

Envío: 26-07-2012

Aceptación: 31-07-2012

Publicación: 13-08-2012

EL CONFORMADO INCREMENTAL COMO NUEVA TÉCNICA DE PROTOTIPADO RÁPIDO

INCREMENTAL FORMING AS NEW TECHNIQUE OF RAPID PROTOTYPING

Miguel Ángel Sellés Cantó¹

Samuel Sánchez Caballero²

Miguel Ángel Peydró Rasero³

Elena Pérez Bernabéu⁴

1. Instituto de Tecnología de Materiales. Universidad Politécnica de Valencia.
2. Instituto de Diseño y Fabricación. Universidad Politécnica de Valencia.
3. Instituto de Tecnología de Materiales.
4. Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad.

RESUMEN

Actualmente, diversos sectores industriales (aeronáutico, automoción,...) utilizan procesos de conformado para producir componentes de geometrías complejas a partir de chapas metálicas. Los procesos tradicionales que utilizan matrices son apropiados para la producción de grandes volúmenes de piezas, pero no son rentables en el caso de series reducidas (vehículos especiales, prototipos,...). El conformado incremental es un proceso diferente, inteligente y flexible, que se presenta como una alternativa a los métodos de conformado tradicionales. Este proceso se basa en metodologías de Rapid Manufacturing, y permite reducir enormemente los costes de utillaje, ya que solo requiere de una herramienta simple de soporte. Se adecua perfectamente a la fabricación de prototipos y series cortas por los bajos costes de producción, pero el tiempo necesario para conformar una pieza, típicamente varias horas, lo hace inviable para series más largas.

ABSTRACT

Various industrial sectors (aerospace, automotive,) use forming processes nowadays to produce components of complex shapes from sheet metal. Traditional processes that use arrays are suitable for the production of large volumes of parts, but are not profitable for small series (special vehicles, prototypes, ...). Incremental forming is a different process, intelligent and flexible, which presents itself as an alternative to traditional forming methods. This process is based on Rapid Manufacturing methodologies, and greatly reduces tooling costs, since it only requires a simple tool support. It's well suited to the manufacture of prototypes and small series by low production costs, but the time required to manufacture a part, typically several hours, which makes it impractical for longer runs.

PALABRAS CLAVE

Conformado incremental, chapa, máquinas CNC, prototipos.

KEYWORDS

Incremental forming, sheet metal, CNC machines, prototypes.

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, los componentes que se obtienen a partir de chapa metálica se producían mediante técnicas de estampación o embutición, que utilizan prensas y matrices. Así, se obtiene una gran productividad y un tiempo de producción corto. Pero estas tecnologías sólo son rentables para la producción de grandes series de piezas y económicamente inviables para la fabricación de series cortas o medias. Gracias a la tecnología de conformado incremental, se podrá dar una solución a las empresas que producen series cortas y se ven obligadas en la actualidad a elaborar sus productos en otros materiales o con otros diseños para evitar los problemas asociados a las tecnologías tradicionales de estampado.

CARACTERÍSTICAS

El conformado incremental se caracteriza dentro de los procesos de conformado como una tecnología capaz de elaborar geometrías de pieza de elevada complejidad. Con su utilización se logra la obtención de todo tipo de geometrías típicas de embutición, aunque el proceso difiere del de la embutición. La fabricación de piezas de chapa metálica se consigue a través de la generación de sucesivas y pequeñas deformaciones sobre la chapa, hasta que la suma de las pequeñas deformaciones configure la forma final deseada, de la pieza. El conformado incremental de láminas metálicas es un proceso derivado de las tecnologías existentes en el área de fabricación rápida (“Rapid Manufacturing”) y en comparación con procesos de conformado tradicionales, esta técnica permite reducir drásticamente el coste de herramientas específicas (matrices en el caso de la estampación) así como costes asociados a la propia fabricación de las piezas metálicas.

DEFORMACIÓN INCREMENTAL 3D Y EL MICROCONFORMADO INCREMENTAL

En el conformado de chapa metálica se considera micropieza toda aquella que cumpla con una o varias de las siguientes condiciones:

- Espesor de la lámina metálica igual o inferior a 0,1 mm.
- Un mínimo de 2 dimensiones de la pieza deben ser inferiores a 1 mm.
- Las desviaciones dimensionales o precisión de la pieza deben estar incluidas en el rango de los μm .

Ejemplos de piezas obtenidas por micro conformado y que encajan en alguna de las tres definiciones anteriores:



Figura 1: Piezas obtenidas por micro-conformado. Fuente: Elaboración propia.

Los principales problemas que presenta la miniaturización son los efectos del escalado, aspectos tribológicos como los coeficientes de fricción, que aumentan con la disminución del tamaño del espécimen. Los efectos de escalado no solamente aparecen en el proceso sino también deben ser tomados en cuenta en otras áreas de la cadena del proceso de conformado, pidiendo nuevas soluciones especialmente en conceptos de herramientas de fabricación y nuevas máquinas.

EL MICROCONFORMADO INCREMENTAL

¿Por qué utilizar el micro conformado incremental? Para aplicaciones en las que se requiera de un diseño personalizado de piezas. Sectores como el de los implantes médicos (biomedicina/ biomecánica), joyería, arte, etc. Estos sectores son de los principales potenciales consumidores de micro tecnologías; de ahí radica el interés en probar la deformación incremental en dimensiones micro.

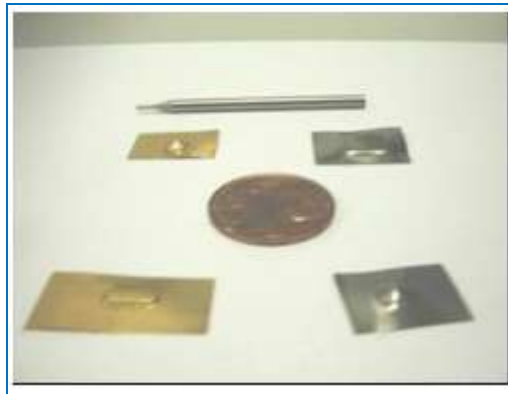


Figura 2: Piezas alcanzadas con éxito con la técnica del microconformado. Fuente: Elaboración propia.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proceso de deformación incremental consiste en deformar la chapa mediante una herramienta con forma esférica. Esta, sigue las trayectorias programadas previamente por un sistema CAM. El conformado se realiza de manera local con una cabeza semiesférica que está en contacto con la chapa, con lo cual que la chapa es deformada plásticamente solo alrededor del área de contacto. La geometría del producto se logra incrementalmente cuando la herramienta sigue una trayectoria sobre la chapa; por esta razón la trayectoria de la herramienta es una operación crítica en la exactitud de la pieza final.

Dicho proceso se inicia a partir de un fichero CAD 3D con la geometría de la pieza. El proceso está basado en el principio de conformado por capas, donde el modelo está dividido en secciones horizontales. La trayectoria de la herramienta CNC se prepara utilizando los contornos de estas secciones. Estas trayectorias se repiten a diferentes profundidades, siendo la suma total de trayectorias la que permite obtener la geometría deseada.

TIPOS DE CONFORMADO INCREMENTAL

El proceso incremental puede realizarse mediante **2 tipos de conformado**:

La primera variante es conocida como **deformación positiva**. En la deformación positiva la herramienta está en contacto con la piel exterior de la geometría. En este proceso se controlan las dimensiones y tolerancias de la geometría externa de la pieza. Para ello, el marco realiza su carrera de descenso a la vez que la herramienta presiona la chapa ayudándose del postizo. El conformado positivo es preferible, ya que permite lograr mejor precisión en las piezas.

La segunda variante es conocida como **deformación negativa**. En la deformación negativa la herramienta está en contacto con la piel interior de la geometría. En este proceso se controlan las dimensiones y tolerancias de la geometría interior de la pieza. En este caso la herramienta va penetrando en la geometría que se va generando progresivamente. La variante de deformación negativa también permite la opción de no incluir el soporte. En este caso, la mayor parte del material no se presiona durante el proceso, es por esto que la geometría final no cumple con el diseño del CAD deseado. Así pues, el conformado negativo requiere una mayor atención.

Para la fabricación de la pieza, previamente, se dispone de las herramientas necesarias para realizar las operaciones de conformado y de la información del CAD 3D de la pieza. Cabe destacar en aplicaciones industriales, se suele utilizar una herramienta específica de soporte idéntica a la piel interna de la pieza o que comprende las formas superficiales de las zonas más críticas de la geometría final. Este soporte se puede fabricar en materiales de bajo coste y de fácil mecanizado, tal como resina, madera o aluminio.

PARÁMETROS Y ESPECIFICACIONES DEL PROCESO

Los parámetros que son fundamentales en el proceso de deformación incremental y que tienen una repercusión directa en el resultado final, son los siguientes:

Parámetros controlados del proceso
Geometría a desarrollar
Trayectoria de la herramienta
Tipo de herramienta
Dimensiones de la herramienta
Paso incremental
Velocidad de avance de la herramienta
Material de la chapa
Espesor de la chapa

Tabla 1. Parámetros controlados del proceso. Fuente: Elaboración propia.

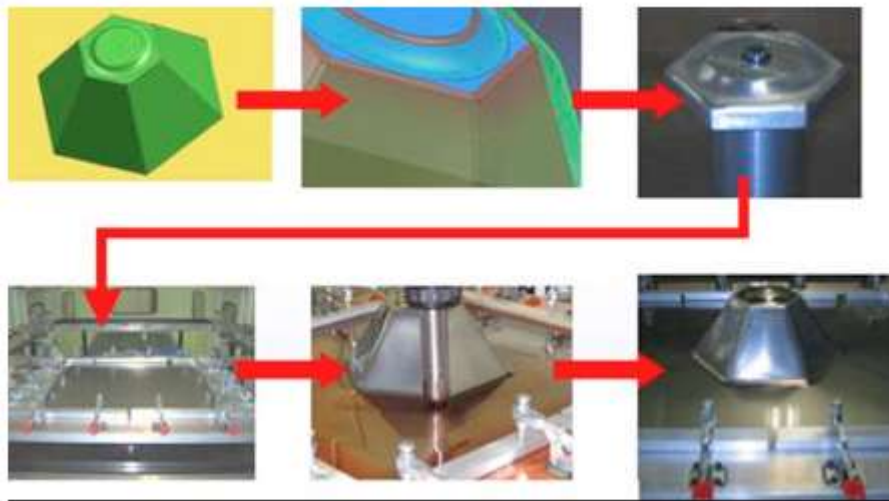
ETAPAS DEL PROCESO:

Figura 3: Esquema descriptivo del proceso de conformado incremental. Fuente: Elaboración propia.

Para la elaboración de una pieza, primeramente se parte de un CAD 3D en el que se selecciona una de las pieles, ya puede ser la interior o la exterior. En función de la piel seleccionada, la deformación será positiva o negativa. Si se selecciona la piel interior para elaborar el postizo, se trata de una deformación positiva, en cambio, si se coge la piel exterior la deformación será negativa. Una vez seleccionada la piel, se genera el programa C.N.C., mediante software CAM, para poder mecanizar el postizo.

Una vez se obtiene el postizo se procede al conformado de la pieza. El postizo se fija en la mesa de la máquina y sobre este se coloca la plancha a conformar. La herramienta empieza su desplazamiento en los ejes Z y Y (plano horizontal), para conformar la pieza, de acuerdo al modelo CAD.

La mesa se mueve en la dirección del eje X (plano horizontal) y se ajusta con una mesa de soporte, la cual contra-balancea el movimiento vertical de la herramienta, generando presión desde los cilindros que permiten, si es necesario, un pretensionado aplicado a la chapa.



Figura 4: Movimiento de la herramienta. Fuente: Elaboración propia.

La herramienta (la cual no rota alrededor de su propio eje) se mueve en la chapa de metal siguiendo un curso en dos dimensiones de acuerdo con el modelo de la geometría CAD. La herramienta desciende en la dirección del eje Z, de acuerdo a las coordenadas y continua su movimiento de conformado hacia abajo hasta haber terminado el ciclo de trabajo.

MATERIALES

Con la tecnología del conformado incremental para la elaboración de la pieza final habitualmente se utilizan los materiales que se muestran a continuación; que son los mismos que se pueden utilizar a escala micro.

- Acero inoxidable.
- Acero convencional.
- Aluminio.
- Titanio.

En cuanto a la selección del material para conformar el postizo, habitualmente se escogen resinas, ya que facilitan el mecanizado. Seguidamente, se recoge una tabla de las resinas más utilizadas:

Nombre Comercial	Calidad
Sikabloc M 450 (Naranja)	Placa de P.U de densidad 0.45 se puede trabajar a mano, formación de viruta. Estructura fina y homogénea. Dureza: 50D
Sikabloc M 610 master (Marrón)	Placa de P.U. Densidad 0.70 uso recomendado en 3/5 ejes con herramientas para madera. Dureza: 68D
Sikabloc M850 (Gris Al)	Placa P.U. densidad 1.7 Alta estabilidad dimensional. Dureza: 89D
Sikabloc M900 (Verde)	Placa EPOXI autolubricante, muy alta resistencia al impacto, abrasión y temperatura. Dureza: 83D
Sikabloc M960 (Azul)	Placa P.U. fácil mecanización con una muy alta resistencia al impacto y a la abrasión. Dureza: 80D

Tabla 2. Resinas más utilizadas. Fuente: Elaboración propia.

Las principales aplicaciones de este tipo de tecnología se encuentran en los siguientes sectores:

- Aeronáutica.
- Sector sanitario.
- Sector automoción.
- Sector ferroviario.

El micro conformado incremental adquiere un mayor protagonismo en el sector biomédico puesto que en este sector se observa una mayor tendencia a la miniaturización.

CONCLUSIONES E INVESTIGACIONES FUTURAS

Con la evaluación experimental de la tecnología de deformación incremental de chapa metálica o “Dieless Forming”, se pretende obtener micropiezas en diferentes aleaciones metálicas y poder introducir este tipo de tecnología en la industria en un futuro no muy lejano.

En cuanto a los retos de futuro se pretende dirigir la atención hacia los siguientes aspectos:

- En la fabricación de componentes por deformación a escalas inferiores al estado del arte.
- En la aplicación de la tecnología de deformación incremental de chapa metálica o “Dieless Forming” para la obtención de micropiezas en diferentes aleaciones metálicas.
- En implementar el proceso en máquinas más precisas para así poder realizar geometrías más complejas.
- Introducir temperatura durante el proceso de conformado para así mejorar la ductilidad del material.

A día de hoy, se ha observado que para la transformación de piezas metálicas en la microescala se hace necesaria la posesión de conocimientos en torno a los procesos de transformación de chapa y de técnicas de conformado por embutición.

REFERENCIAS

- [1] **ATZEMA, E.H., TEN HORN, C.H.L.J., VEGTER, H.** (2004) *Influence of tooling layout on sheet forming process analysis. Proceeding of European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering.*
- [2] **BELYTSCHKO, T., LIU, W.K., MORAN, B.** (2000) *Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures.*
- [3] **BESSON, J.** (2010). *Continuum models of ductile fracture: A review International Journal of Damage Mechanics*, 19 (1), pp. 3-52.
- [4] **CHOW, C.L., WANG, J.** (1987) *An anisotropic theory of elasticity for continuum damage mechanic International Journal of Fracture*, 33 (1), pp. 3-16.
- [5] **GRAMMENOUDIS, P., RECKWERTH, D., TSAKMAKIS, CH.** (2009) *Continuum damage models based on energy equivalence: Part II - Anisotropic material response International Journal of Damage Mechanics*, 18 (1), pp. 65-91.
- [6] **KACHANOV, L.M.** (1986) *Introduction to Continuum Damage Mechanics.*
- [7] **LEMAITRE, JEAN.** (1985) *Continuous damage mechanics model for ductile fracture. Journal of Engineering Materials and Technology*, Transactions of the ASME, 107 (1), pp. 83-89.