

TÉCNICAS DE PROTOTIPADO RÁPIDO
APLICADAS A MATERIALES
CERAMICOS

 2007

Este informe es el resultado de una de las tareas desarrolladas en el marco del proyecto subvencionado por el Ministerio de Industria, Turismo y comercio dentro del programa PROFIT y cuyo título es "FABRICACIÓN PERSONALIZADA DE PIEZAS CERÁMICAS MEDIANTE TECNOLOGÍAS DE RAPID MANUFACTURING".

Dicho proyecto tiene una extensión de 2 años (2007-2008) y se lleva a cabo en colaboración entre los institutos AIMME e ITC.



ÍNDICE

1. INTRODUCCION	4
2. Técnicas directas para fabricar modelos o productos rápidos de cerámica o con carga cerámica	7
2.1 Sinterizado láser. Phenix systems	7
2.2 ZCast Impresión 3D de piezas cerámicas.....	9
2.3 Fcubic Impresión 3D de piezas cerámicas.....	11
2.4 Estereolitografía.....	12
2.5 DLP. Fotopolimerización por proyección por máscara.....	13
2.6 Laminated Object Manufacturing (LOM)	15
2.7 Ceramic Laser Gelling (CLG).....	17
2.8 ProMetal. Impresora 3D	18
3. Técnicas en investigación para fabricar modelos o productos rápidos de cerámica	19
3.1 Laser forming	19
3.2 FDM. Modelado por deposición de hilo fundido	20
3.3 VC. Colada en vacío de poliuretanos con carga cerámica.....	21
4. Estudio de publicaciones científicas	22
4.1 Estrategia de búsqueda	22
4.2 Resultados generales	23
4.3 Resultados obtenidos sección ceramics	25
5. Estudio de patentes	27
5.1 Estrategia de búsqueda	27
5.2 Resultados generales	27
5.3 Resultados obtenidos para materiales cerámicos.....	30

1 INTRODUCCIÓN

El prototipado rápido consiste en la producción de objetos físicos sin la utilización de moldes a partir de archivos CAD. Las primeras técnicas de prototipado surgieron hacia el final de los 80 y se utilizaban para producir modelos y prototipos, hoy en día tienen un rango de aplicación mucho más amplio y son usadas incluso para realizar pequeñas tiradas de producto acabado a este proceso se le denomina fabricación rápida o "Rapid Manufacturing".

Bajo el nombre de prototipado rápido se agrupan una serie de tecnologías distintas de construcción de sólidos. Todas ellas parten de la división del modelo virtual de CAD en secciones horizontales paralelas que luego se materializan superponiendo capa sobre capa hasta completar la pieza.

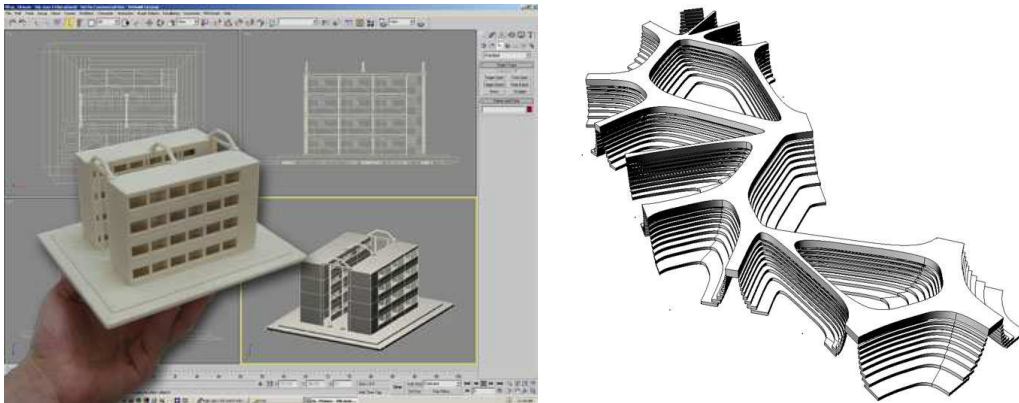


Figura 1. Ej. Pieza fabricada a partir de modelo CAD y detalle simulado del resultado obtenido

Fuente: University of Michigan

En la actualidad existe una gran controversia a la hora de definir los criterios de clasificación de las tecnologías existentes. Aunque la forma más generalizada tiende a clasificar las tecnologías en función del material utilizado, atendándose a tres grandes grupos: Plásticos, cerámicos y Metales.

Las tecnologías con mayor implantación en la actualidad son:

- Estereolitografía (SLA): Emplea un láser UV que se proyecta sobre un baño de resina fotosensible líquida para polimerizarla.
- Fotopolimerización por luz UV (SGC): Al igual que la estereolitografía, se basa en la solidificación de un fotopolímero o resina fotosensible, sin embargo la fuente de energía no es un láser sino una lámpara de UV de gran potencia que proyecta todos los puntos de la sección simultáneamente.
- Deposición de hilo fundido: Una boquilla que se mueve en el plano XY horizontal deposita un hilo de material a 1° C por debajo de su punto de fusión que solidifica inmediatamente sobre la capa precedente.
- Sinterización selectiva láser (SLS): Se deposita una capa de polvo, de unas décimas de mm., en una cuba que se ha calentado a una temperatura ligeramente inferior al punto de fusión del polvo. Seguidamente un láser CO₂ sinteriza el polvo en los puntos seleccionados.
- Fabricación por corte y laminado (LOM): Una lámina con una fina capa de adhesivo se posiciona automáticamente sobre una plataforma y se prensa con un rodillo caliente que la adhiere a la lámina precedente. Seguidamente un láser corta en forma de cuadrícula aquellas zonas de la lámina que posteriormente serán desechadas, dejando solo la pieza final.
- Proyección de aglutinante (DSPC): Se deposita material en polvo en capas que se cohesionan mediante la impresión de "chorro de tinta" de un material aglutinante.

Las tecnologías de prototipado rápido se pueden escalar en tres niveles de sofisticación:

- Habilidad para crear modelos que muestren un diseño conceptual de manera física y tridimensional.
- Habilidad para crear prototipos que tengan unas tolerancias dimensionales aceptables y una resistencia suficiente para su evaluación en ambientes de trabajo simulados.
- Habilidad de producir objetos funcionales que puedan realizar utilizarse en una situación real.

En las siguientes figuras pueden verse una serie de ejemplos de objetos cerámicos obtenidos mediante estas técnicas y que no pueden obtenerse por los procesos de conformado actuales.



Figuras 2 y 3 : Lámparas cerámicas Bathsheba Grossman



Figura 4: Silla Roja y mobiliario blanco en material cerámico

2 TÉCNICAS DIRECTAS PARA FABRICAR MODELOS O PRODUCTOS RÁPIDOS DE CERÁMICA O CON CARGA CERÁMICA

Las técnicas directas son aquellas que permiten fabricar modelos o productos a partir de información electrónica.

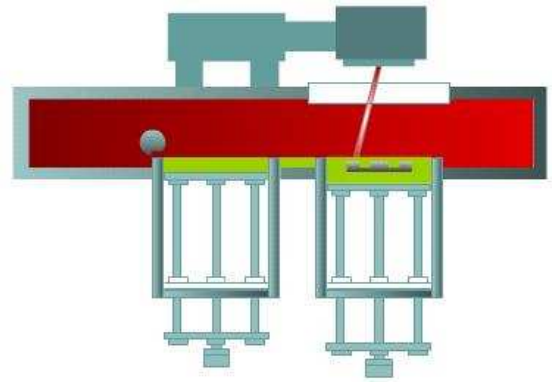
2.1 Sinterizado láser. Phenix systems

2.1.1 Descripción del proceso

En este proceso se sinteriza capa a capa cada sección escaneada de una pieza hasta completar su fabricación. Es capaz de trabajar hasta temperaturas de 900°C El proceso se completa con post-sinterizado en un horno para mejorar sus propiedades mecánicas.

Más información:

<http://www.phenix-systems.com>



2.1.2 Ejemplos representativos

Aplicación: Álabes

Material: Alúmina

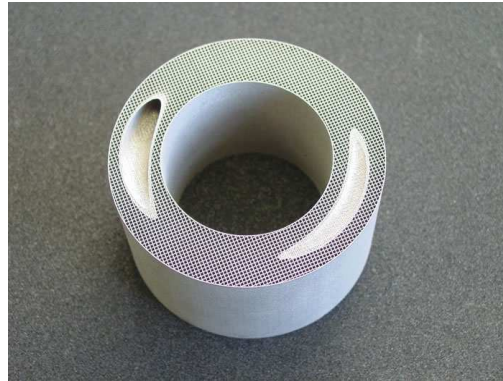
Fuente: Phenix Systems



Aplicación: Componente

Material: Alúmina

Fuente: Phenix Systems



2.1.3 *Novedades y tendencias 2007*

Esta tecnología es capaz de procesar alúmina, mullita, corderita y esteatita. Otros materiales como zirconia se encuentran en su primera etapa de investigación.

Actualmente esta empresa dispone de un equipo de gran tamaño, el PM250 y dos equipos pequeños PM100 y PM100 dental, especialmente diseñado para esta aplicación.

2.1.4 *Proyectos de investigación en curso*

Ceramics components manufacturing by Selective Laser Sintering. Proyecto de investigación desarrollado por Ecole Nationale d'Ingenieurs de Saint-Etienne (ENISE). Principalmente para aplicaciones biomédicas.

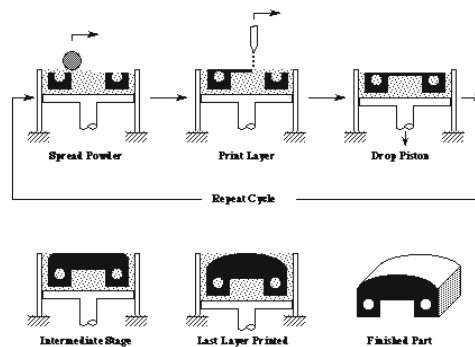
2.2 ZCast Impresión 3D de piezas cerámicas

2.2.1 Descripción del proceso

Consiste en imprimir capa a capa mediante un cabezal de inyección, aglutinante sobre un material cerámico. A continuación la pieza fabricada se somete a un proceso térmico para eliminar el aglutinante.

Más información:

<http://www.zcorp.com>



2.2.2 Ejemplos representativos

Aplicación: Jarrón

Material: Escayola técnica con aditivos

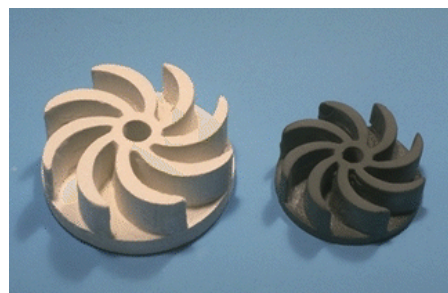
Fuente: ZCorp



Aplicación: Componente

Material: Nitruro de silicio

Fuente: MIT



2.2.3 *Novedades y tendencias 2007*

Esta tecnología permite imprimir directamente piezas de color. La empresa Z Corp está investigando para mejorar la velocidad de impresión hasta en un 25%, mejorar la definición y obtener colores más ricos.

Recientemente ha introducido en el mercado dos nuevos materiales:

- Zp131, un polvo en el que el color aparece de forma más vívida y que infiltrado con el material Z-Bond se obtienen piezas un 50% más fuertes.
- Zp140, un polvo capaz de obtener piezas más resistentes de forma más rápida durante el proceso de curado

2.2.4 *Proyectos de investigación en curso*

El instituto tecnológico de Massachussets, MIT, propietario de la patente de la tecnología 3Dprinting que utiliza este proceso está investigando en numerosos campos. Entre ellos:

- Fine Ceramic Components for Electronic Application. Fabricación de piezas cerámicas para aplicaciones electrónicas, en colaboración con TDK Corp. of America.
- Drug Delivery Devices and Tissue Engineering. Fabricación de piezas cerámicas para aplicaciones médicas en colaboración con Therics, Inc.
- Tungsten Carbide Cutting Tools by 3D Printing Fabricación de herramientas de corte en colaboración con Kennametal Corp. and Valenite Corp.

2.3 Fcubic Impresión 3D de piezas cerámicas

2.3.1 Descripción del proceso

Consiste en imprimir capa a capa mediante un cabezal de inyección, aglutinante sobre un material cerámico. A continuación la pieza fabricada se somete a un proceso térmico para eliminar el aglutinante.

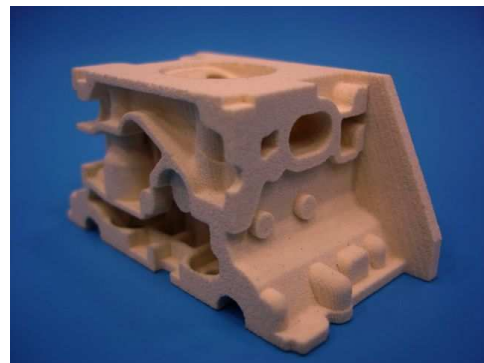
Más información: <http://www.fcubic.com>

2.3.2 Ejemplos representativos

Aplicación: cabezal cilíndrico

Material: Zirconia

Fuente: Fcubic



2.3.3 Novedades y tendencias 2007

Es una empresa relativamente nueva. Fabrican tres tipos de máquina. Una pequeña c50, una de mayor tamaño c300 y otro equipo de impresión flexible t20. Tienen gran experiencia en trabajar con zirconia

2.3.4 Proyectos de investigación en curso

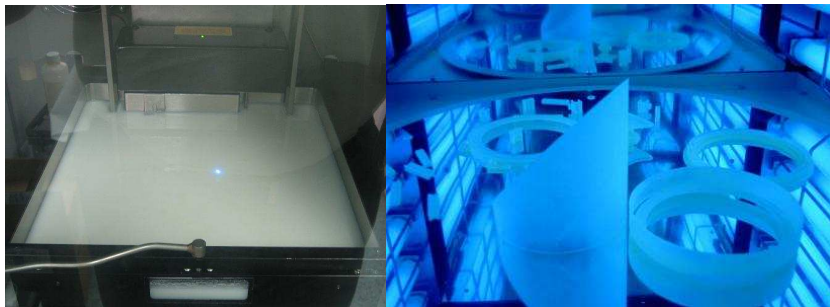
Están dispuestos a trabajar con empresas en proyectos de cooperación para encontrar nuevas aplicaciones

2.4 Estereolitografía

2.4.1 Descripción del proceso

El proceso de estereolitografía consiste en solidificar capa a capa mediante la acción de un láser, resinas sensibles a la luz ultravioleta en estado líquido a partir de un fichero electrónico.

Más información www.aserm.net



2.4.2 Ejemplos representativos

Aplicación: Componente automoción

Material: Nanoform

Fuente: Alphaform



Aplicación: Componente automoción

Material: Prototool

Fuente: Alphaform



2.4.3 *Novedades y tendencias 2007*

La compañía DSM Somos principal proveedor de resinas de estereolitografía ha desarrollado y presentado el material Somos NanoTool, resina con carga de cerámica con mejores propiedades que sus predecesoras

2.4.4 *Proyectos de investigación en curso*

MOLD-FLEX. Fabricación flexible y personalizada de moldes de resina para inyección de plástico. *Programa desarrollo tecnológico IMPIVA. 2006-2007. AIMME*

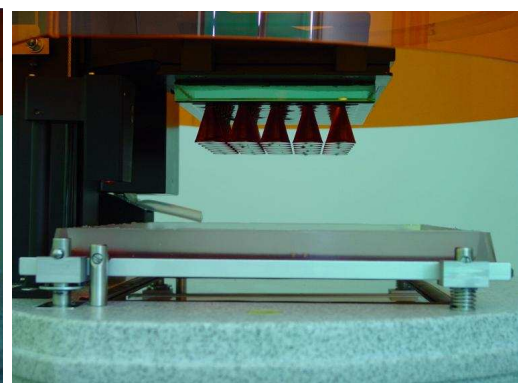
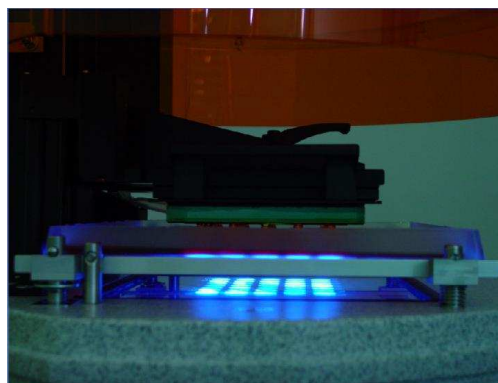
2.5 DLP. Fotopolimerización por proyección por máscara.

2.5.1 *Descripción del proceso*

Se trata de solidificar por acción de la luz una resina en estado líquido por el sistema de proyección por máscara DLP (Digital Light Processing).

La resina en estado líquido se expone a una imagen proyectada por el proyector DLP, desde el fondo de la maquina, que empieza el proceso de cura. Una vez terminado, la placa de cristal sube arriba, una nueva capa de resina líquida fluye, la placa baja otra vez hasta poner en contacto la capa sólida en construcción con la resina líquida, y el proceso sigue adelante.

Más información www.aserm.net



2.5.2 Ejemplos representativos

Aplicación: componente de automoción

Material: Nanocure RC25

Fuente: Envisiontec



Aplicación: Conjunto de Anillos

Material: Nanocure RC25

Fuente: Envisiontec



2.5.3 Novedades y tendencias 2006

La empresa Envisiontec ha presentado en la última feria de EuroMold un material nuevo con carga cerámica llamado NanoCure Rc 25 que posee 87% de cerámicos, para aplicaciones que requieran alta rigidez y alta resistencia a la temperatura.

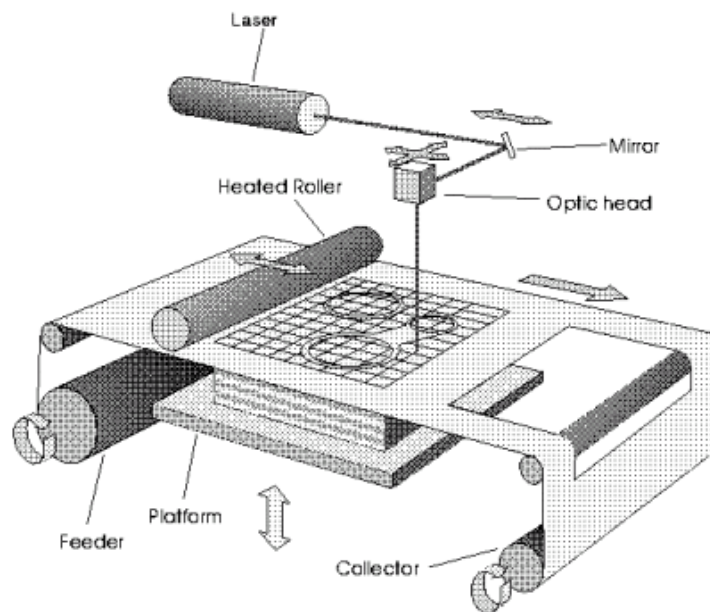
2.5.4 Proyectos de investigación en curso

El instituto holandés TNO está desarrollando un proyecto llamado "Micro stereolithography" basado en esta técnica que lleva implícito tanto desarrollo de máquina, como software y materiales

2.6 Laminated Object Manufacturing (LOM)

2.6.1 Descripción del proceso

El proceso consiste en cortar, posicionar y pegar láminas de material, que puede ser papel, arena, cerámica y composites. Concretamente se lamina una capa sobre el resto de capas ya elaboradas, se corta el perímetro de la sección transversal y se corta cuadrículadamente el material de deshecho. Cuando todas las capas se han completado el bloque se separa de la plataforma y se extrae el material de deshecho para dejar al descubierto la forma realizada.



Esquema del proceso

Fuente: www.mne.psu.edu

2.6.2 Ejemplos representativos

Aplicación: Boquilla

Material: Alumina

Fuente: CAM-LEM, Inc.



Aplicación: Boquilla en verde y cocida

Material: Nitruro de Silicio

Fuente: CAM-LEM, Inc



2.7 Ceramic Laser Gelling (CLG)

2.7.1 Descripción del proceso

La materia prima de partida es un polvo cerámico con un cohesionante inorgánico para formar una pasta cerámica. Debido a la evaporación del agua por la exposición de un láser de 4W en una zona de la capa de pasta, dicha zona se gelifica localmente para formar capa a capa una pieza de cerámica en crudo. La principal ventaja reside en que usa un cohesionante inorgánico soluble en agua medioambientalmente compatible que precisa una inferior potencia de láser y tiene un mayor ratio de producción que la fusión láser de cerámica (CLF). Además puede fabricar piezas en crudo compuestas de casi un 100% de material cerámico.

Este proceso se aplica en la fabricación directa de moldes cerámicos que pueden ser utilizados debido a su alto punto de fusión (1200°C) para producir prototipos metálicos.

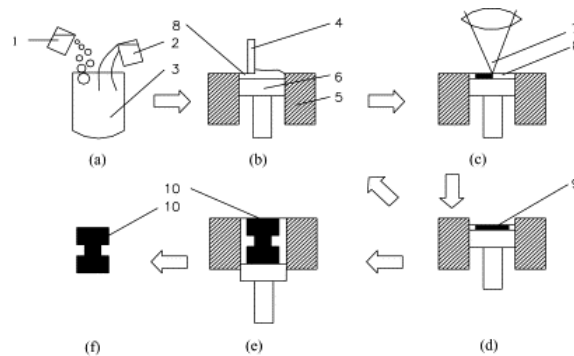


Diagrama del proceso de CLG: (1) polvo de SiO₂, (2) cohesionante inorgánico, (3) recipiente de la pasta, (4) paleta niveladora, (5) plataforma base, (6) plataforma elevadora, (7) haz láser, (8) capa de pasta, (9) Sección transversal de la cerámica cruda, (10) pieza 3D en cerámica cruda.

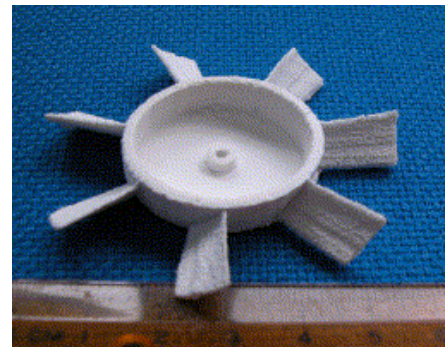
Fuente: Journal of the European ceramic society

2.7.2 Ejemplos representativos

Aplicación: Aspa de ventilador

Material: cerámico

Fuente: National Taipei University of Technology



2.8 ProMetal. Impresora 3D

2.8.1 Descripción del proceso

Consiste en imprimir capa a capa mediante un cabezal de inyección, aglutinante sobre un material cerámico. A continuación la pieza fabricada se somete a un proceso térmico para eliminar el aglutinante.

Actualmente su aplicación principal es la generación de utillaje, como puede ser moldes para una posterior colada de material plástico o metálico, aunque ya existen proyectos que pretenden aplicar esta tecnología a la fabricación directa de producto definitivo como es el caso del instituto de investigación alemán IFAM.

Más información:

<http://www.prometal.com>

2.8.2 Ejemplos representativos

Aplicación: Escultura. Cabeza de Hygeia, Diosa de la Salud.

Material: Polvo de mármol pulido.

Fuente: ProMetal, IFAM Bremen



2.8.3 Proyectos de investigación en curso

Actualmente el instituto de investigación IFAM en Bremen, Alemania, se encuentra aplicando esta impresora 3D para el procesamiento de polvo de mármol. El trabajo ha sido realizado en el contexto de un proyecto europeo ECOMARBLE.

3 TÉCNICAS EN INVESTIGACIÓN PARA FABRICAR MODELOS O PRODUCTOS RÁPIDOS DE CERÁMICA

3.1 Laser forming

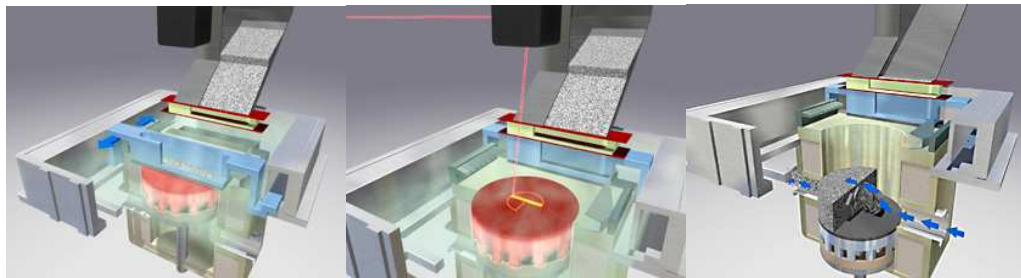
3.1.1 Descripción del proceso

El proceso que se describe a continuación es el que se utiliza para obtener piezas de metal. El instituto Fraunhofer IKTS ha mejorado este proceso y está investigando la obtención de piezas cerámicas con este sistema.

Más información:

www.rapidprototyping.fraunhofer.de

El láser funde una capa de polvo. Las capas adyacentes y apiladas se van uniendo unas con otras y la plataforma desciende en función del espesor de capa definido. Estos pasos se repiten hasta completar la construcción.



3.1.2 Ejemplos representativos

Aplicación: Turbina
Material: SiSiC
Fuente: Fraunhofer IKTS



3.1.3 Proyectos de investigación en curso

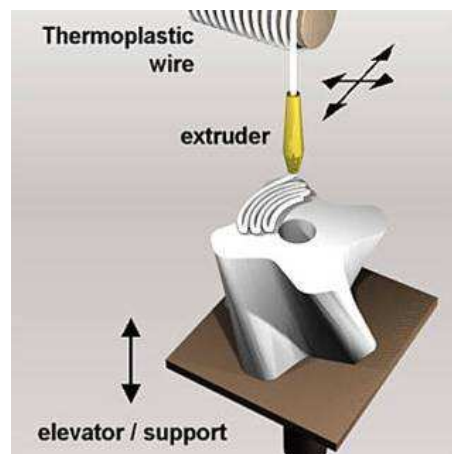
En la actualidad los proyectos que están desarrollando están encaminados a mejorar las propiedades mecánicas y la precisión, especialmente para piezas miniaturizadas sinterizadas en SiSiC

3.2 FDM. Modelado por deposición de hilo fundido

3.2.1 Descripción del proceso

El proceso FDM se basa en la construcción capa a capa de una pieza 3D, mediante la extrusión de un hilo de material plástico fundido, a través de unos cabezales. Dichos cabezales “dibujarán” la sección correspondiente a la capa del CAD 3D.

Más información: <http://www.aserm.net/flexman/tecnologias>



3.2.2 Proyectos de investigación en curso

El Institute for Shock Physics ha realizado un estudio en el que ha utilizado esta tecnología para obtener piezas composite metal-cerámicas. El material plástico base llevaba cristal del sílice y fue extrudido para obtener los filamentos necesarios para esta tecnología. De esta forma se obtuvo una estructura cerámica porosa. Para eliminar el aglutinante, la pieza obtenida se sometió a un proceso de sinterizado en horno. A continuación la pieza se infiltró con aluminio para obtener un composite Al-alumina.

3.3 VC. Colada en vacío de poliuretanos con carga cerámica

3.3.1 Descripción del proceso

La colada en vacío es una técnica indirecta. Técnicas indirectas son aquellas en las que se requiere un paso adicional para la fabricación de un modelo o producto a partir de información electrónica.

Consiste en la obtención de piezas en poliuretanos de diversas propiedades (similares a materiales termoplásticos) mediante su colado en moldes de silicona dentro de atmósfera de vacío, evitándose así la formación de burbujas de aire.



Más información:

http://www.aserm.net/flexman/tecnologias/flexman_technology.2006-04-12.4656992938

3.3.2 Proyectos de investigación en curso

El actual proyecto de investigación sobre la aplicación de estas técnicas con materiales cerámicos (del cual es fruto el presente informe), y que se desarrolla en colaboración entre ITC y AIMME, contempla en su segundo año el desarrollo de actividades dentro de este proceso.

4 ESTUDIO DE PUBLICACIONES CIENTÍFICAS

4.1 Estrategia de búsqueda

En el presente estudio se analiza en una primera parte el número de artículos técnicos publicados a lo largo de los últimos 45 años en referencia a la tecnología de prototipado rápido, distinguiendo por años y por países.

En una segunda parte se replica el análisis pero en este caso concretando en el campo de los materiales cerámicos, con el objetivo de poder identificar diferencias entre la tecnología en general y su uso en el campo de los materiales cerámicos.

Para poder obtener unos resultados representativos es necesario definir a priori una serie de palabras clave que nos engloben de una forma realista este campo del conocimiento. Las palabras que se han seleccionado para realizar dichas búsquedas han sido stereolithography, rapid prototyping, rapid manufacturing, rapid tooling, freeform fabrication y SFF.

Dicho análisis se ha realizado utilizando la base de datos artículos técnicos de Web of Science. Para la primera parte se ha partido del índice general y en la segunda parte se ha accedido a la sección Ceramics de la categoría Materials Science.

La estrategia de búsqueda utilizada ha sido:

```
TS=((stereolithograph* OR "rapid prototyp*" OR "rapid manufactur*" OR "freeform* fabricat*" OR "rapid tool*" OR SFF))
```

El periodo de tiempo que se ha seleccionado para hacer la búsqueda ha sido 1960-2006.

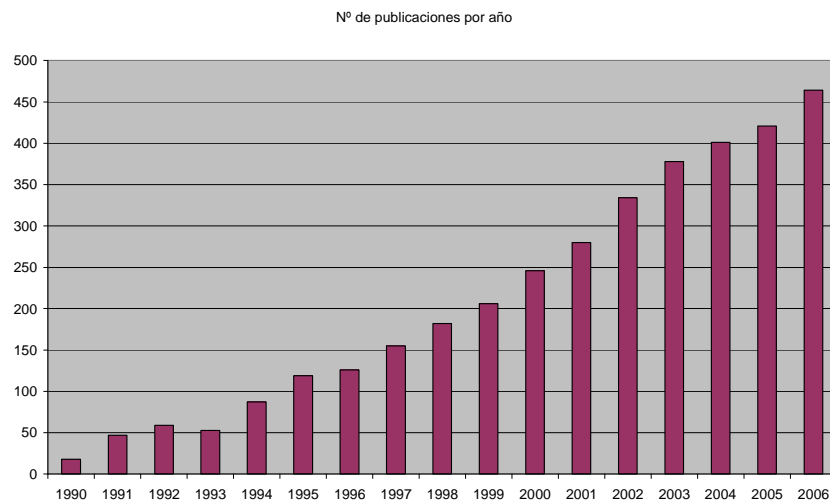
La muestra de los resultados se ha dividido en el estudio genérico de la tecnología para luego comparar con los datos obtenidos de la misma en el campo de la cerámica.

4.2 Resultados generales

4.2.1 Publicaciones por año

Bajo los criterios de búsqueda comentados se han obtenido un total de 3611 resultados. Aunque el periodo de búsqueda comprende desde 1960, se observa que la publicación de un mínimo de 10 artículos por año tiene lugar a partir de 1990 con un total de 18 artículos.

En el periodo comprendido entre 1960 y 1989 se publicaron un total de 35 artículos del total de 3611. Considerando como criterio mínimo para su representación la publicación de 10 artículos, la distribución por años de dicho resultado es la siguiente:



Como se puede ver en la representación, la investigación a gran escala en las diferentes técnicas de prototipado rápido tiene lugar a partir de 1990, intensificándose progresivamente. Se observa un aumento de las publicaciones de aproximadamente el 20 % anual desde 1995 a 2003.

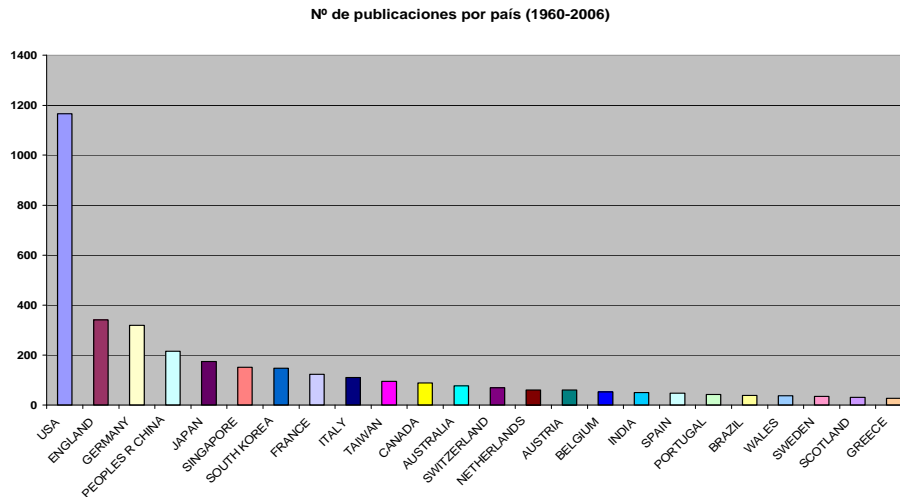
Estos datos pueden ser una señal clara de que se está ante una técnica que continua con una progresión ascendente, tras una década de aumento ininterrumpido, augurando un futuro prometedor para sectores tan tradicionales como es el de la cerámica

Para el caso concreto de las tecnologías de prototipado rápido la investigación se dirigirá ahora a la optimización de las actuales tecnologías de prototipado rápido ya desarrolladas en busca de un mayor rendimiento así como la búsqueda de nuevos materiales que amplíen las características técnicas de los productos obtenidos y que nos permitan incrementar el número de posibles aplicaciones.

Esto, unido a los avances tecnológicos que debe de sufrir la tecnología base de estos sistemas debe de dar como resultado máquinas de una elevada velocidad de trabajo y versatilidad que permitan plantearse la fabricación de productos con materiales de muy buenas características técnicas de una forma económicamente rentable frente al resto de procesos de conformado.

4.2.2 Publicaciones por país

Cuando se realiza el mismo análisis pero estudiando el país del que procede la investigación, los resultados que se obtienen son los siguientes:



Como ocurre en la mayoría de estudios de este tipo para cualquier tecnología, a la cabeza de la misma aparece Estados Unidos, con 1166 publicaciones. Prácticamente la cuarta parte de la investigación realizada a nivel mundial nace de dicho país.

Si consideramos la Unión Europea en su conjunto, son aproximadamente 1440 las publicaciones emitidas en esta materia, superando a los EEUU. Dentro de la Unión Europea destacan Inglaterra y Alemania. La universidad americana que un mayor número de publicaciones ha generado es la Universidad de Texas con 72 trabajos. En Inglaterra destaca la Universidad de Loughborough con 53 trabajos, mientras que en Alemania está la Universidad de Erlangen Nurnberg con 17.

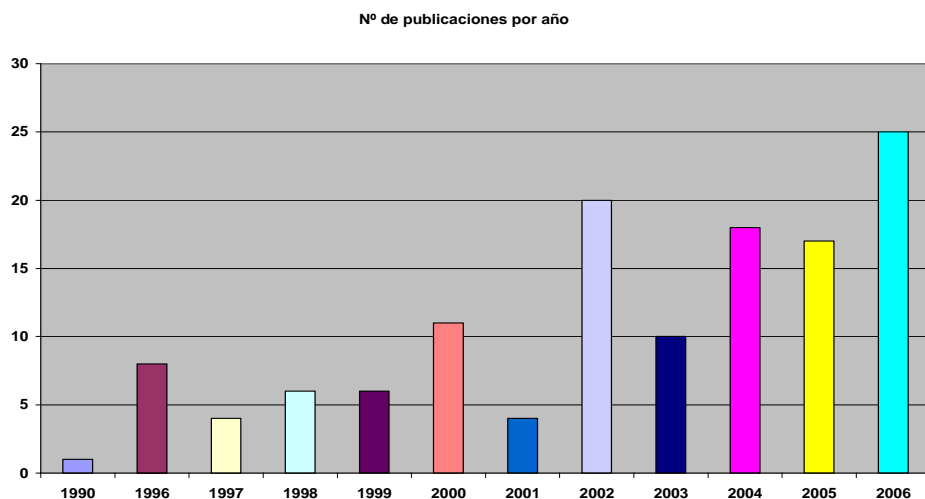
El número de publicaciones procedentes de España se reduce a 47, destacando muy ligeramente la Universidad Politécnica de Cataluña. El desglose por entidades españolas, con al menos 2 publicaciones, queda de la siguiente manera:

Nombre Institución	Nº Publicaciones
UNIV POLITECN CATALUÑA	6
UNIV POLITECN MADRID	5
UNIV GRANADA	4
UNIV POLITECN VALENCIA	4
CSIC	4
UNIV PUBL NAVARRA	3
UNIV POLITECN CARTAGENA	3
UNIV ALICANTE	2

4.3 Resultados obtenidos sección ceramics

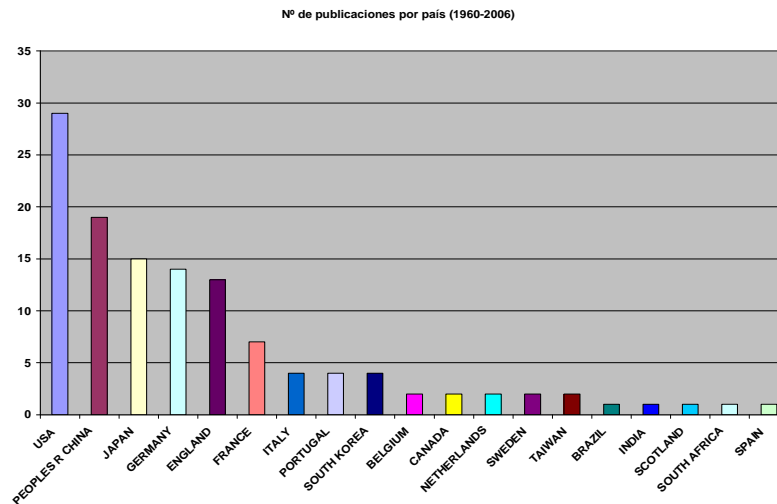
4.3.1 Publicaciones por año

Bajo los criterios de búsqueda comentados, es decir, extrayendo de la búsqueda general los clasificados como "materials science, ceramics", se han obtenido un total de 130 resultados. Aunque el periodo de búsqueda comprende desde 1960, hasta el año 1990 no aparece ningún artículo publicado. Dicho artículo se publicó en el American Ceramic Society Bulletin nº 69 con el título "SOLID FREEFORM FABRICATION - POWDER PROCESSING". La representación gráfica de los resultados obtenidos es la siguiente:



4.3.2 Publicaciones por país

Cuando se realiza el mismo análisis pero estudiando el país del que procede la investigación, los resultados que se obtienen son los siguientes:



La representación mimetiza en gran medida a la general por países. Por destacar algo, la principal diferencia radica en el segundo puesto de China frente al cuarto puesto que ocupaba en la anterior representación con aproximadamente unas 200 publicaciones sobre el tema tratado, la convierten en el país que, dentro del prototipado rápido, más esfuerzo dedica a la investigación en materiales cerámicos. También destacar que la investigación en este campo en España es prácticamente nula ya que tan solo se ha publicado un artículo sobre el tema. Concretamente fue publicado en el Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio en el año 2005 con el título "New applications of alginates in the shape forming of ceramics".

De todas formas, el bajo número de publicaciones evidencia que estamos ante un campo de investigación muy poco estudiado a nivel mundial y nada en el ámbito nacional.

5 ESTUDIO DE PATENTES

5.1 Estrategia de búsqueda

Para este estudio se han analizado las patentes registradas en la base de datos "[esp@cenet worldwide](http://esp@cenet.worldwide)".

Se han seleccionado las mismas palabras clave que en la primera parte, es decir, stereolithograph, rapid prototyping, rapid manufacturing, rapid tooling, freeform fabrication y SFF.

La estrategia de búsqueda utilizada ha sido:

TS=((stereolithograph* OR "rapid prototyp**" OR "rapid manufactur**" OR "freeform* fabricat**" OR "rapid tool*" OR SFF)). Periodo: 1980-2006.

En una segunda parte se replica el análisis pero en este caso ampliando la búsqueda con el término (and ceramic*) con el mismo objetivo que en el apartado 3, es decir, poder identificar diferencias entre la tecnología en general y su uso en el campo de los materiales cerámicos.

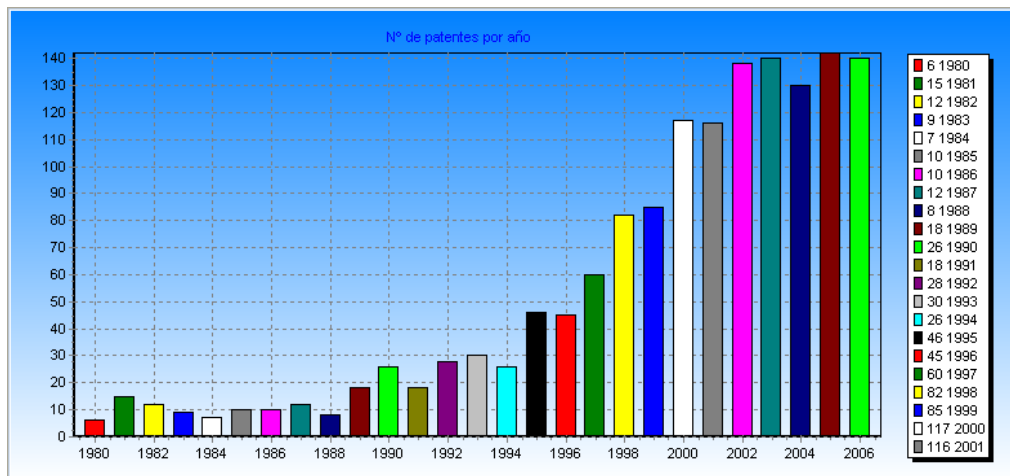
La muestra de los resultados se ha dividido en el estudio genérico de la tecnología para luego comparar con los datos obtenidos de la misma en el campo de la cerámica.

5.2 Resultados generales

5.2.1 *Patentes por año*

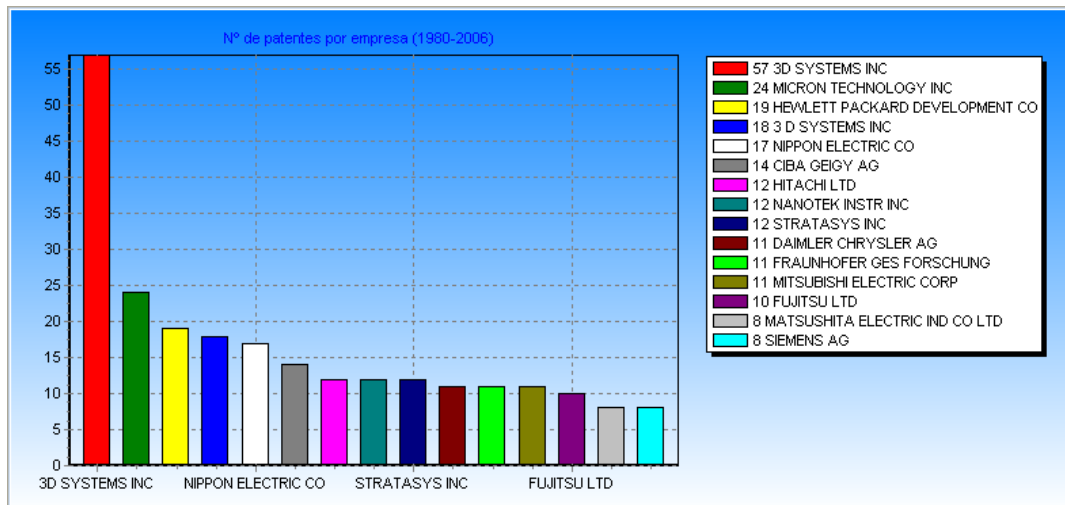
Aunque el periodo de búsqueda comprende desde 1980, se observa que no existe ninguna patente hasta el año 1989, en el que se conceden un total de 9 patentes a diferentes empresas y Universidades.

En el periodo comprendido entre 1980 y 2006 se observa un aumento progresivo del número de patentes concedidas, siendo para este último año de un total de 140 patentes concedidas en todo el mundo.



5.2.2 Patentes por empresas

Cuando se realiza el mismo análisis pero estudiando las empresas que han patentado, los resultados que se obtienen son los siguientes:



Como puede verse, la empresa 3D System es la empresa que tiene un mayor número de patentes publicadas. Esta empresa americana fue fundada en 1986, considerándose la inventora del primer prototipado de máquina de estereolitografía. En la actualidad es el mayor proveedor mundial de tecnologías de prototipado rápido y de materias primas.

- Listado de empresas a partir de cinco patentes:

Nº Patentes	EMPRESA
57	3D SYSTEMS INC (US)
24	MICRON TECHNOLOGY INC (US)
19	HEWLETT PACKARD DEVELOPMENT CO (US)
18	3 D SYSTEMS INC (--)
17	NIPPON ELECTRIC CO (--)
14	CIBA GEIGY AG (CH)
12	NANOTEK INSTR INC (US)
12	HITACHI LTD (--)
12	STRATASYS INC (US)
11	FRAUNHOFER GES FORSCHUNG (DE)
11	mitsubishi electric corp (--)
11	DAIMLER CHRYSLER AG (DE)
10	FUJITSU LTD (--)
8	MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD (--)
8	SIEMENS AG (DE)
7	EOS ELECTRO OPTICAL SYST (DE)
7	TEIJIN SEIKI CO LTD (JP)
7	DESOTO INC (US)
7	SANYO ELECTRIC CO (--)
6	VANTICO AG (CH)
6	CIBA SC HOLDING AG (CH)
6	CONCEPT LASER GMBH (DE)
6	TAKEMOTO OIL & FAT CO LTD (--)
6	ALLIED SIGNAL INC (US)
6	TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO (--)
5	FORD GLOBAL TECH INC (US)
5	CIBA SC HOLDING AG (US)
5	UNITED TECHNOLOGIES CORP (US)
5	UNIV ARIZONA (US)
5	TEIJIN SEIKI CO LTD (US)
5	SANDIA CORP (US)

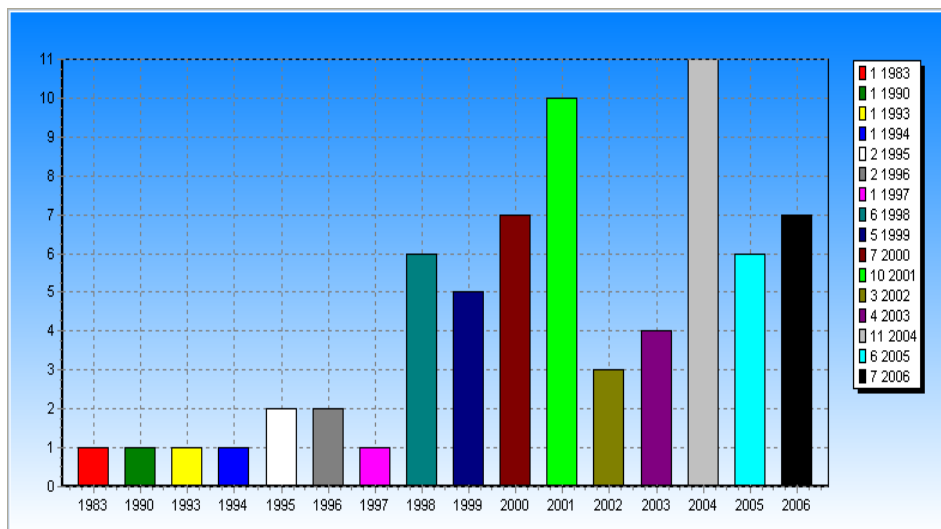
Indicar que el resultado mostrado en la tabla anterior considera como empresas diferentes a aquellas cuya ubicación sea diferente aun cuando formen parte de un mismo grupo empresarial. Este es el caso de 3D System que aparece en el listado inicialmente con su ubicación estadounidense y en diferente posición de la lista la situada en Europa.

5.3 Resultados obtenidos para materiales cerámicos

5.3.1 Publicaciones por año

Bajo el criterio de búsqueda comentado, es decir, extrayendo de la búsqueda general las patentes que incluyen el término "ceramic*", se han obtenido un total de 68 resultados.

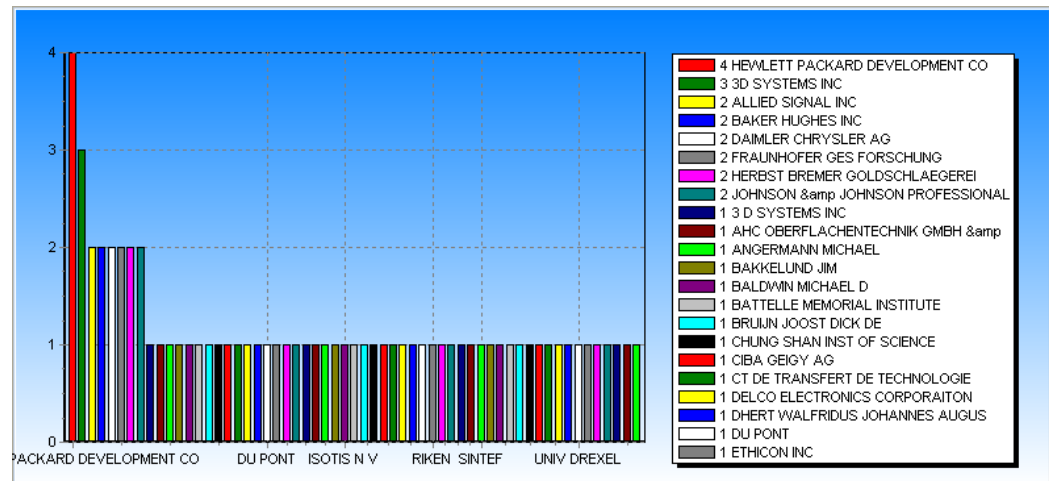
La representación por años de los resultados obtenidos es la siguiente:



En dicha representación podemos ver que el número de patentes relacionadas de forma directa con el uso de materiales cerámicos en las técnicas de prototipado rápido es muy bajo. Es durante los últimos 9 años donde se puede observar un repunte en el número de patentes concedidas.

5.3.2 Patentes por empresas

Cuando se realiza el mismo análisis pero estudiando las empresas que han patentado, los resultados que se obtienen son los siguientes:



Como puede verse de los resultados, la empresa Ciba es la que aparece en primer lugar, con una diferencia sustancial sobre el resto. Curiosamente, esta empresa que aparecía en el 4º lugar en la búsqueda general, nos parece aquí en el primer puesto.

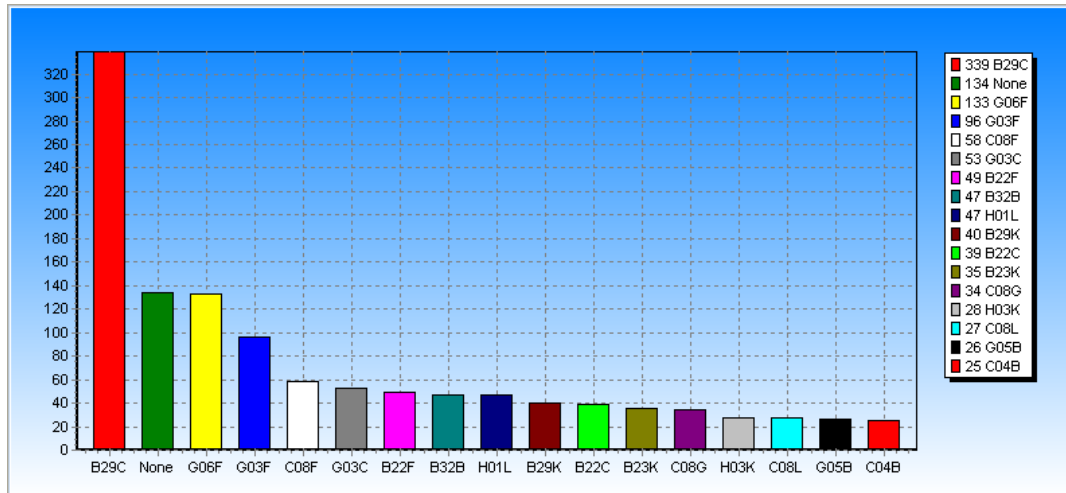
La razón de este elevado interés de patentar en este campo por esta empresa es el tipo de negocio que tiene, centrado en el desarrollo de productos químicos que tienen un elevado valor añadido en el mercado.

- Listado alfabético de empresas y entidades con patentes:

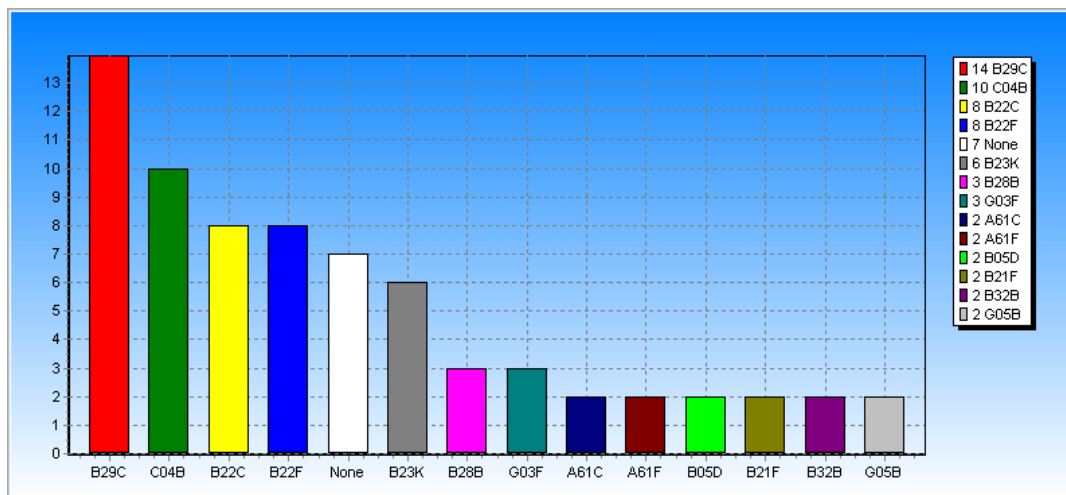
3D SYSTEMS INC (US)	NIPPON CARBON CO LTD (--)
AHC OBERFLACHENTECHNIK GMBH & (DE)	NISSHIN STEEL CO LTD (--)
ALLIED SIGNAL INC (US)	RIKEN (JP)
ANGERMANN MICHAEL (DE)	ROLLS ROYCE CORP (US)
BAKER HUGHES INC (US)	SCHLIENGER ERIC M (US)
BAKKELUND JIM (NO)	SCHWARZE DIETER (DE)
BALDWIN MICHAEL D (US)	SCIPERIO INC (US)
BATTELLE MEMORIAL INSTITUTE (US)	SINTEF (NO)
BRIJN JOOST DICK DE (NL)	SMITH INTERNATIONAL (US)
CHUNG SHAN INST OF SCIENCE (TW)	STANFORD RES INST INT (US)
CIBA GEIGY AG (CH)	STIERLEN (DE)
CT DE TRANSFERT DE TECHNOLOGIE (FR)	STIERLEN PETER (DE)
DAIMLER CHRYSLER AG (DE)	TEXAS INSTRUMENTS INC (US)
DELCO ELECTRONICS CORPORATION (US)	TSAI MU-TSUN (TW)
DHERT WALFRIDUS JOHANNES AUGUS (NL)	UNITED TECHNOLOGIES CORP (US)
DU PONT (US)	UNIV ARIZONA (US)
ETHICON INC (US)	UNIV CENTRAL FLORIDA (US)
FOCKELE MATTHIAS (DE)	UNIV DREXEL (US)
FRAUNHOFER GES FORSCHUNG (DE)	UNIV MICHIGAN (US)
FRENCH NINA BERGAN (US)	UNIV PRINCETON (US)
GEN ELECTRIC (US)	UNIV RUTGERS (US)
GUANGDONG POLYTECHNIC UNIV (CN)	UNIV XI AN JIAOTONG (CN)
HERBST BREMER GOLDSCHLAEGEREI (--)	WILSON CLAYTON ELLIS (NL)
HEWLETT PACKARD DEVELOPMENT CO (US)	WITHEY PAUL (GB)
HONEYWELL INT INC (US)	
HORY ARNAUD (FR)	
ISOTIS N V (NL)	
JOHNSON & JOHNSON PROFESSIONAL (US)	
KARLSEN ROALD (NO)	
LORRAINE CARBONE (FR)	
MAGUIRE MICHAEL (US)	
MEDICERAM CHIRURGISCHE IMPLANT (AT)	
METAL IND REDEARCH & AMP DEV (W)	
METAL IND RES & AMP DEV CT (TW)	

Resultados por IPC (International Patent Classification)

- Búsqueda general:



- Búsqueda específica para el campo de la cerámica:





Instituto de Tecnología Cerámica



Financiado por:



MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA



GENERALITAT VALENCIANA
CONSELLERIA D'EMPRESA, UNIVERSITAT I CIENCIA

“Reservados todos los derechos. El contenido de este informe goza de la protección que le otorga la ley, y no podrá ser reproducido, distribuido, transformado o comunicado públicamente, en todo o en parte, sin la autorización expresa del Instituto de Tecnología Cerámica – AICE”

© ITC-AICE, 2008

www.itc.uji.es

Sede Central:
Campus Universitario Riu Sec
Avda. de Vicent Sos Baynat, s/n | 12006 Castellón (Spain)

Sede ALICER:
Avda. del Mar, 42 | 12003 Castellón (Spain)

Tel. 34 964 34 24 24 | Fax 34 964 34 24 25

