

Diseño Automatizado de Plantillas: una Aplicación en Procesos de Fresado CNC

Sergio Javier Torres Méndez*
Guillermo Flores Téllez**

Introducción

La principal función de una plantilla es mantener lo suficientemente fija a una pieza que es sometida a un proceso, contrarrestando las fuerzas que actúan en dicha pieza de trabajo para ser procesada.

A principios del siglo XX, los diseñadores de herramientas debían realizar sus estimaciones basándose en la experiencia previa que adquirieron con base en sus trabajos anteriores, mediante el conocimiento empírico. Es así que el diseño de plantillas fue por muchos años desarrollado por métodos que carecían de una base científica. Conforme avanzó el tiempo, los métodos para el diseño de herramientas han desarrollado técnicas que han disminuido el tiempo y el costo de obtención de los dispositivos de fijación de piezas de trabajo.

Sin embargo, en los últimos años de desarrollo tecnológico se han logrado grandes avances en lo referente a la sofisticación de las máquinas herramientas y conjuntamente con esto, se ha complicado la tarea del diseño de plantillas, demandando un menor tiempo de diseño, así como de manufactura para su uso, estableciendo restricciones de mayor precisión. En la actualidad las operaciones de

maquinado se encuentran codificadas en estándares, tales como barrenado, fresado y cepillado. Esto nos permite contar con información acerca de varios factores ya considerados y registrados, como grados de libertad y restricciones en las operaciones estándar de maquinado. Conjuntamente con las consideraciones de diseño, un factor que se ha considerado de gran importancia, es el costo implicado en el diseño de las plantillas, acorde a la cantidad de piezas que deben ser procesadas, por lo que se involucran ciertos atributos que justifican su creación. Con el surgimiento de los sistemas de diseño asistidos por computadora CAD/CAM, se introduce una nueva posibilidad de facilitar la creación de las plantillas para los diferentes procesos de maquinado que existen hoy. Es mediante el uso de la tecnología que es posible procesar el conocimiento base para acelerar y estandarizar el proceso de diseño de plantillas, para operaciones de maquinado en las máquinas herramientas CNC. El desarrollo científico de una herramienta de diseño que, asistida por computadora, nos facilite la tarea de diseñar las plantillas para los procesos de maquinado de piezas, surge como respuesta a la necesidad de contar con nuevas alternativas que auxilien en el diseño de plantillas en los procesos de fresado para máquinas CNC, por lo que se pretende desarrollar un programa inteligente, que reducirá el tiempo en el proceso de diseño de plantillas, para piezas prismáticas en los procesos de maquinado, desarrollados por la fresadora DYNA CNC del CIM 2000 del Instituto Tecnológico de Puebla.

El diseño de plantillas en las operaciones de maquinado CNC

El fresado es una operación de maquinado en la cual se somete una pieza de trabajo al contacto de una herramienta cilíndrica rotatoria con múltiples bordes cortantes. El maquinado final de la pieza de trabajo se encuentra determinado por el recorrido y la forma de los bordes múltiples en la herramienta de corte empleada.

La aplicación del control numérico abarca gran variedad de procesos. El principio de operación común de todas las aplicaciones del control numérico es el control de la posición relativa de una herramienta o elemento de procesamiento con respecto al objeto a procesar. Con frecuencia, es imposible acomodar piezas a un aditamento sujetador convencional, por esto, algunas veces es necesario usar un dispositivo de fresar o plantilla de sujeción, cuyo objetivo primordial es sujetar con firmeza la pieza de trabajo en una posición fija. En estos casos, la mayor parte de los dispositivos son hechos especialmente para un trabajo específico. Para su empleo, es recomendable siempre mantener libre de viruta o material removido, todas y cada una de las partes del dispositivo, pues aun una mínima viruta puede desplazar la posición requerida de la pieza de trabajo y causar imprecisión en el maquinado. Una plantilla (jig / fixture) es un dispositivo especial el cual sostiene, soporta o es colocado sobre una pieza que va a ser maquinada. Es un dispositivo usado para

*Maestro en Ciencias con especialidad en Ingeniería Mecánica por el Instituto Tecnológico de Puebla. Correo electrónico: serm7007@yahoo.com.mx

**Ingeniero Industrial por el Instituto Tecnológico de Puebla. Correo electrónico: gft17@yahoo.com

localizar y fijar una pieza de trabajo de manera segura en la posición correcta con respecto a una herramienta de corte.

El propósito principal de la plantilla es localizar y ubicar la pieza de trabajo mientras operaciones tales como el barrenado (drilling) o taladrado (boring), son realizadas.

El tamaño, tipo y capacidades de la maquina herramienta, son especificaciones para una operación en particular que pueden ser utilizadas para contar con una base acerca de las características con las que puede ser diseñada una plantilla. Tanto la pieza de trabajo como la plantilla diseñada pueden compartir muchos detalles y especificaciones, es necesario conocer qué operaciones de maquinado serán realizadas en la pieza de trabajo y traducir dichas operaciones en las fuerzas generadas que la pieza de trabajo recibirá durante un proceso específico, para contrarrestar dichas fuerzas y sujetar y posicionar la pieza de manera correcta mediante una plantilla. Muchas de las operaciones tienen ciertas similitudes entre sí, en lo que respecta a las fuerzas ejercidas sobre la pieza de trabajo, en la figura 1 se ilustra lo anterior:

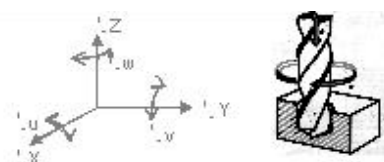


Figura 1. Fuerzas que actúan sobre una pieza de trabajo.

En este caso las fuerzas que actúan sobre la pieza se ven influenciadas por la velocidad de corte y de avance, es posible establecer que la fuerza generada será proporcional al incremento de la velocidad. Sin embargo, es necesario determinar y controlar la posición de la pieza y ubicar los soportes de la plantilla, basándose en la posición exacta donde se realizará la(s) operación(es). Las

fuerzas ejercidas en una operación de barrenado cambian su efecto sobre la pieza de trabajo dependiendo del lugar específico de su superficie donde se realice, por lo que resulta muy útil conocer las dimensiones totales de la pieza y sus características geométricas para ubicar un punto de referencia que seccione su superficie a partir de la coordenada (0,0,0).

Otra variable a considerar debe ser la profundidad de corte que tendrá la herramienta de corte sobre la pieza de trabajo pues puede tratarse de barrenos pasantes o ciegos, lo que representa cambios en la estructura y forma física de la plantilla. En la figura 2 se ilustra esta diferencia:

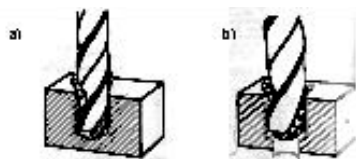


Figura 2. a) Barreno ciego.
b) Barreno pasante.

En una forma más específica de la metodología de diseño de plantillas, encontramos tres movimientos de translación y tres de rotación, tanto positivos como negativos tal como se estableció en la figura 1. El primer paso será establecer la característica de la pieza en lo que respecta a su forma, tipo de material y dimensiones, independientemente de las operaciones de maquinado a las que será sometida. El dato primario se refiere a las dimensiones generales de la pieza, que será el elemento base para la plantilla y generará el "tooling plate" o base de la plantilla, el cual controla el movimiento a lo largo de una dirección del eje Z, y también la rotación en los ejes X y Y, como se ilustra en la figura 3.

Una vez que se establecieron las dimensiones y las características de la base, es necesario detectar que otras características de la pieza de trabajo pueden ser consideradas,



Figura 3. Base de la plantilla (tooling plate).

ya sea para una pieza nueva o para una pieza pre maquinada. En el caso de las piezas pre maquinadas será posible detectar datos secundarios o terciarios de los cuales deben conocerse especificaciones y usos, para establecer la forma de referencia.

A lo largo de todo el proceso de diseño, es necesario considerar los datos referentes a la pieza, tales como:

- Tamaño y forma de la pieza.
- Tipo de material.
- Operaciones de maquinado.
- Grado de exactitud requerido.
- Numero de unidades a producir.
- Superficies de localización y sujeción.

El plan de producción de la pieza y otros factores que varían acordes a las necesidades de cada fabricante. Considerando importantes los siguientes puntos:

- Tipo y tamaño de la máquina herramienta para cada operación.
- Tipo y tamaño de los cortadores para cada operación.
- Secuencia de operaciones.
- Premaquinados realizados a la pieza.
- Tiempo disponible.
- Dinero disponible.

Algoritmo del Programa de Diseño de Plantillas

Con base en lo anterior, resulta necesario estructurar la metodología de tal manera que se consideren todos los aspectos necesarios que ayuden a establecer las características de diseño y de manufactura necesarias para el diseño de la plantilla requerida, además del establecimiento de la

secuencia de pasos a seguir para el desarrollo del programa de diseño asistido por computadora.

La secuencia de pasos a seguir debe ser muy específica y considerar todos los aspectos necesarios desde lo referente al tipo de máquina empleada y sus características, la selección del tipo de material del que está hecha la pieza de trabajo, las dimensiones y el establecimiento de las operaciones de maquinado.

Es necesario establecer que con el fin de contar con una validación de los resultados a obtener con desarrollo del programa propuesto, se considera como área de aplicación a la máquina fresadora DYNA MYTE 1007 de CNC, que conforma parte del Sistema Flexible de Manufactura (FMS) del CIM 2000 del ITP. Se ha diseñado el programa propuesto con base en los requerimientos de operación establecidos respectivamente para dicha máquina. En la figura 4 se observa a dicha máquina.

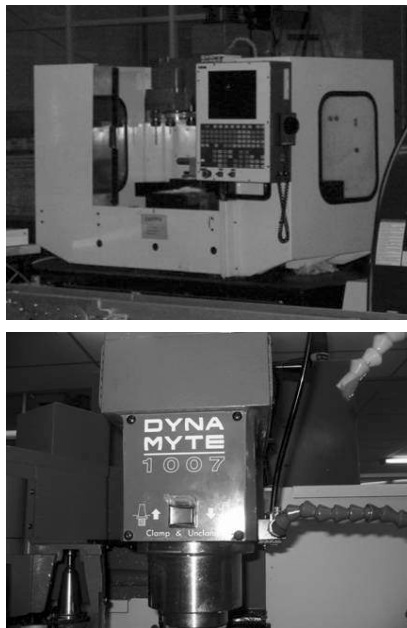


Figura 4. Máquina fresadora DYNA MYTE 1007. CIM del ITP.

Las piezas de trabajo se limitarán únicamente a forma prismática, bajo consideraciones de producción con base en los registros

históricos de producción del CIM 2000. El tipo de piezas que se emplean principalmente en la operación de la máquina DYNA son piezas prismáticas de 77mm×50mm×20mm y los materiales más comúnmente empleados en las prácticas de maquinado y sus procesos son de materiales como el aluminio, el nylacero y la madera.

Es posible establecer un algoritmo de diseño bajo las condiciones descritas con anterioridad, estructurándolo como se observa en la figura 5 siguiente:

- Dimensiones de la pieza de trabajo: largo(X)=Lp, ancho(Y)=Ap y espesor(Z)=Ep.
- Tipo de material (aluminio, madera o nylacero).
- Operaciones de maquinado (se considera en este caso barrenado).
- El número de operaciones de maquinado y sus características.

Aplicación del algoritmo del Programa de Diseño de Plantillas

Un ejemplo central para el desarrollo del programa es el de realizar el proceso de barrenado en

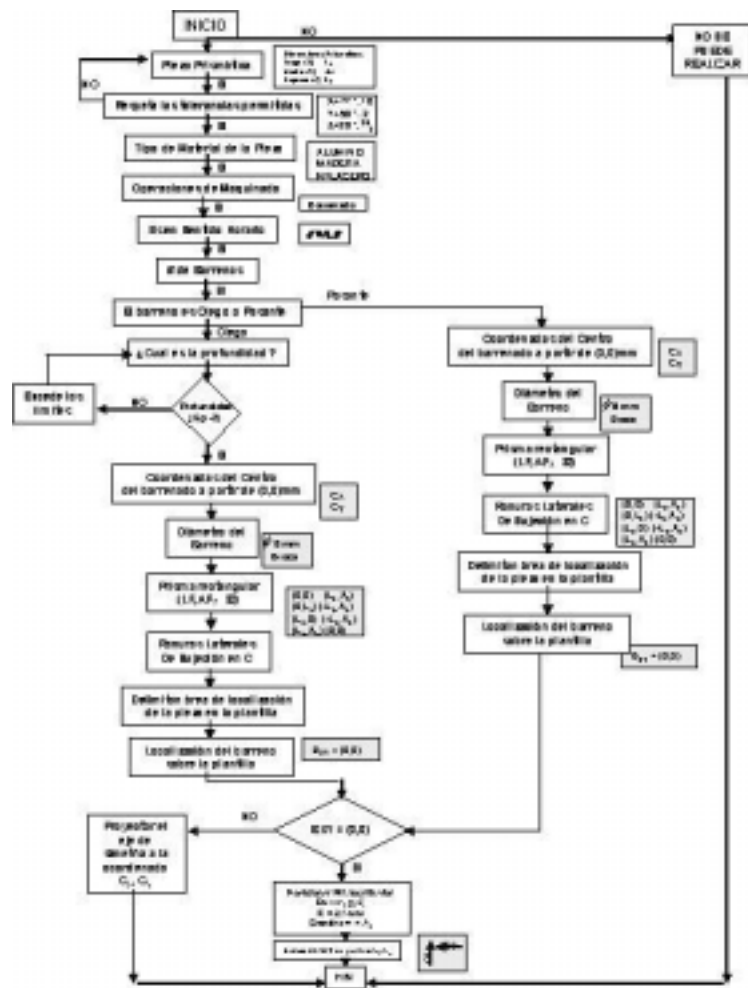


Figura 5. Diagrama de flujo general para el diseño de plantillas.

En el diagrama de flujo considera los requerimientos de producción del área de aplicación y se establecen como datos de entrada principales:

una pieza de trabajo, para el caso de un barreno en el centro de la pieza. El primer paso es el de considerar las dimensiones de la pieza prismática, mediante

los datos X, Y y Z, cuya nomenclatura se establece a continuación:

Largo de la pieza (X) = L_p

Ancho de la pieza (Y) = A_p

Espesor de la Pieza (Z) = E_p

Las Dimensiones de la pieza, tienen ciertas tolerancias que deben ser consideradas: $L_p=77\pm10$, $A_p=50\pm2$ y $E_p=20\pm2$.

Si las dimensiones exceden los límites permitidos, deben ingresar datos nuevamente; si no, es posible continuar el proceso y se establecerá la base de la plantilla (tooling plate) con los datos de transferencia de dimensiones de la pieza a la plantilla, mediante la nomenclatura:

Largo de la plantilla (X) = L_F

Ancho de la plantilla (Y) = A_F

Espesor de los localizadores = A_L

donde $A_L = E_p - (E_p / 2)$.

Al transferir las dimensiones a la plantilla se deberá considerar la formación de un prisma empleando las coordenadas:

$(0,0);(0,L_F/2);(L_F/2,0);(L_F/2,A_F/2);(L_F/2,A_F/2);(-L_F/2,A_F/2);(-L_F/2,0);(0,0)$ y un espesor de la plantilla de 30 mm, dado por la coordenada $Z=-30$.

El programa ya considera los límites establecidos por la máquina para la sujeción y el montaje de la plantilla, mediante ranuras laterales, que se establecerán desde el inicio. De igual manera, se considera la localización de la pieza de trabajo sobre la plantilla, que es necesario para la localización de los soportes y para lo cual se consideran coordenadas de transferencia, mediante las fórmulas siguientes:

$D=[(L_F/2)-(L_p/2),(A_F/2)-(A_p/2)]=(X,Y,Z)$

$C=[(L_F/2)-(L_p/2),(A_F/2)+(A_p/2)]=(X,Y,Z)$

$B=[(L_F/2)+(L_p/2),(A_F/2)+(A_p/2)]=(X,Y,Z)$

$A=[(L_F/2)+(L_p/2),(A_F/2)-(A_p/2)]=(X,Y,Z)$

donde $Z=0$ y D representa la coordenada $(0,0,0)$.

Una vez que se realizó esto, entonces se establece en la plantilla la coordenada del barreno con los datos que inicialmente se refieren a las operaciones de maquinado, en este caso se ingresan los datos de entrada de las coordenadas del centro del barreno en (X, Y), con la nomenclatura C_x y C_y . También se consideran los aspectos referentes al sentido horario o antihorario de la operación, al igual de si se trata de un barreno pasante o un barreno ciego, donde se pide la profundidad y existen límites permisibles de perforación de la pieza.

Para establecer la localización del centro del barreno se considera lo siguiente:

$B_{xy} = [(L_F/2)-(L_p/2)+(C_x)(A_F/2)-(A_p/2)+(C_y)] = (x,y,0)$

y si $B_{xy} = (L_F/2),(A_F/2)$, el barreno es el centro de la pieza, y pasa por sus ejes de simetría, por lo que es posible contrarrestar las fuerzas ejercidas por la herramienta al establecer los localizadores en las coordenadas dadas por:

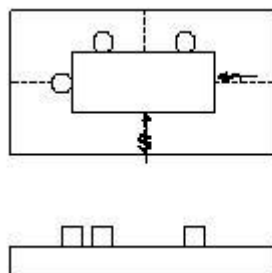
Localizador 1 = $[(L_F/2)-(L_p/2)-(2.5),(A_F/2)]$

Localizador 2 = $[(L_F/2)-(L_p/4),(A_F/2)+(A_p/2)+(2.5)]$

Localizador 3 = $[(L_F/2)+(L_p/4),(A_F/2)+(A_p/2)+(2.5)]$

y para todos se considera un radio de 2.5 mm y extruir en $Z = +A_L$.

Para este ejemplo (ver figura 6) es necesario indicar CLAMP en las superficies opuestas a los localizadores, lo que será posible con las coordenadas que ubican la simetría de la pieza y de la plantilla, a partir del centro.



Coordenadas en X:

$C1=[(L_F/2)+(L_p/2),(A_F/2)]$

$C2=[(L_F/2)-(L_p/2),(A_F/2)]$

Coordenadas en Y:

$C3=[(L_F/2),(A_F/2)+(A_p/2)]$

$C4=[(L_F/2),(A_F/2)-(A_p/2)]$

En la figura 6 se ilustra este ejemplo: (colocar figura 6)

Conclusiones

El diseño de plantillas depende de un gran número de factores que deben ser considerados y es necesario tratar de desarrollar todas las posibles conexiones que generen el diseño final de una plantilla. La entrada de los datos es un factor importante en el diseño de la plantilla por lo que debe ser en forma clara y amigable al usuario, por lo que se considera el empleo de cuadros de diálogo, de ser posible en dos secciones, la primera en lo que respecta a la forma y dimensiones de la pieza y la segunda a los procesos a los que será sometida.

La presentación de resultados será mediante una interfaz grafica CAD, programada en AutoLISP, lo que permitirá enriquecer y retroalimentar constantemente el programa. La funcionalidad de la propuesta es evaluada mediante pruebas piloto que se han realizado en el laboratorio de manufactura del Instituto Tecnológico de Puebla CIM 2000.

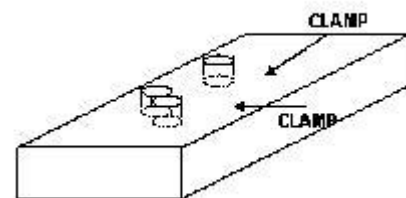


Figura 6. Ejemplo de diseño de plantilla (Drill fixture).

Bibliografía

- Boon, G.K & A.Mercado. *Automatización Flexible en la Industria*. Ed. LIMUSA Noriega. México. 1991.
- Boothroyd, Geoffrey. *Fundamentos del corte de metales y de maquinas-herramienta*. Ed. Mc Graw Hill. México. 1978.
- Boyes, William E. *Jigs, Fixture & Gages for limited production*. Society of Manufacturing Engineers. Dearborn, Michigan. 1986.
- Brost, Randy C. & Ralph R. Peters. *Automatic Design of 3-d Fixtures and Assembly Pallets*. Sandia National Laboratories. Albuquerque, NM. 87185-5800.1
- Campbell, Robert G. *Integrated Product Design and Manufacturing Using Geometric Dimensioning And Tolerancing*. Marcel Dekker Incorporated. New York, Ny, USA. 2002.
- Debarr,A.E. “Automatically Controlled Machine Tools”, *Charatered Mech. Engr.*, vol. 20,no. 1,1973.
- Drozada, J. Thomas. *Jigs and Fixture*. Society of Manufacturing Engineers. Dearborn, Michigan. 1989.
- Escalona, Iván. *Diseño y manufactura asistidos por computadora–Introducción al CNC*. Depto. de Ingeniería Industrial, UPIICSA–Instituto Politécnico Nacional. México. 2004.
- Feirer, John L. *Maquinado de metales con máquinas-herramientas*. Principios y practica. Ed. CECSA. México. 2000
- Fortet, Ramón G. *Máquinas-Herramientas Modernas*. Ed. DOSSAT. Madrid, España. 1981.
- Gerling, Heinrich. *Alrededor de las máquinas herramientas*. Ed. Reverté. Madrid, España. 1972.
- Goldenberg, Joseph & James V. Valentino. *Introduction to Computer Numerical Control*. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey, 07458.
- Hoffman, Edward G. *Jig and Fixture Design*. Delmar Publishers. 1991.

