validar de forma rápida la fabricabilidad de las piezas, detectando y diferenciando pequeñas contrasalidas de forma automatizada, así como zonas que no podrán fabricarse. Los sistemas comerciales utilizados actualmente por las empresas para la resolución del análisis de desmoldeabilidad implican mucha interacción manual por parte  
20 del diseñador, al que se le exige no sólo el conocimiento de la herramienta particular, sino también disponer de experiencia en la fabricación de piezas.

Acortar los tiempos de diseño y manufactura, establecer una buena precisión y calidad en el acabado de la pieza, así como poder realizar cambios en el diseño con rapidez son las  
25 principales preocupaciones de los diseñadores de nuevos productos en la industria de inyección por moldeo. La resolución de estos problemas requiere de una automatización completa del proceso de análisis de la pieza de plástico en cuanto a su manufactura. Si bien existen muchos, relativos al análisis de desmoldeabilidad geométrica, éstos presentan bastantes desventajas ya que o bien están ligados al modelador analizando la pieza de  
30 manera interna, o necesitan de dispositivos adicionales de cálculo como unidades de procesamiento gráfico (GPU, del inglés 'graphic processing unit'), o no son válidos para el análisis de todo tipo de piezas de plástico.

En particular, se conocen algoritmos que utilizan modelos teselados como entrada a su  
35 procedimiento de análisis de desmoldeabilidad. Los modelos teselados de la pieza de plástico proporcionan una gran ventaja cuando la pieza incorpora superficies complicadas y

de forma libre. Dentro de esta estrategia, existen diversos enfoques. Por ejemplo, existen métodos que identifican las regiones no convexas determinando el conjunto de direcciones de desmoldeo posibles. La dirección de desmoldeo más adecuada de entre las posibles es la que proporciona un mayor valor en un factor suma de varios factores individuales, entre los que se encuentran, visibilidad, planitud de la línea de partición y profundidad de desmoldeo. De acuerdo con un segundo ejemplo, puede usarse un modelo teselado como base para clasificar las superficies de la pieza de fundición, identificando contrasalidas y protusiones, generando finalmente una serie de líneas de partición factibles para una determinada dirección de desmoldeo. La línea de partición más adecuada se obtiene aplicando criterios de uso común en la empresa.

También se han descrito procedimientos basados en modelos teselados para generar superficies de las correderas laterales y líneas de partición suavizadas. Dada una serie de facetas en contrasalida en una pieza poliédrica y la dirección principal de desmoldeo se puede computar un conjunto de espacios de direcciones de movimiento para cada faceta en contrasalida. Este espacio representa el conjunto de vectores de traslación candidatos que se pueden usar en las correderas laterales. Asimismo, se puede computar una línea de partición suavizada que se sitúa a través de una banda de triángulos cuya normal es aproximadamente perpendicular a la dirección de desmoldeo.

Los métodos presentados utilizan un modelo facetado como base para la aplicación de sus procedimientos de reconocimiento de contrasalidas, sin embargo muchos de ellos asumen que la pieza a fabricar es moldeable, sin correderas internas o bien no debe presentar características de contrasalida (del inglés 'undercut feature') que interactúan. Por otra parte estos métodos trabajan con la normal a las facetas lo que hace que el conjunto de cálculos sea complejo y requiera de un hardware adicional.

Otras alternativas realizan el análisis de desmoldeabilidad de la pieza por medio del estudio de las secciones realizadas al modelo sólido no teselado utilizando un procedimiento de cortes. Dentro de este grupo se engloban un conjunto de técnicas basadas en la realización de cortes al modelo sólido, de los cuales resultan un conjunto variable de secciones, las cuales son a continuación atravesadas por un haz de rectas. Del análisis de los puntos obtenidos se deduce el estudio de la desmoldeabilidad. Por ejemplo, una primera aproximación analiza las secciones realizadas a la pieza de plástico estableciendo un conjunto de reglas basadas en la experiencia y en una vasta recopilación bibliográfica. Este método puede mejorarse ampliando el ámbito de aplicación a piezas con líneas de partición

con varios contornos y aumentando la precisión del procedimiento. Más recientemente, se han propuesto procedimientos basados en discretización del sólido, que transforma el cuerpo sólido en una malla de puntos, reasignando los puntos en la malla en base a su desmoldeabilidad. Si bien la principal ventaja de estos métodos es que analizan la geometría de la pieza de forma externa, no llegan a conseguir la precisión de los métodos basados en el reconocimiento de características (del inglés 'feature').

De acuerdo con algunos ejemplos particulares, US 8,296,097 B2 presenta una técnica basada en elementos en lugar de en características, incluyendo el cálculo de una línea normal a cada superficie de la pieza y el análisis del conjunto de dichas líneas. Por su parte, WO 2001027881 A2 muestra un análisis mediante mallado triangular y cálculo de vectores de desplazamiento que permite planificar su fabricación. Asimismo, ES 2,512,940 A2 presenta un método de validación automatizada de la fabricabilidad de diseños de objetos tridimensionales en base a su geometría, que comprende transformar una definición geométrica de un objeto tridimensional que se desea fabricar en una malla cúbica tridimensional y analizar la fabricabilidad del objeto tridimensional en base a la malla cúbica tridimensional inicial.

No obstante, todos los métodos descritos presentan limitaciones en términos de precisión, requisitos computacionales, variedad de problemas analizables o automatización. En definitiva, sigue existiendo en el estado de la técnica la necesidad de un método y sistema de análisis de desmoldeo capaz de adaptarse a cualquier morfología arbitraria de las piezas y proporcionar un análisis de desmoldeo de forma precisa y eficiente, y minimizando la interacción manual exigida al usuario.

### **Descripción de la invención**

La presente invención soluciona los problemas anteriormente descritos mediante una técnica de análisis de desmoldeo híbrida, es decir, que combina análisis por nodos y análisis por facetas, basada en mallado triangular y análisis por planos perpendiculares a la dirección principal de desmoldeo.

En un primer aspecto de la invención se presenta un método de análisis de desmoldeo que toma como datos de entrada una geometría de una pieza a fabricar mediante técnicas basadas en moldes, como por ejemplo inyección de materiales plásticos o fundición de metales, así como una dirección principal de desmoldeo de dicha pieza. La dirección de

desmoldeo puede ser introducida por un usuario u obtenerse de otras fuentes, como por ejemplo un medio legible por ordenador, una salida de un proceso automatizado de optimización, etc. La geometría de partida puede recuperarse del medio legible por ordenador mencionado o de una memoria independiente.

5

El modelo toma como dato de partida la geometría mallada consistente en una pluralidad de nodos y facetas triangulares. A continuación, las facetas se agrupan en una pluralidad de subgrupos, de forma que cada subgrupo comprende aquellas facetas con al menos uno de sus tres nodos en un mismo plano de análisis, y estando dichos planos de análisis definidos como planos perpendiculares a la dirección de desmoldeo. Nótese que una misma faceta puede quedar agrupada en varios subgrupos distintos. Nótese asimismo que realizaciones particulares del método de la invención pueden comprender un paso previo de generación de la geometría mallada descrita.

10

15

Una vez agrupadas las facetas, se realiza una clasificación de los nodos en desmoldeables en sentido positivo según la dirección de desmoldeo (que denominaremos simplemente "sentido positivo" por simplicidad), desmoldeables en sentido negativo según la dirección de desmoldeo (que denominaremos "sentido negativo" por simplicidad) y no desmoldeables a través de un análisis por planos. Dicho análisis por planos comprende definir un contorno poligonal cerrado a partir de las facetas de cada subgrupo asociado a un plano de análisis, y la proyección de cada nodo sobre dichos contornos poligonales cerrados. Preferentemente, el análisis se realiza en la dirección de desmoldeo en sentido positivo y en sentido negativo, proyectando cada punto sobre el plano inmediatamente anterior en dicha dirección. Asimismo, los contornos poligonales se definen como la proyección de un subgrupo de facetas sobre el plano al que están asociadas. Más preferentemente, para el caso del análisis siguiendo el sentido positivo de la dirección de desmoldeo, si la proyección de un nodo queda estrictamente fuera del polígono cerrado, se clasifica dicho nodo como desmoldeable en la dirección de desmoldeo, siendo además moldeable por la cavidad superior del molde. Si por el contrario su proyección queda en el interior o la frontera del polígono cerrado, se clasifica como no desmoldeable. Este proceso se repite en la dirección de desmoldeo en sentido negativo, distinguiendo así los nodos desmoldeables en la dirección de desmoldeo en sentido negativo dentro de los previamente clasificados como no desmoldeables.

20

25

30

35

Una vez clasificados los nodos, dicha clasificación sirve de base para clasificar las facetas que los comprenden. Dichas facetas se clasifican preferentemente en las siguientes

categorías:

- Desmoldeables en la dirección de desmoldeo en sentido positivo (moldeables por cavidad superior), cuando todos sus nodos son desmoldeables en dicha dirección y sentido
- 5      – Desmoldeables en la dirección de desmoldeo en sentido negativo (moldeables por cavidad inferior), cuando todos sus nodos son desmoldeables en dicha dirección y sentido.
- No desmoldeables o parcialmente desmoldeables, cuando al menos uno de sus nodos está clasificado como no desmoldeable. Para distinguir entre facetas no desmoldeables o parcialmente desmoldeables, preferentemente se aplica un análisis faceta a faceta basado en las cotas en el eje de la dirección de desmoldeo de los nodos que las conforman.
- 10     – Preferentemente, los nodos también pueden clasificarse como desmoldeables lateralmente repitiendo el análisis descrito para una dirección de análisis rotada 90° respecto a la dirección de desmoldeo principal.
- 15

Preferentemente, el método comprende calcular una línea de partición como una separación entre facetas desmoldeables por cavidad superior e inferior. Dicho cálculo de la línea de partición puede comprender asimismo dividir las facetas parcialmente desmoldeables en una subregión desmoldeable y una subregión no desmoldeable.

20

Finalmente, la clasificación de facetas realizada se almacena en un medio legible por ordenador, pudiendo ser asimismo mostrada al usuario, que puede llegar a elegir una nueva dirección de desmoldeo en función de los mismos.

25

En un segundo aspecto de la invención se presenta un sistema de análisis de desmoldeo que implementa los pasos del método descrito, pudiendo incluir cualquier característica de cualquiera de las opciones preferentes o realizaciones particulares de dicho método. En particular, el sistema comprende:

30

- Uno o más medios de almacenamiento legibles por ordenador, en los que se almacena la geometría teselada de partida, los resultados del análisis de desmoldeo y, potencialmente, cualquier otra información utilizada por dicho análisis.
- En algunas realizaciones particulares, el método puede comprender asimismo un módulo de mallado, que realiza la división de la geometría de partida en facetas triangulares.
- 35     – Un módulo de agrupación, que agrupa en subgrupos todas aquellas facetas que

comprenden nodos en un mismo plano de análisis perpendicular a la dirección de desmoldeo.

- Un módulo de clasificación de nodos que realiza la clasificación en nodos desmoldeables por cavidad superior, cavidad inferior y no desmoldeables siguiendo el análisis por planos descrito para el método de la invención.
- Un módulo de clasificación de facetas que realiza la clasificación en facetas desmoldeables por cavidad superior, cavidad inferior, no desmoldeables y, preferentemente, desmoldeables lateralmente, basándose en la clasificación de los nodos que comprenden, siguiendo el análisis descrito para el método de la invención.
- Preferentemente, un módulo de cálculo que calcula la línea de partición entre cavidad superior e inferior, siguiendo el análisis descrito para el método de la invención.
- Medios de control que almacenan en el medio de almacenamiento legible por ordenador los resultados obtenidos y coordinan la operación del resto de módulos del sistema.

Finalmente, en un tercer aspecto de la invención se presenta un programa de ordenador que comprende medios de código de programa de ordenador adaptados para implementar el método descrito, al ejecutarse en un ordenador, un procesador digital de la señal, un circuito integrado específico de la aplicación, un microprocesador, un microcontrolador o cualquier otra forma de hardware programable.

El sistema, método, y programa de ordenador descritos proporcionan por lo tanto una herramienta de análisis de desmoldeo automatizada, precisa y eficiente; aplicable a cualquier geometría y constitución interna de la pieza bajo análisis. Asimismo, se consigue acortar los tiempos de diseño y manufactura, establecer una buena precisión y calidad en el acabado de la pieza, así como poder realizar cambios en el diseño con rapidez. Finalmente, la técnica propuesta es independiente del modelador de la pieza, no precisa de un modelo analítico de la superficie de contorno de la pieza y no requiere de dispositivos adicionales de cálculo. Éstas y otras ventajas de la invención serán aparentes a la luz de la descripción detallada de la misma.

### **Descripción de las figuras**

Con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención de

acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, y para complementar esta descripción, se acompañan como parte integrante de la misma las siguientes figuras, cuyo carácter es ilustrativo y no limitativo:

5 La Figura 1 muestra esquemáticamente los componentes principales de una implementación particular del sistema de la invención y la información intercambiada entre ellos.

La Figura 2 presenta la geometría de una pieza de ejemplo sobre la que se aplica una implementación particular del método de la invención.

10

La figura 3 ilustra el modelo mallado de la pieza de ejemplo.

La figura 4 es una vista ampliada de dicho mallado de la pieza de ejemplo.

15

La figura 5 ejemplifica la clasificación en planos realizada por una implementación particular del método de la invención siguiendo la dirección principal de desmoldeo.

La figura 6 muestra la agrupación de facetas plano a plano según una implementación particular del método de la invención.

20

La figura 7 presenta la clasificación de facetas resultante de aplicar una implementación particular del método de la invención a la pieza de ejemplo.

### **Realización preferente de la invención**

25

En este texto, el término "comprende" y sus derivaciones (como "comprendiendo", etc.) no deben entenderse en un sentido excluyente, es decir, estos términos no deben interpretarse como excluyentes de la posibilidad de que lo que se describe y define pueda incluir más elementos, etapas, etc.

30

Nótese que, para ayudar a la comprensión de la invención, se hace referencia en la presente invención a matrices y vectores en los que se almacena la información relevante utilizada por la misma. No obstante, el experto en la materia entenderá que pueden existir formas alternativas de estructurar y almacenar dicha información dentro del alcance de la invención tal y como ha sido reivindicado. Nótese también que, por simplicidad, se ha utilizado la notación de dichas matrices para referenciar en texto y figuras la información

35



contenida dentro de dichas matrices.

La figura 1 muestra los módulos principales de una realización preferente del sistema de la invención, que a su vez implementan una realización preferente del método de la invención. Asimismo, todos los pasos del método de la invención pueden realizarse mediante procesado de código de ordenador, pudiendo todos los cálculos involucrados en el mallado y la clasificación de nodos y facetas ser realizados en un procesador de un ordenador, un procesador digital de la señal, un circuito integrado específico de la aplicación, un microprocesador, un microcontrolador o cualquier otra forma de hardware programable. Nótese que aunque cada módulo se ha representado de manera independiente, nótese que pueden existir implementaciones particulares en las que varios módulos estén integrados en un mismo elemento, así como realizaciones en las que un módulo está subdividido en varios. Asimismo, se ha mostrado la información principal intercambiada por dichos módulos. No obstante, dicha representación no excluye que los módulos intercambien cualquier otra información adicional. De la misma manera, el intercambio de información entre módulos puede realizarse a través de elementos comunes, tales como memorias compartidas por varios módulos, en lugar de transmitirse directamente.

El sistema comprende un interfaz (101) de entrada/salida que recibe información del usuario y le muestra los resultados obtenidos. El interfaz puede estar implementado de acuerdo con cualquier técnica o combinación de técnicas conocidas en el estado de la técnica, tales como pantallas, teclados, pantallas táctiles, etc. Como información principal, el usuario introduce la dirección de desmoldeo ( $V_z$ ) principal que sirve como parámetro de entrada del sistema, y recibe la información de geometría con análisis de desmoldeo integrado ( $Q''$ ) ya sea en su versión con información de nodos ( $Q''_{Nn}$ ), en su versión con información de facetas ( $Q''_{Ff}$ ) o en ambas. Nótese que el interfaz (101) puede recibir cualquier otro comando o información adicional por parte del usuario relevante para el proceso de análisis de desmoldeo. Asimismo, nótese que en implementaciones particulares de la invención, la dirección de desmoldeo ( $V_z$ ) puede estar almacenada junto con la geometría (Q) de la pieza (200), o calcularse de manera automatizada por parte del propio sistema

El interfaz (101) transmite la información introducida por el usuario a los medios de control (102), que coordinan la operación del resto de elementos del sistema y almacenan en un medio de almacenamiento legible por ordenador (103) los resultados obtenidos por el mismo, como por ejemplo, la información de geometría con análisis de desmoldeo integrado ( $Q''$ ). Dicho medio de almacenamiento legible por ordenador (103) puede comprender

también la información de geometría (Q) que sirve de nodo de partida del procedimiento, o bien ambas funciones pueden estar divididas en memorias independientes.

5 La geometría (Q), extraída del medio de almacenamiento legible por ordenador (103), es primeramente recibida por el módulo de mallado (104) que proporciona una segmentación en nodos ( $P_{ij}$ ) y facetas ( $F_i$ ) triangulares, representada por la geometría mallada de nodos ( $Q'_n$ ) y la geometría mallada de facetas ( $Q'_f$ ). A partir de dichas geometrías malladas, y en función de la dirección de desmoldeo ( $V_z$ ) proporcionada por los medios de control (102), un módulo de agrupación (105) determina una pluralidad de planos ( $Pl_k$ ) de análisis perpendicular a la dirección de desmoldeo ( $V_z$ ) y una pluralidad de subgrupos ( $\Pi_k$ ) de facetas ( $F_i$ ) asociados a dichos planos, siguiendo los criterios detallados más adelante en la presente descripción.

15 A continuación, un módulo de clasificación de nodos (106) clasifica primeramente los nodos ( $P_{ij}$ ) en las siguientes categorías:

- Desmoldeables en la dirección de desmoldeo en sentido positivo ( $\Omega_{n1}$ ), que denominaremos cavidad superior por simplicidad.
- Desmoldeables en la dirección de desmoldeo en sentido negativo ( $\xi_{n3}$ ), que denominaremos cavidad inferior por simplicidad.
- 20 – No desmoldeables ( $\beta_{n2}$ ).

En función de la clasificación de nodos ( $P_{ij}$ ) realizada, un módulo de clasificación de facetas (107) clasifica las facetas en las siguientes categorías:

- 25 – Desmoldeables en la dirección de desmoldeo en sentido positivo ( $\Omega_{f1}$ ), que denominaremos cavidad superior por simplicidad.
- Desmoldeables en la dirección de desmoldeo en sentido negativo ( $\xi_{f2}$ ), que denominaremos cavidad inferior por simplicidad.
- Parcialmente desmoldeables ( $\Gamma_{f3}$ ).
- No desmoldeables ( $\Delta_{f4}$ ).
- 30 – Desmoldeables lateralmente ( $\tau_{f5}$ ), también denominadas correderas laterales en el presente documento.

La clasificación de facetas es utilizada finalmente por el módulo de cálculo (108) para determinar la línea de partición entre la cavidad superior y la cavidad inferior, así como las zonas no desmoldeables. Esta información se superpone a la geometría (Q) original dando

lugar a la geometría con análisis de desmoldeo integrado ( $Q'''$ , geometría virtual), que se almacena en el medio de almacenamiento legible por ordenador (103). Este almacenamiento puede por ejemplo realizarse directamente, o bien gestionarse desde los medios de control (102).

5

La figura 2 muestra la geometría ( $Q$ ) de una pieza (200) de ejemplo utilizada para describir el método de la invención. Nótese, no obstante, que el método es válido para cualquier geometría arbitraria. La figura 3 presenta la misma pieza (200) tras ser aplicado el mallado en facetas triangulares, obteniéndose una geometría discreta por la geometría mallada de nodos ( $Q'_n$ ) y la geometría mallada de facetas ( $Q'_f$ ). La geometría mallada de nodos ( $Q'_n$ ) puede almacenarse en una matriz de rango ( $n \times 3$ ) que agrupa todo el conjunto de facetas triangulares (siendo  $n$  el número total de faceta de la malla), mientras que la geometría mallada de facetas ( $Q'_f$ ) puede almacenarse en una matriz de rango  $3n \times 3$  que agrupa todo el conjunto de nodos ( $P_{ij}$ ) de la malla. Se consigue así una definición del problema bajo análisis independiente del modelado de cualquier otro software o método relacionado.

10

15

Durante una primera fase de preprocesado, los nodos ( $P_{ij}$ ) de la malla geométrica, son clasificados en función de su cota ( $z_{ij}$ ) según el vector de dirección ( $V_z$ ) paralelo a la dirección de desmoldeo y en sentido positivo. La dirección principal de desmoldeo viene determinada por el usuario como dato de partida, de tal manera que una vez realizado el análisis dicho usuario puede cambiar su elección si lo estima conveniente. Alternativamente, en otras implementaciones particulares de la invención, la dirección de desmoldeo puede optimizarse de manera automatizada en función de la salida del algoritmo.

20

25

El conjunto de cotas ( $z_{ij}$ ) de los nodos pertenecientes al mallado son almacenados en un vector unidimensional ordenado en sentido ascendente en la dirección de desmoldeo. Un conjunto de planos de análisis ( $Pl_k$ ) paralelos al plano XOY y perpendiculares a la dirección de desmoldeo son asignados a cada valor del vector unidimensional, tal y como se aprecia en la figura 5.

30

A continuación, las facetas ( $F_i$ ) de la malla son clasificadas en niveles o subgrupos, dentro de una matriz multidimensional ( $\Pi_k$ ) donde cada dimensión  $k$  de la misma se corresponde con un plano de análisis ( $Pl_k$ ), de forma que una dimensión  $k$  comprende todas aquellas facetas que cumplen la condición de que al menos uno de sus vértices pertenece al plano de análisis. Un ejemplo de esta clasificación se muestra en la figura 6.

35

Tras la agrupación de las diferentes facetas ( $F_i$ ) según el valor de cota ( $z_{ij}$ ) de sus respectivos nodos, a lo largo de la dirección de desmoldeo, se procede al procesado de la malla para su análisis de manufactura analizando geoméricamente las facetas ( $F_i$ ) y los nodos ( $P_{ij}$ ) según criterios de desmoldeabilidad. Para ello se evalúa la geometría discreta ( $Q'$ ) según la dirección de desmoldeo en sentido positivo ( $V_z^{\rightarrow}$ ), con el objetivo de estimar las regiones geométricas de la pieza que se fabrican por la cavidad superior. Posteriormente, una reorientación de la pieza en sentido inverso al analizado previamente permite localizar las regiones que pertenecen a cavidad inferior.

Inicialmente, se seleccionan las diferentes facetas ( $F_i$ ) y nodos ( $P_{ij}$ ) contenidos en cada uno de los niveles  $k$  (submatrices) de la matriz multidimensional ( $\Pi_k$ ). Así pues, para un plano ( $P_k$ ) secuencial se define un contorno poligonal cerrado ( $C_k$ ) de análisis a partir de la proyección de las facetas contenidas en el nivel correspondiente al plano secuencial ( $P_k$ ) de análisis de la matriz multidimensional. El procedimiento proyecta el conjunto de nodos ( $P_{ij}$ ) de la malla de la pieza sobre el contorno cerrado ( $C_k$ ) inmediatamente superior, comprobando si todos los nodos pueden desmoldear a lo largo de la dirección de desmoldeo y en el sentido dado. De esta forma, si un nodo ( $P_{ij}$ ) queda estrictamente fuera de la región de estudio, queda catalogado como elemento desmoldeable superior almacenándose en una matriz  $\Omega_{n1}$  encargada de almacenar el conjunto de nodos desmoldeables en el sentido positivo de la dirección de desmoldeo, por el contrario si un elemento queda en la región interior o en la frontera dicho nodo es catalogado como no desmoldeable, almacenándose en una matriz  $\beta_{n2}$  encargada de almacenar el conjunto de nodos no desmoldeables en la dirección de desmoldeo. Por lo tanto:

$$Q'_n = \{\Omega_{n1} \cup \beta_{n2}\}$$

con  $n_1 + n_2 = n$ .

Nótese que un nodo  $P_{ij}$  es un nodo frontera de  $C_k$  si todo entorno de  $P_{ij}$  contiene al menos nodos comprendidos en  $C_k$  y nodos no comprendidos en  $C_k$ . Al conjunto de los nodos frontera de  $C_k$  se le llama frontera de  $C_k$  y se le nota  $Fr(C_k)$ .

Es decir, para los niveles  $k$  entre el segundo y el último se generan una serie de nodos de control o nodos de Gauss ( $P_{Gauss}$ ) en todas las facetas comprendidas en el contorno cerrado ( $C_k$ ). El algoritmo proyecta el conjunto de nodos  $\{(P_{ij} \in B'_n) - (P_{ij} \in P_k)\} \rightarrow z_{ij} < z_k$  y los correspondientes nodos de control ( $P_{Gauss}$ ) sobre  $C_{k-1}$ ; comprobando si los nodos  $P_{ij}$  y  $P_{Gauss}$ , pueden desmoldear a lo largo de la dirección de desmoldeo ( $V_z^{\rightarrow}$ ) y sentido dado. De esta

forma si un nodo ( $P_{ij}$ ) queda estrictamente fuera de la región de estudio  $C_{k-1}$ , queda catalogado como elemento desmoldeable superior comprendido en  $\Omega_{n1}$ .

Tras la ejecución de los  $k$  análisis de plano se procede a la comparación de los nodos almacenados en las matrices encargadas de almacenar el conjunto de nodos desmoldeables en el sentido positivo y negativo de la dirección de desmoldeo. Puede ocurrir que un nodo haya sido catalogado como desmoldeable perteneciente a la matriz de nodos desmoldeables según el sentido positivo de la dirección de desmoldeo y no desmoldeable perteneciente a la matriz de nodos desmoldeables en sentido negativo en distintos planos. Es por ello que se comparan los elementos de las matrices y se catalogan de nuevo como no desmoldeables aquellos nodos que poseen duplicidad de comportamiento.

Una vez analizada la desmoldeabilidad de los nodos ( $P_{ij}$ ) de la malla, se catalogan las facetas  $F_i$  en facetas desmoldeables, facetas no desmoldeables y facetas desmoldeables parcialmente o semidesmoldeables, almacenándolas en sendas matrices con información geométrica sobre la manufactura de la pieza. Primeramente se cataloga la desmoldeabilidad de las facetas a lo largo de la dirección positiva de desmoldeo, sirviendo como base de catalogación los nodos clasificados previamente en la matriz de nodos desmoldeables superiormente ( $\Omega_{n1}$ ). Todas las facetas ( $F_i$ ) que cumplan la condición que todos y cada uno de sus vértices pertenecen a la región desmoldeable ( $\Omega_{n1}$ ), son catalogadas como desmoldeables y asignadas a la matriz de facetas desmoldeables directas ( $\Omega_{f1}$ ), así como eliminadas de la matriz  $Q'_f$ .

El resto de facetas ( $F_i$ ) pertenecientes a la matriz  $Q'_f$  son catalogadas como facetas no desmoldeables, o semidesmoldeables a lo largo de la dirección  $+d$ , siendo asignadas a la matriz formada por la unión de las matrices  $\Gamma_{f3}$  y  $\Delta_{f4}$ . De tal modo que:

$$Q'_f = \{\Omega_{f1} \cup \xi_{f2} \cup \Gamma_{f3} \cup \Delta_{f4}\}$$

con  $f_1+f_2+f_3+f_4=f$ . Notaremos como  $\Omega_{f1}$ ,  $\xi_{f2}$  los lugares geométricos correspondientes al conjunto de facetas desmoldeables por cavidad superior y cavidad inferior respectivamente, a lo largo de la dirección de desmoldeo, y siendo  $f_1$  y  $f_2$  el número de facetas almacenadas en las matrices  $\Omega_{f1}$  y  $\xi_{f2}$  respectivamente. Asimismo, notaremos como  $\Gamma_{f3}$  el lugar geométrico del conjunto facetas desmoldeables parcialmente a lo largo de la dirección de desmoldeo, siendo  $f_3$  el número de facetas almacenadas en la matriz  $\Gamma_{f3}$ ; y como  $\Delta_{f4}$  el lugar geométrico del conjunto de facetas no desmoldeables a lo largo de la dirección de desmoldeo, siendo  $f_4$  el número de facetas almacenadas en la matriz  $\Delta_{f4}$ .

Como resultado de la aplicación del procedimiento de catalogación de facetas en la malla descrito hasta este nodo, las facetas  $F_i$  horizontales e inclinadas, desmoldeables según cavidad superior, han sido clasificadas y almacenadas en la matriz  $\Omega_{f1}$ . Sin embargo, todavía  
 5 existe un conjunto de facetas clasificadas como pertenecientes a  $[\Gamma_{f3} \cup \Delta_{f4}]$ , que por su configuración geométrica son susceptibles reclasificarse como facetas desmoldeables. Estas facetas cumplen la condición geométrica de perpendicularidad con la dirección de desmoldeo. Las facetas  $F_{i3,4} \in [\Gamma_{f3} \cup \Delta_{f4}]$  situadas bajo la frontera de una faceta  $F_{i1} \in \Omega_{f1}$ , tal  
 10 que la proyección de los nodos  $\{P_{i3,4\ 1}, P_{i3,4\ 2}, P_{i3,4\ 3}\}$  que conforman la faceta  $F_{i3,4}$ , pertenece a la frontera  $Fr(F_{i1})$ , son desmoldeables, siendo recolocadas en la matriz  $\Omega_{f1}$  y eliminadas de la matriz  $[\Gamma_{f3} \cup \Delta_{f4}]$  donde estaban almacenados.

En el caso que algunas facetas  $F_i \in \Pi_1$  formen una región coplanaria, se incluyen en  $\Omega_{f1}$  aquellas facetas  $F_i \in P_{i1}$  coplanarias entre sí. El resto de facetas  $F_i \in Q'_i$  que no hayan sido  
 15 catalogadas tras la aplicación del procedimiento de reasignación de facetas verticales como facetas desmoldeables, quedan almacenadas en la matriz de facetas no desmoldeables y semidesmoldeables  $[\Gamma_{f3} \cup \Delta_{f4}]$ .

A continuación, se aplican de nuevo los mismos procedimientos expuestos, pero reorientando la pieza en el sentido negativo de la dirección de desmoldeo. Se obtiene así  
 20 como resultado el conjunto de facetas desmoldeables correspondientes a la región de cavidad inferior ( $\xi_{f2}$ ).

Para completar la clasificación, se establecen una serie de criterios de unificación para  
 25 aquellas facetas con duplicidad de resultados:

- Todas aquellas facetas que pertenecen a la región desmoldeable correspondiente a cavidad superior e inferior, serán únicamente almacenadas en la matriz  $\xi_{f2}$  (cavidad inferior), siendo eliminadas de la matriz  $\Omega_{f1}$  (cavidad superior).
- Todas aquellas facetas que pertenecen a la región desmoldeable correspondiente a cavidad inferior  $\xi_{f2}$  y hayan sido catalogadas como no desmoldeable  $\in [\Gamma_{f3} \cup \Delta_{f4}]$  en el primer análisis (correspondiente a  $+V^*_z$ ), se almacenan en la matriz  $\xi_{f2}$  (cavidad

inferior), siendo eliminadas de la matriz  $[\Gamma_{f3} \cup \Delta_{f4}]$ .

- Análogamente, todas aquellas facetas que pertenecen a la región desmoldeable correspondiente a cavidad superior  $\Omega_{f1}$  y a su vez han sido catalogadas como no desmoldeable  $\in [\Gamma_{f3} \cup \Delta_{f4}]$  en el segundo análisis, serán únicamente almacenadas en la matriz  $\Omega_{f1}$  (cavidad superior), siendo eliminadas de la matriz  $[\Gamma_{f3} \cup \Delta_{f4}]$ .

En este nodo del análisis de desmoldeabilidad de la malla las facetas  $F_{i3,4} \in [\Gamma_{f3} \cup \Delta_{f4}]$  deben ser reclasificadas, en facetas no desmoldeables  $F_{i4} \in \Delta_{f4}$  y semidesmoldeables  $F_{i3} \in \Gamma_{f3}$ .

Estas facetas cumplen la condición geométrica de perpendicularidad con la dirección de desmoldeo. Para la resolución de este problema el procedimiento utiliza una metodología de análisis basada en el solapamiento entre las diferentes facetas no desmoldeables y semidesmoldeables.

La aplicación del procedimiento de reclasificación da como resultado una reclasificación de las facetas en matrices, además de dividir las facetas semidesmoldeables en regiones en función de su desmoldeabilidad. Tras la aplicación del procedimiento de reclasificación se crea un nuevo conjunto de facetas y nodos que conforman una nueva geometría virtual con información geométrica y de manufactura que complementa a las mallas  $Q'_f$  y  $Q'_n$ . Para ello, el procedimiento realiza un análisis comparativo faceta-faceta  $(F_{is} - F_{ir}) \in [\Gamma_{f3} \cup \Delta_{f4}]$  con el objetivo de clasificar las facetas solapadas y las facetas que generan solapamiento.

Dadas un par de facetas  $(F_{is} - F_{ir}) \in [\Gamma_{f3} \cup \Delta_{f4}]$ , se comprueba, mediante comparación de las cotas verticales de sus nodos, cuál de las facetas produce solapamiento (se encuentra en un plano superior) y si existe solapamiento. Para comprobar si existe solapamiento entre un par de facetas pertenecientes a  $[\Gamma_{f3} \cup \Delta_{f4}]$ , ambas facetas son proyectadas sobre un plano perpendicular a la dirección de desmoldeo y se comprueba mediante una operación lógica de tipo booleana si existe contacto entre dichas facetas. Aquella faceta  $F_{is} \in [\Gamma_{f3} \cup \Delta_{f4}]$  que cumple la condición que la cota z de sus tres nodos sea mayor que la cota z de los tres nodos de la faceta  $F_{ir}$  y la intersección entre facetas sea no nula, es asignada a la matriz de facetas no desmoldeables  $\Delta_{f4}$ . La otra faceta  $F_{ir}$  se asigna a la matriz de facetas semidesmoldeables  $\Gamma_{f3}$ . De esta forma se define qué facetas pertenecen al conjunto de

facetas semidesmoldeables  $\Gamma_{f3}$  y cuales pertenecen al conjunto de facetas no desmoldeables  $\Delta_{f4}$ , permitiendo así detectar zonas no desmoldeables de la pieza (200).

5 La línea de partición (PL), por definición, se localiza en la región frontera entre la cavidad superior ( $\Omega_{f1}$ ) y la cavidad inferior ( $\xi_{f2}$ ). No obstante, para aquellas geometrías (Q) para las que existan facetas semidesmoldeables entre ambas cavidades, se propone un sub-algoritmo basado en la descomposición de dichas facetas semidesmoldeables. Una vez definidas las facetas  $F_{i3} \in \Gamma_{f3}$  con comportamiento semidesmoldeable, se procede a su fragmentación encontrando para cada faceta la región desmoldeable por cavidad superior o inferior y la región no moldeable. La división de las facetas semidesmoldeables se realiza aplicando una metodología de sustracción e intersección entre cada una de las facetas semidesmoldeables  $\in \Gamma_{f3}$  y el conjunto cerrado de facetas no moldeables ( $\Delta_{f4}$ ).

15 De esta forma se realiza una operación booleana de sustracción entre la proyección ortogonal de las facetas perpendiculares a la dirección de desmoldeo  $\in [\Omega_{f1} \cup \xi_{f2}]$  y las facetas  $\in \xi_{f2}$ . Como resultado de esta operación se generan divisiones poligonales virtuales  $F''_{i1} \in \Omega_{f1}$ ,  $F''_{i2} \in \xi_{f2}$  que permiten definir la línea de partición óptima. Es decir:

$$\forall F_{i1} \in \Omega_{f1}; \forall F_{i2} \in \xi_{f2} : (F_{i1}, F_{i2} \perp V_z \rightarrow \{\text{Proj}(F_{i1}) - \xi_{f2} = F''_{i1}; \text{Proj}(F_{i2}) - \xi_{f2} = F''_{i2}\})$$

20  $F'_{i1} \in \Omega_{f1}$

$F''_{i2} \in \xi_{f2}$

Finalmente, se define la línea de partición como.

$$\forall P_{ij} = \{x_{ij}, y_{ij}, z_{ij}\} : (P_{ij} \in F_r(\Omega_{f1})) \vee (P_{ij} \in F_r(\xi_{f2})) \rightarrow P_{ij} \in [PL]$$

25 El conjunto cerrado  $\{F_{i4} \in \Delta_{f4}\}$  y las facetas semidesmoldeables  $F_{i3} \in \Gamma_{f3}$  se proyectan sobre un plano horizontal perpendicular a la dirección de desmoldeo calculando la intersección y sustracción resultante de dichos elementos. Esta información geométrica es trasladada de nuevo al plano de las facetas semidesmoldeables objeto de estudio. El resultado de la operación booleana de intersección entre las facetas  $F_{i3}$  semidesmoldeables y las facetas  $F_{i4}$  no desmoldeables origina para cada faceta la división de la misma en dos regiones, la



región desmoldeable  $F''_{i1} \in \Omega_{f1}$  y la región no desmoldeable  $F''_{i4} \in \Delta_{f4}$ .

El conjunto de facetas  $\{F''_{i4}, F''_{i1}\}$  que tras la ejecución del procedimiento de reclasificación han quedado divididas, en función de su desmoldeabilidad, conforman una nueva geometría virtual  $Q''_f$  que contiene, el nuevo conjunto de regiones poligonales virtuales  $(F''_{i4}, F''_{i1})$  que se superponen sobre la malla  $Q'_f$ . La nueva malla  $Q'''_{Ff} = \{Q''_f \cup Q'_f\}$  incorpora información sobre la desmoldeabilidad de la pieza (200). La nueva geometría virtual incorpora por lo tanto información geométrica sobre manufactura que queda incluida en los ficheros y modelos resultantes. Del mismo modo, la fragmentación de las facetas crea nuevos nodos virtuales que forman parte de la geometría virtual  $Q''_n$ .  $Q''_n$  se superpone sobre la malla  $Q'_n$  añadiendo información sobre la desmoldeabilidad de la pieza, conformando la malla  $Q'''_{Nn}$ .

Tras la aplicación del procedimiento de reclasificación de facetas en la dirección positiva de la dirección de desmoldeo, se aplica análogamente en sentido inverso de la dirección de desmoldeo obteniendo las facetas semidesmoldeables  $\in \Gamma_{f3}$  y  $\in \Delta_{f4}$  en esta dirección.

Finalmente, el conjunto de facetas clasificadas como no moldeables  $F''_{i4} \in \Delta_{f4}$  incorpora un grupo de facetas  $F'''_{i5}$  que pueden ser resolubles mediante corredera lateral en la dirección perpendicular a la dirección de desmoldeo. Para clasificar adecuadamente estas facetas, se repite de nuevo el análisis tras reorientar el problema  $90^\circ$  con respecto al eje X y posteriormente respecto al eje Y, excluyendo las regiones catalogadas previamente como desmoldeables  $\in [\Omega_{f1} \cup \xi_{f2}]$ . Es decir, se repite el análisis considerando una dirección de desmoldeo auxiliar perpendicular a la dirección de desmoldeo previa ( $V'_z$ ). Las facetas  $F_{i5}$  desmoldeables a lo largo de la dirección perpendicular a la dirección de desmoldeo se almacenan en la matriz  $T_{f5}$ . El resultado final del procedimiento queda indicado en la figura 7 de ejemplo.

A la vista de esta descripción y figuras, el experto en la materia podrá entender que la invención ha sido descrita según algunas realizaciones preferentes de la misma, pero que múltiples variaciones pueden ser introducidas en dichas realizaciones preferentes, sin salir del objeto de la invención tal y como ha sido reivindicada.

Nótese que todas las investigaciones en las que se basa la patente han sido realizadas y

financiadas dentro del proyecto titulado: "Diseño de un software vertical para la integración de las operaciones de análisis automatizado de la desmoldeabilidad, diseño del utillaje y estimación de costes en piezas moldeadas por inyección de plástico (CELERMOLD) financiado por la Consejería de Economía, Ciencia y Empleo(Junta de Andalucía) (Código del proyecto TI-12 TIC-1623).

5

## REIVINDICACIONES

1. Método de fabricación a partir de la obtención de geometrías virtuales y detección de zonas no moldeables en piezas, dada una geometría (Q) de una pieza (200) y una dirección de desmoldeo ( $V_z^*$ ) principal, caracterizado por que el método comprende:
- 5           i. recuperar de un medio de almacenamiento legible por ordenador (103), la geometría (Q) de la pieza dividida en una pluralidad de nodos ( $P_{ij}$ ) y facetas ( $F_i$ ) triangulares obtenida mediante un proceso de digitalización mediante escáner;
- ii. obtener la dirección de desmoldeo ( $V_z^*$ ) mediante su introducción por un usuario;
- 10          iii. agrupar las facetas ( $F_i$ ) en una pluralidad de subgrupos ( $\Pi_k$ ), perteneciendo a un mismo subgrupo aquellas facetas ( $F_i$ ) que comprendan al menos un nodo ( $P_{ij}$ ) en un mismo plano ( $Pl_k$ ) perpendicular a una dirección de desmoldeo ( $V_z^*$ );
- iv. clasificar la pluralidad de nodos ( $P_{ij}$ ) en desmoldeables en la dirección de desmoldeo ( $\Omega_{n1}$ ) en sentido positivo, desmoldeables en la dirección de desmoldeo en sentido negativo ( $\xi_{n3}$ ) y no desmoldeables ( $\beta_{n2}$ ) en función de, al menos, una proyección de cada nodo ( $P_{ij}$ ) sobre un contorno poligonal cerrado ( $C_k$ ) definido por las facetas ( $F_i$ ) de un subgrupo ( $\Pi_k$ );
- 15          v. clasificar la pluralidad de facetas ( $F_i$ ) en desmoldeables en la dirección de desmoldeo en sentido positivo ( $\Omega_{r1}$ ), desmoldeables en la dirección de desmoldeo en sentido negativo ( $\xi_{r2}$ ) parcialmente desmoldeables ( $\Gamma_{r3}$ ) y no desmoldeables ( $\Delta_{r4}$ ) en función de, al menos, la clasificación de los nodos ( $P_{ij}$ ) de cada faceta ( $F_i$ ); y
- 20          vi. almacenar la clasificación de las facetas ( $F_i$ ) en el medio de almacenamiento legible por ordenador (103).
- vii. fabricar una pieza real utilizando una dirección de desmoldeo en función de la clasificación de las facetas realizada.
- 25
2. Método según la reivindicación 1 caracterizado por que el paso de clasificar la pluralidad de nodos ( $P_{ij}$ ) comprende:
- calcular el contorno poligonal cerrado ( $C_k$ ) como la proyección de un subgrupo de ( $\Pi_k$ ) facetas ( $F_i$ ) sobre un plano ( $Pl_k$ ); y
- 30          – proyectar cada nodo ( $P_{ij}$ ) sobre el contorno poligonal cerrado ( $C_k$ ) del plano ( $Pl_k$ ) anterior más cercano en la dirección de desmoldeo ( $V_z^*$ ).
3. Método según la reivindicación 2 caracterizado por que el paso de clasificar la pluralidad de nodos ( $P_{ij}$ ) comprende además:
- 35          – si la proyección del nodo ( $P_{ij}$ ) queda estrictamente fuera del polígono cerrado ( $C_k$ ),

- clasificar el nodo ( $P_{ij}$ ) como desmoldeable en la dirección de desmoldeo ( $\Omega_{n1}$ ); y
- si la proyección del nodo ( $P_{ij}$ ) queda en una región interior o una frontera del polígono cerrado ( $C_k$ ), clasificar el nodo ( $P_{ij}$ ) como no desmoldeable ( $\beta_{n2}$ ).

- 5      4. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que el paso de clasificar la pluralidad de facetas ( $F_i$ ) comprende:
- si todos los nodos de una faceta ( $F_i$ ) están clasificados como desmoldeables en la dirección de desmoldeo ( $\Omega_{n1}$ ), clasificar la faceta ( $F_i$ ) como desmoldeable en la dirección de desmoldeo ( $\Omega_{f1}$ );
  - 10      – si todos los nodos de una faceta ( $F_i$ ) están clasificados como desmoldeables en la dirección de desmoldeo en sentido negativo ( $\xi_{n3}$ ), clasificar la faceta ( $F_i$ ) como desmoldeable en la dirección opuesta a la dirección de desmoldeo ( $\xi_{f2}$ ); y
  - si una faceta ( $F_i$ ) comprende al menos un nodo ( $P_{ij}$ ) clasificado como no desmoldeable ( $\beta_{n2}$ ), clasificar la faceta ( $F_i$ ) como parcialmente desmoldeable ( $\Gamma_{f3}$ )
  - 15      o como no desmoldeable ( $\Delta_{f4}$ ) en función de un análisis faceta a faceta basado en las cotas de su nodos.
5. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que comprende:
- 20      – analizar los nodos ( $P_{ij}$ ) y las facetas ( $F_i$ ) según al menos una dirección auxiliar rotada  $90^\circ$  respecto a la dirección de desmoldeo ( $V_z^*$ ); y
  - reclasificar como facetas desmoldeables lateralmente ( $\tau_{f5}$ ) las facetas ( $F_i$ ) previamente clasificadas como no desmoldeables ( $\Delta_{f4}$ ) y parcialmente desmoldeables ( $\Gamma_{f3}$ ) que sí son desmoldeables según la dirección auxiliar.
  - 25
6. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que comprende calcular una línea de partición como una separación entre facetas ( $F_i$ ) desmoldeables en la dirección de desmoldeo ( $\Omega_{f1}$ ) y facetas desmoldeables ( $F_i$ ) en la dirección opuesta a la dirección de desmoldeo ( $\xi_{f2}$ ).
- 30
7. Método según la reivindicación caracterizado por que el paso de calcular la línea de partición comprende subdividir cada faceta parcialmente desmoldeable ( $\Gamma_{f3}$ ) en una primera región desmoldeable y una segunda región no desmoldeable.
- 35      8. Sistema de obtención de geometrías virtuales y detección de zonas no moldeables en piezas, dada una geometría ( $Q$ ) de una pieza (200) y una dirección de desmoldeo

( $V_z^*$ ) principal, caracterizado por que el sistema comprende:

- un medio de almacenamiento legible por ordenador (103) que proporciona una geometría (Q) de una pieza dividida en una pluralidad de nodos ( $P_{ij}$ ) y facetas ( $F_i$ ) triangulares;
  - 5     – módulo de agrupación (105) configurado para agrupar las facetas ( $F_i$ ) en una pluralidad de subgrupos ( $\Pi_k$ ), perteneciendo a un mismo subgrupo aquellas facetas ( $F_i$ ) que comprendan al menos un nodo ( $P_{ij}$ ) en un mismo plano ( $Pl_k$ ) perpendicular a una dirección de desmoldeo ( $V_z^*$ ) introducida por el usuario;
  - 10    – módulo de clasificación de nodos (106) configurado para clasificar la pluralidad de nodos ( $P_{ij}$ ) en desmoldeables en la dirección de desmoldeo en sentido positivo ( $\Omega_{n1}$ ), desmoldeables en la dirección de desmoldeo en sentido negativo ( $\xi_{n3}$ ) y no desmoldeables ( $\beta_{n2}$ ) en función de, al menos, una proyección de cada nodo ( $P_{ij}$ ) sobre un contorno poligonal cerrado ( $C_k$ ) definido por las facetas ( $F_i$ ) de un subgrupo ( $\Pi_k$ );
  - 15    – módulo de clasificación de facetas (107) configurado para clasificar la pluralidad de facetas ( $F_i$ ) en desmoldeables en la dirección de desmoldeo en sentido positivo ( $\Omega_{f1}$ ), desmoldeables en la dirección de desmoldeo en sentido negativo ( $\xi_{f2}$ ) parcialmente desmoldeables ( $\Gamma_{f3}$ ) y no desmoldeables ( $\Delta_{f4}$ ) en función de, al menos, la clasificación de los nodos ( $P_{ij}$ ) de cada faceta ( $F_i$ ); y
  - 20    – medios de control (102) configurados para almacenar la clasificación de las facetas ( $F_i$ ) en el medio de almacenamiento legible por ordenador (103).
9.     Sistema según la reivindicación 8 caracterizado por que el módulo de clasificación de nodos (106) está configurado además para:
- 25     – calcular el contorno poligonal cerrado ( $C_k$ ) como la proyección de un subgrupo de ( $\Pi_k$ ) facetas ( $F_i$ ) sobre un plano ( $Pl_k$ ); y
  - proyectar cada nodo ( $P_{ij}$ ) sobre el contorno poligonal cerrado ( $C_k$ ) del plano ( $Pl_k$ ) anterior más cercano en la dirección de desmoldeo ( $V_z^*$ ).
- 30    10.    Sistema según la reivindicación 9 caracterizado por que el módulo de clasificación de nodos (106) está configurado además para:
- si la proyección del nodo ( $P_{ij}$ ) queda estrictamente fuera del polígono cerrado ( $C_k$ ), clasificar el nodo ( $P_{ij}$ ) como desmoldeable en la dirección de desmoldeo ( $\Omega_{n1}$ ); y
  - si la proyección del nodo ( $P_{ij}$ ) queda en una región interior o una frontera del polígono cerrado ( $C_k$ ), clasificar el nodo ( $P_{ij}$ ) como no desmoldeable ( $\beta_{n2}$ ).

11. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10 caracterizado por que el módulo de clasificación de facetas (107) está configurado además para:
- 5 – si todos los nodos de una faceta ( $F_i$ ) están clasificados como desmoldeables en la dirección de desmoldeo ( $\Omega_{n1}$ ), clasificar la faceta ( $F_i$ ) como desmoldeable en la dirección de desmoldeo ( $\Omega_{f1}$ );
  - si todos los nodos de una faceta ( $F_i$ ) están clasificados como desmoldeables en la dirección de desmoldeo en sentido negativo ( $\xi_{n3}$ ), clasificar la faceta ( $F_i$ ) como desmoldeable en la dirección opuesta a la dirección de desmoldeo ( $\xi_{f2}$ ); y
  - 10 – si una faceta ( $F_i$ ) comprende al menos un nodo ( $P_{ij}$ ) clasificado como no desmoldeable ( $\beta_{n2}$ ), clasificar la faceta ( $F_i$ ) como parcialmente desmoldeable ( $\Gamma_{f3}$ ) o como no desmoldeable ( $\Delta_{f4}$ ) en función de un análisis faceta a faceta basado en las cotas de su nodos.
12. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11 caracterizado por que el módulo de clasificación de nodos (106) y el módulo de clasificación de facetas (107) están configurado además para:
- 15 – analizar los nodos ( $P_{ij}$ ) y las facetas ( $F_i$ ) según al menos una dirección auxiliar rotada  $90^\circ$  respecto a la dirección de desmoldeo ( $V_z^*$ ); y
  - 20 – reclasificar como facetas desmoldeables lateralmente ( $\tau_{f5}$ ) las facetas ( $F_i$ ) previamente clasificadas como no desmoldeables ( $\Delta_{f4}$ ) y parcialmente desmoldeables ( $\Gamma_{f3}$ ) que sí son desmoldeables según la dirección auxiliar.
13. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12 caracterizado por que comprende un módulo de cálculo (108) configurado para calcular una línea de partición como una separación entre facetas ( $F_i$ ) desmoldeables en la dirección de desmoldeo ( $\Omega_{f1}$ ) y facetas desmoldeables ( $F_i$ ) en la dirección opuesta a la dirección de desmoldeo ( $\xi_{f2}$ ).
14. Sistema según la reivindicación 13 caracterizado por que el módulo de cálculo (109) está configurado además para subdividir cada faceta parcialmente desmoldeable ( $\Gamma_{f3}$ ) en una primera región desmoldeable y una segunda región no desmoldeable.
15. Programa de ordenador que comprende medios de código de programa de ordenador adaptados para realizar las etapas del método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, cuando el mencionado programa se ejecuta en un

ordenador, un procesador digital de la señal, un circuito integrado específico de la aplicación, un microprocesador, un microcontrolador o cualquier otra forma de hardware programable.

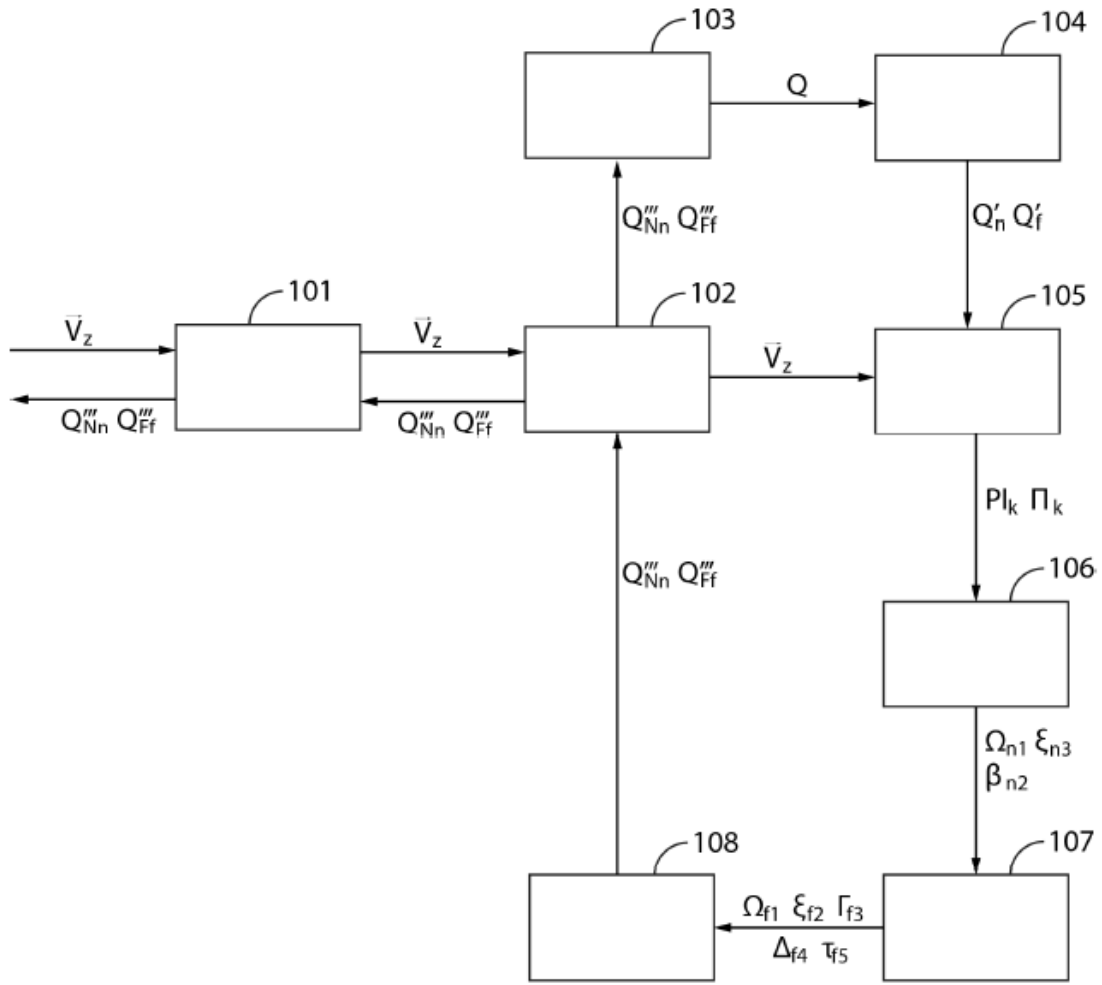


Fig. 1



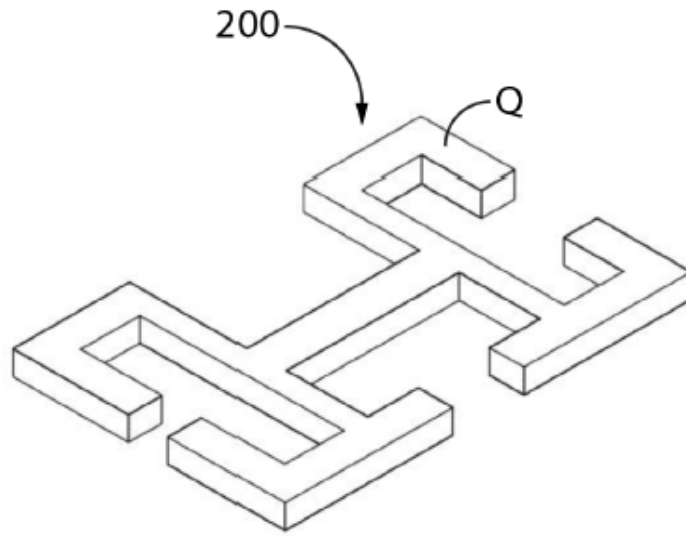


Fig. 2

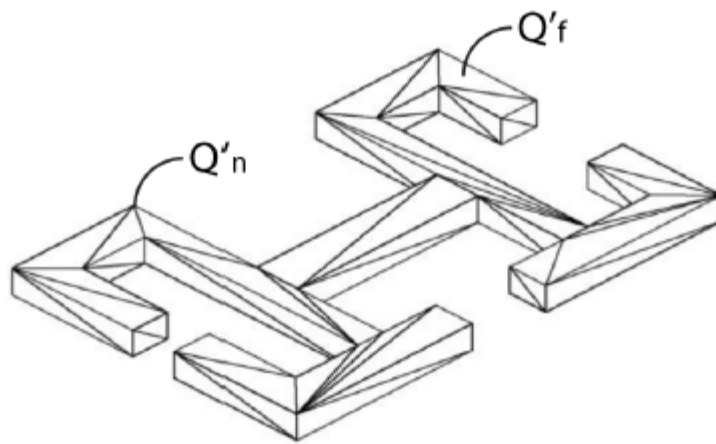


Fig. 3

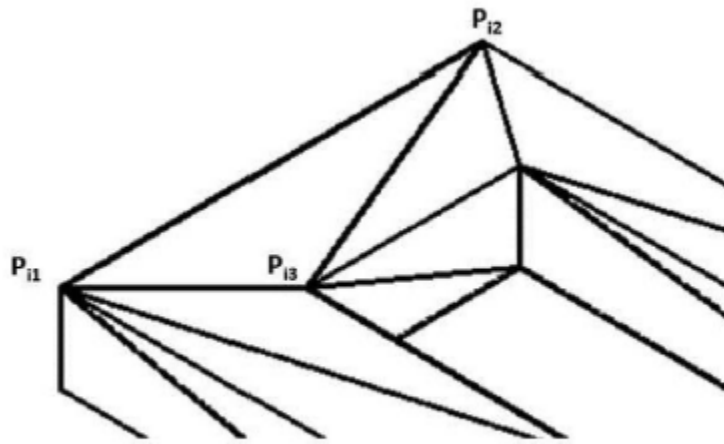


Fig. 4

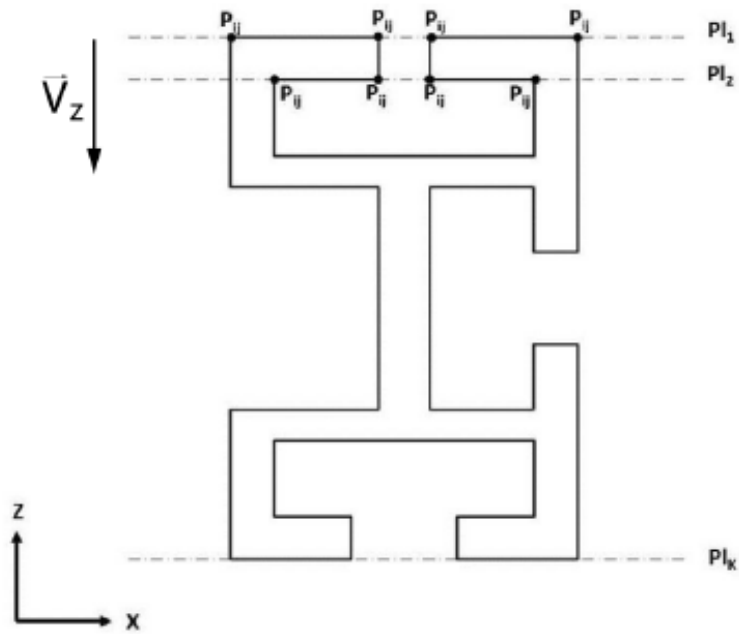


Fig. 5

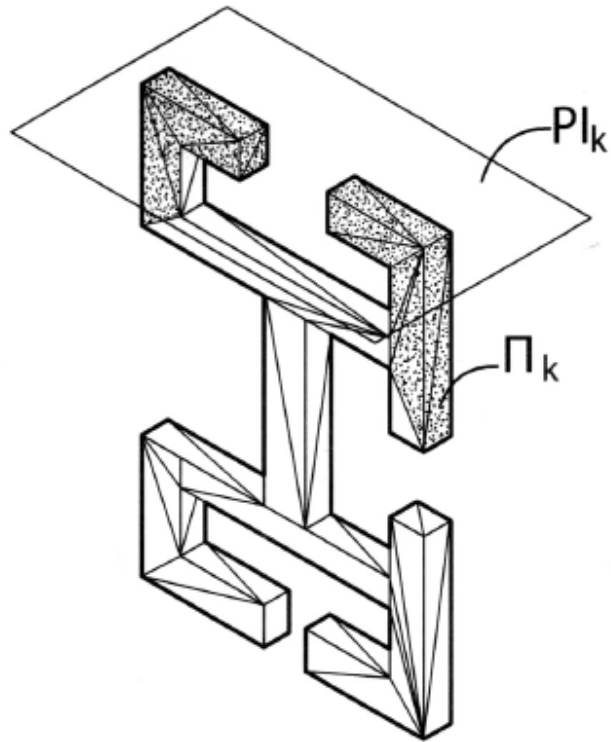


Fig. 6

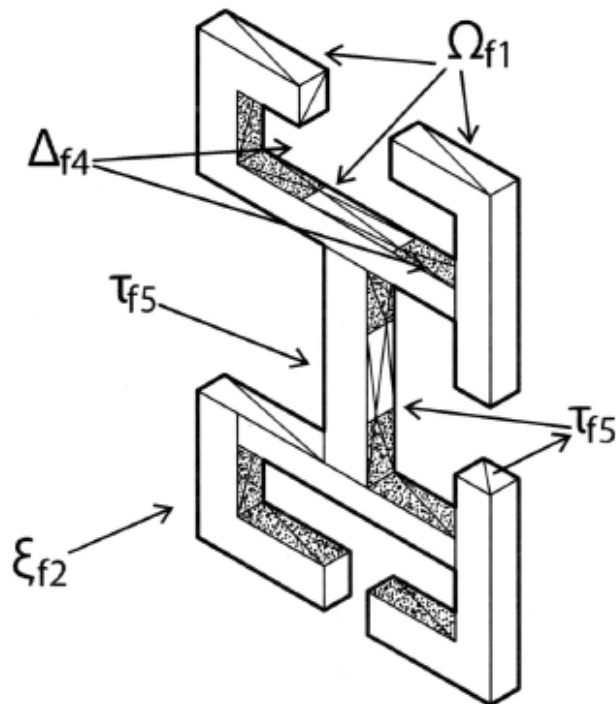


Fig. 7



- ②① N.º solicitud: 201531899  
②② Fecha de presentación de la solicitud: 23.12.2015  
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **G06F17/00** (2006.01)  
**B29C45/00** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 2011093106 A1 (SINHA BHASKAR et al.) 21/04/2011, Descripción, párrafo. 12; reivindicación 3; figuras 12-15	1-15
A	US 6223092 B1 (MIYAKAWA SEII et al.) 24/04/2001, Todo el documento	1
A	US 2011071790 A1 (NUMAUCHI TOSHIHIRO et al.) 24/03/2011, Todo el documento	1
A	WO 2004042481 A1 (SINGAPORE INST OF MFG TECHNOLO et al.) 21/05/2004, Todo el documento	1
A	FU M W et al. Undercut feature recognition in an injection mould design system. COMPUTER AIDED DESIGN, 19991001 ELSEVIER PUBLISHERS BV. BARKING, GB 01/10/1999 VOL: 31 No: 12 Páginas: 777 - 790 ISSN 0010-4485 Hormann Kai; McMains Sara; Umlauf Georg. Todo el documento.	1
A	YIN Z et al. Virtual prototyping of mold design: geometric mouldability analysis for near-net-shape manufactured parts by feature recognition and geometric reasoning. COMPUTER AIDED DESIGN, 20010201 ELSEVIER PUBLISHERS BV., BARKING, GB 01/02/2001 VOL: 33 No: 2 Páginas: 137 - 154 ISSN 0010-4485 Doi: doi: 10.1016/S0010-4485(00)00084-1 Hormann Kai McMains Sara Umlauf Georg. Todo el documento.	1
A	CHAKRABORTY P et al. Automatic determination of parting directions, parting lines and surfaces for two-piece permanent molds. JOURNAL OF MATERIALS PROCESSING TECHNOLOGY, 20090301 ELSEVIER, NL 01/03/2009 VOL: 209 No: 5 Páginas: 2464 - 2476 ISSN 0924-0136 Doi::10.1016/j.jmatprotec.2008.05.051 Bruschi Stefania; Merklein Marion. Todo el documento.	1
A	KHARDEKAR R et al. Finding feasible mold parting directions using graphics hardware. COMPUTER AIDED DESIGN, 20060401 ELSEVIER PUBLISHERS BV., BARKING, GB 01/04/2006 VOL: 38 No: 4 Páginas: 327 - 341 ISSN 0010-4485 Hormann Kai; McMains Sara; Umlauf Georg. Todo el documento.	1

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia  
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría  
A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita  
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud  
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe  
12.12.2016

Examinador  
M. Muñoz Sanchez

Página  
1/5

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G05B, G06F, B29C

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, NPL, XPI3E, XPIEE.

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 12.12.2016

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-15	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones	<b>SI</b>
	Reivindicaciones 1-15	<b>NO</b>

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 2011093106 A1 (SINHA BHASKAR et al.)	21.04.2011
D02	US 6223092 B1 (MIYAKAWA SEII et al.)	24.04.2001
D03	US 2011071790 A1 (NUMAUCHI TOSHIHIRO et al.)	24.03.2011
D04	WO 2004042481 A1 (SINGAPORE INST OF MFG TECHNOLO et al.)	21.05.2004
D05	FU M W et al. Undercut feature recognition in an injection mould design system. COMPUTER AIDED DESIGN, 19991001 ELSEVIER PUBLISHERS BV. BARKING, GB 01/10/1999 VOL: 31 No: 12 Paginas: 777 - 790 ISSN 0010-4485 Hormann Kai; McMains Sara; Umlauf Georg. Todo el documento	01.10.1999
D06	YIN Z et al. Virtual prototyping of mold design: geometric mouldability analysis for near-net-shape manufactured parts by feature recognition and geometric reasoning.COMPUTER AIDED DESIGN, 20010201 ELSEVIER PUBLISHERS BV., BARKING, GB 01/02/2001 VOL: 33 No: 2 Paginas: 137 - 154 ISSN 0010-4485 Doi: 10.1016/S0010-4485(00)00084-1 Hormann Kai McMains Sara Umlauf Georg. Todo el documento	01.02.2001
D07	CHAKRABORTY P et al. Automatic determination of parting directions, parting lines and surfaces for two-piece permanent molds. JOURNAL OF MATERIALS PROCESSING TECHNOLOGY, 20090301 ELSEVIER, NL 01/03/2009 VOL: 209 No: 5 Paginas: 2464 - 2476 ISSN 0924-0136 Doi: 10.1016/j.jmatprotec.2008.05.051 Bruschi Stefania; Merklein Marion. Todo el documento	01.03.2009
D08	KHARDEKAR R et al. Finding feasible mold parting directions using graphics hardware. COMPUTER AIDED DESIGN, 20060401 ELSEVIER PUBLISHERS BV., BARKING, GB 01/04/2006 VOL: 38 No: 4 Paginas: 327 - 341 ISSN 0010-4485 Hormann Kai; McMains Sara; Umlauf Georg. Todo el documento	01.04.2006

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración.**

Se considera D01 el documento más próximo del estado de la técnica al objeto de la solicitud.

**Reivindicaciones independientes**

Reivindicación 1: El documento D01, divulga un método de fabricación a partir de la obtención de geometrías virtuales y detección de zonas no moldeables en pieza a partir de la geometría de una pieza. El método se basa en la triangulación de la pieza identificando qué triángulos (facetas, definidas por nodos) no pueden desmoldearse detectando colisiones de las facetas con rayos emitidos según la dirección de desmoldeo en uno y otro sentido identificando además el tipo de superficie de desmoldeo de la que se trata, cavidades o zonas convexas/ cóncavas etc. (descripción, pár. 12; reivindicación 3; figuras 12-15). La diferencia entre la reivindicación 1 y el documento D01 es la forma en la que se clasifican las facetas como desmoldeables o no desmoldeables si bien dicha diferencia se considera una alternativa sin efecto técnico adicional y que se basa en el mismo principio de la proyección de puntos (nodos) según la dirección de desmoldeo y detectando colisiones; en este caso la condición de colisión es que la proyección del punto quede dentro del contorno poligonal de las facetas, es decir, dentro de la proyección de una en realidad. En conclusión el documento D01 afecta a la actividad inventiva de la reivindicación 1 según el art 8.1 de la Ley de Patentes.

Reivindicación 8: el sistema reivindicado es el estrictamente necesario para la implementación del método de la reivindicación 1. Por tanto, el documento D01 también afecta a la actividad inventiva de la reivindicación 8 según el art 8.1 de la Ley de Patentes.

Reivindicación 15: el programa de ordenador reivindicado es el estrictamente necesario para la implementación del método de la reivindicación 1. Por tanto, el documento D01 también afecta a la actividad inventiva de la reivindicación 15 según el art 8.1 de la Ley de Patentes.

**Reivindicaciones dependientes**

Reivindicaciones 2-4: el contenido de estas reivindicaciones meramente detalla la clasificación de nodos. En particular la proyección de un conjunto o subgrupo de facetas es la unión de la proyección de cada una de ellas, operación comúnmente conocida en el campo técnico de la solicitud. El contorno poligonal cerrado es el polígono convexo del conjunto de puntos que definen las facetas operación comúnmente conocida en el campo técnico de la solicitud. Por último, la mera mención del análisis de cotas per se resultaría también comúnmente conocida. En conjunto el contenido de estas reivindicaciones

Resulta evidente para el experto en la materia según su redacción actual.

Reivindicación 5: la consideración de otras direcciones de moldeo se plantea en el documento D01.

Reivindicaciones 6-7: la determinación de una línea de partición es una operación comúnmente conocida en el campo técnico de la solicitud y, así, en fin, también evidente para el experto en la materia según su redacción actual que no define en detalle la operación de subdivisión de facetas en regiones.

Reivindicaciones 9-14: análogamente a las reivindicaciones 2-7, por su paralelismo directo el contenido de estas reivindicaciones también resulta evidente para el experto en la materia.

En conclusión, el documento D01 afecta a la actividad inventiva de las reivindicaciones 2-7 y 8-14 según el art 8.1 de la Ley de Patentes.