



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 21 AGOSTO DE 2009

“DESARROLLO TECNOLÓGICO EN LA HISTORIA DE LA HUMANIDAD: INVENTORES E INVENTOS. WHITNEY Y LA FRESADORA”

AUTORÍA FRANCISCO M. PORCEL GRANADOS
TEMÁTICA TECNOLOGÍA
ETAPA E. SECUNDARIA

Resumen

Eli Whitney fue el inventor de la Fresadora Universal. Dicho invento ha supuesto un gran avance tecnológico para la humanidad, concretamente en el campo de la producción industrial. Dicho avance supone una mejora en la adaptación del ser humano al medio en el que se desarrolla.

Palabras clave

- Eli Whitney
- Fresadora

1. EL INVENTOR:

Eli Whitney (8 de diciembre de 1765 - 8 de enero de 1825) fue un inventor y fabricante estadounidense. Inventó la máquina para desgranar el algodón en 1793. Esta máquina era una unidad mecánica que separaba las semillas del algodón, lo que hasta entonces era un trabajo muy pesado, por la escasa participación humana.

La mayor contribución de Whitney para la industria norteamericana fue el desarrollo e implementación del sistema de fabricación y la línea de montaje. Fue el primero en usarla en la producción de mosquetes para el gobierno de los Estados Unidos. Para ello se valió de máquinas auxiliares (fresadoras) que permitían la fabricación de diferentes partes de dicho mosquete.

Después de la independencia de Estados Unidos, había una gran demanda de mosquetes en esa nación, y la independencia hizo posible producir bienes manufacturados. Eli Whitney encontró



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 21 AGOSTO DE 2009

patrocinadores para respaldar el concepto de partes intercambiables de producción en la fabricación de mosquetes. Sin embargo, sus patrocinadores se impacientaron mucho cuando, después de que había pasado un tiempo considerable y haber gastado mucho dinero, se enteraron de que todavía estaba haciendo herramientas para fabricar partes. A la larga, no obstante, sus esfuerzos lograron producir partes intercambiables y económicas en grandes cantidades. El concepto de producir un conjunto de troqueles para fabricar un millón de partes, que ya es aceptado hoy día, no se entendía bien en esa época.

El invento de Whitney de la despepitadora de algodón tipifica muchos avances mecánicos sumamente importantes de la época, pero hay pocas dudas de que su concepto de crear herramientas para producir partes intercambiables fue la mayor innovación de ese período.

Los conceptos de Whitney fueron explotados más adelante por Henry Ford y otros en la industria.

2. EL INVENTO:

Se denomina **fresadora universal** a una máquina-herramienta utilizada para realizar diferentes mecanizados por arranque de viruta en piezas de forma prismática. Este tipo de máquinas se caracteriza por trabajar en el espacio mediante el movimiento adecuado de la mesa donde se fijan las piezas que deben ser mecanizadas. Esta mesa puede desplazarse a lo largo de tres movimientos diferentes: Longitudinal, transversal y vertical.

- **Movimiento longitudinal** : Denominado X, que corresponde generalmente al movimiento de trabajo. Para facilitar la sujeción de las piezas la mesa está dotada de unas ranuras en forma de T para permitir la fijación de mordazas u otros elementos de sujeción de las piezas y además puede inclinarse para el tallado de ángulos. Esta mesa avanza de forma automática de acuerdo con las condiciones de corte que permita el mecanizado.
- **Movimiento transversal**: Denominado Y, que corresponde al desplazamiento transversal de la mesa de trabajo. Se utiliza básicamente para posicionar la herramienta de fresar en la posición correcta.
- **Movimiento vertical**: Denominado eje Z que corresponde al desplazamiento vertical de la mesa de trabajo. Con el desplazamiento de este eje se establece la profundidad de corte del fresado.

Para realizar los diferentes mecanizados que pueden hacerse es necesario acoplar al cabezal de la máquina los accesorios y herramientas adecuadas, las herramientas de fresar se denominan generalmente fresas y existen varios modelos de fresas de acuerdo al tipo de fresado que se quiera realizar.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 21 AGOSTO DE 2009

Las fresas tienen un movimiento rotatorio impulsado por el motor principal de la máquina y que se regula mediante una caja de velocidades para adecuar la velocidad de giro de la fresa a la velocidad de corte adecuada a la que debe realizarse el mecanizado.

La mesa de trabajo se puede desplazar de forma manual o automática con avances de trabajo o avances rápidos. Para ello cuenta con una caja de avances expresado de mm/minuto donde es posible seleccionar el avance de trabajo adecuado de acuerdo con las condiciones tecnológicas del mecanizado.

Las fresadoras universales modernas cuentan con dispositivos electrónicos donde se visualizan las posiciones de las herramientas y así se facilita mejor la lectura de cotas en sus desplazamientos. Asimismo a muchas fresadoras se les incorpora un sistema de control numérico por computadora (CNC) que permite automatizar su trabajo. También pueden incorporar un mecanismo de copiado para diferentes perfiles de mecanizado.

Desde su invención en 1818 la fresadora universal se ha convertido en una máquina básica en el proceso industrial de mecanizado.

La primera máquina de fresar que se construyó data de 1818 y fue diseñada por el americano Eli Whitney, con el fin de aligerar la construcción de fusiles en la ciudad de Connecticut (USA). Esta máquina se conserva en el *Mechanical Engineering Museum* de Yale.

Hacia 1830, *Gay & Silver* construyeron una fresadora que incorporaba el mecanismo de regulación vertical y un soporte para el husillo portaherramientas.

En 1848 el ingeniero americano F. W. Howe diseñó para la empresa *Robbins & Lawrence* fabricó la primera fresadora universal que incorporaba un dispositivo de copiado de perfiles. Por esas mismas fechas se dio a conocer la fresadora conocida como Lincoln, que incorporaba un carnero cilíndrico, regulable en sentido vertical.

Hacia mediados del siglo XIX, se inició la construcción de fresadoras verticales, concretamente en el museo *Conservatoire National des Arts et Metiers* de París, se conserva una fresadora vertical construida en 1857.

La primera fresadora universal equipada con plato divisor que permitía la fabricación de engranajes rectos y helicoidales fue fabricada por *Brown & Sharpe* en 1853 por iniciativa y a instancias de Frederick W. Howe y fue presentada en la Exposición Universal de París de 1867

En 1884 la empresa americana *Cincinnati* construye una fresadora universal que incorpora un carnero cilíndrico posicionado axialmente.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 21 AGOSTO DE 2009

En 1894 el constructor francés de máquinas herramientas Pierre Philippe Huré, diseña un cabezal universal con el que se podían realizar diferentes mecanizados en diferentes posiciones de la herramienta. Cabezal que con ligeras modificaciones se utiliza actualmente siendo uno de los accesorios más usados de las fresadoras universales.

Principales características técnicas constructivas

- Tipo de guías prismáticas por donde se desliza la mesa de trabajo
- Calidad de los ejes y engranajes de la máquina
- Dispositivo de seguridad contra sobrecargas
- Eliminación de holguras en el husillo longitudinal
- Equipamiento electrónico de control que incorpore
- Gama de velocidades del eje portafresas
- Potencia de los motores que tiene cada máquina
- Superficie de la mesa de trabajo
- Angulo de giro de la mesa
- Recorrido longitudinal de la mesa
- Recorrido transversal
- Recorrido vertical
- Distancia del eje al carnero
- Gama de avances de trabajo
- Peso de la máquina

Accesorios principales

- Eje porta-fresas. (16-22-27-32-40 mm)
- Equipo completo de refrigeración
- Cabezal multiangular
- Divisor universal con contrapunto y juego de engranes
- Plato universal de 3 garras con contraplato
- Aparato de mortajar giratorio
- Mesa circular divisora
- Mordaza giratoria graduada
- Mordaza hidráulica
- Cabezal de mandrinar
- Ejes porta-fresas largos
- Ejes porta-fresas cortos
- Eje porta-pinzas y juego de pinzas
- Visualización digital de cotas



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 21 AGOSTO DE 2009

Operaciones de fresado

Con el uso creciente de las fresadoras de control numérico están aumentando las operaciones de fresado que se pueden realizar con este tipo de máquinas, siendo así que el fresado se ha convertido en un método polivalente de mecanizado. El desarrollo de las herramientas ha contribuido también a crear nuevas posibilidades de fresado además de incrementar de forma considerable la productividad, la calidad y exactitud de las operaciones realizadas.

El fresado consiste principalmente en el corte del material que se mecaniza con una herramienta rotativa de varios filos, que se llaman dientes, labios o plaquitas de metal duro, que ejecuta movimientos de avance programados de la mesa de trabajo en casi cualquier dirección de los tres ejes posibles en los que se puede desplazar la mesa donde va fijada la pieza que se mecaniza.

Las herramientas de fresar se caracterizan por su diámetro exterior, el número de dientes, el paso de los dientes (distancia entre dos dientes consecutivos) y el sistema de fijación de la fresa en la máquina.

En las fresadoras universales utilizando los accesorios adecuados o en las fresadoras de control numérico se puede realizar la siguiente relación de fresados:

- **Planeado.** La aplicación más frecuente de fresado es el planeado, que tiene por objetivo conseguir superficies planas. Para el planeado se utilizan generalmente fresas de planear de plaquitas intercambiables de metal duro, existiendo una gama muy variada de diámetros de estas fresas y del número de plaquitas que monta cada fresa. Los fabricantes de plaquitas recomiendan como primera opción el uso de plaquitas redondas o con ángulos de 45° como alternativa.
- **Fresado en escuadra.** El fresado en escuadra es una variante del planeado que consiste en dejar escalones perpendiculares en la pieza que se mecaniza. Para ello se utilizan plaquitas cuadradas o rómbicas situadas en el portaherramientas de forma adecuada.
- **Cubicaje.** La operación de cubicaje es muy común en fresadoras verticales u horizontales y consiste en preparar los tarugos de metal u otro material como mármol o granito en las dimensiones cúbicas adecuadas para operaciones posteriores. Este fresado también se realiza con fresas de planear de plaquitas intercambiables.
- **Corte.** Una de las operaciones iniciales de mecanizado que hay que realizar consiste muchas veces en cortar las piezas a la longitud determinada partiendo de barras y perfiles comerciales de una longitud mayor. Para el corte industrial de piezas se utilizan indistintamente sierras de cinta o fresadoras equipadas con fresas cilíndricas de corte. Lo significativo de las fresas de corte es que pueden ser de acero rápido o de metal duro. Se caracterizan por ser muy delgadas (del orden de 3 mm aunque puede variar), tener un diámetro grande y un dentado muy fino. Se



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 21 AGOSTO DE 2009

utilizan fresas de disco relativamente poco espesor (de 0,5 a 6 mm) y hasta 300 mm de diámetro con las superficies laterales retranqueadas para evitar el rozamiento de estas con la pieza.

- **Ranurado recto.** Para el fresado de ranuras rectas se utilizan generalmente fresas cilíndricas con la anchura de la ranura y, a menudo, se montan varias fresas en el eje portafresas permitiendo aumentar la productividad de mecanizado. Al montaje de varias fresas cilíndricas se le denomina tren de fresas o fresas compuestas. Las fresas cilíndricas se caracterizan por tener tres aristas de corte: la frontal y las dos laterales. En la mayoría de aplicaciones se utilizan fresas de acero rápido ya que las de metal duro son muy caras y por lo tanto solo se emplean en producciones muy grandes.
- **Ranurado de forma.** Se utilizan fresas de la forma adecuada a la ranura, que puede ser en forma de T, de cola de milano, etc.
- **Ranurado de chaveteros.** Se utilizan fresas cilíndricas con mango, conocidas en el argot como *bailarinas*, con las que se puede avanzar el corte tanto en dirección perpendicular a su eje como paralela a este.
- **Copiado.** Para el fresado en copiado se utilizan fresas con plaquitas de perfil redondo a fin de poder realizar operaciones de mecanizado en orografías y perfiles de caras cambiantes. Existen dos tipos de fresas de copiar: las de perfil de media bola y las de canto redondo o tóricas.
- **Fresado de cavidades.** En este tipo de operaciones es recomendable realizar un taladro previo y a partir del mismo y con fresas adecuadas abordar el mecanizado de la cavidad teniendo en cuenta que los radios de la cavidad deben ser al menos un 15% superior al radio de la fresa.
- **Torno-fresado.** Este tipo de mecanizado utiliza la interpolación circular en fresadoras de control numérico y sirve tanto para el torneado de agujeros de precisión como para el torneado exterior. El proceso combina la rotación de la pieza y de la herramienta de fresar siendo posible conseguir una superficie de revolución. Esta superficie puede ser concéntrica respecto a la línea central de rotación de la pieza. Si se desplaza la fresa hacia arriba o hacia abajo coordinadamente con el giro de la pieza pueden obtenerse geometrías excéntricas, como el de una leva, o incluso el de un árbol de levas o un cigüeñal. Con el desplazamiento axial es posible alcanzar la longitud requerida.
- **Fresado de roscas.** El fresado de roscas requiere una fresadora capaz de realizar interpolación helicoidal simultánea en dos grados de libertad: la rotación de la pieza respecto al eje de la hélice de la rosca y la traslación de la pieza en la dirección de dicho eje. El perfil de los filos de corte de la fresa deben ser adecuados al tipo de rosca que se mecanice.
- **Fresado frontal.** Consiste en el fresado que se realiza con fresas helicoidales cilíndricas que atacan frontalmente la operación de fresado. En las fresadoras de control numérico se utilizan



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 21 AGOSTO DE 2009

cada vez más fresas de metal duro totalmente integrales que permiten trabajar a velocidades muy altas.

- **Fresado de engranajes.** El fresado de engranajes apenas se realiza ya en fresadoras universales mediante el plato divisor, sino que se hacen en máquinas especiales llamadas talladoras de engranajes y con el uso de fresas especiales del módulo de diente adecuado.
- **Taladrado, escariado y mandrinado.** Estas operaciones se realizan habitualmente en las fresadoras de control numérico dotadas de un almacén de herramientas y utilizando las herramientas adecuadas para cada caso.
- **Mortajado.** Consiste en mecanizar chaveteros en los agujeros, para lo cual se utilizan brochadoras o bien un accesorio especial que se acopla al cabezal de las fresadoras universales y transforma el movimiento de rotación en un movimiento vertical alternativo.
- **Fresado en rampa.** Es un tipo de fresado habitual en el mecanizado de moldes que se realiza con fresadoras copadoras o con fresadoras de control numérico.

Consideraciones generales para el fresado

Para que los trabajos de fresado se realicen en las mejores condiciones se han de cumplir una serie de requisitos. Se debe asegurar una buena rigidez de la máquina y que tenga la potencia suficiente para poder utilizar las herramientas más convenientes. Asimismo debe utilizarse el menor voladizo de la herramienta con el husillo que sea posible.

Respecto de las herramientas de fresar, hay que adecuar el número de dientes, labios o plaquitas de las fresas procurando que no haya demasiados filos trabajando simultáneamente. El diámetro de las fresas de planear debe ser el adecuado de acuerdo con la anchura de corte.

En los parámetros de corte hay que seleccionar el avance de trabajo por diente más adecuado de acuerdo con las características del mecanizado como el material de la pieza, las características de la fresa, la calidad y precisión requeridas para la pieza y la evacuación de la viruta. Siempre que sea posible, hay que realizar el fresado en concordancia y utilizar plaquitas de geometría positiva, es decir, con ángulo de desprendimiento positivo. Debe utilizarse refrigerante sólo si es necesario, pues el fresado se realiza en mejores condiciones sin refrigerante en la mayoría de las aplicaciones de las plaquitas de metal duro.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 21 AGOSTO DE 2009

Mecanizado rápido

El concepto de mecanizado rápido se refiere al que se produce en las modernas máquinas herramientas de control numérico equipadas con cabezales potentes y robustos que les permiten girar a muchos miles de revoluciones por minuto hasta del orden de 30.000 rpm, y avances de trabajo muy grandes cuando se trata del mecanizado de materiales blandos y con mucho vaciado de viruta tal y como ocurre en la fabricación de moldes o de grandes componentes de la industria aeronáutica. Los metales y aleaciones de fácil mecanización son los más adecuados para el concepto de mecanizado rápido.

Fresado en seco y con refrigerante

En la actualidad el fresado en seco de ciertos materiales es completamente viable cuando se utilizan herramientas de metal duro, por eso hay una tendencia reciente a efectuar los mecanizados en seco siempre que la calidad de la herramienta lo permita. La inquietud por la eficiencia en el uso de refrigerantes de corte se despertó durante los años 1990, cuando estudios realizados en empresas de fabricación de componentes para automoción en Alemania pusieron de relieve el coste elevado del ciclo de vida del refrigerante, especialmente en su reciclado.

Sin embargo, el mecanizado en seco no es adecuado para todas las aplicaciones, especialmente para taladrados, roscados y mandrinados para garantizar la evacuación de las virutas, especialmente si se utilizan fresas de acero rápido. Tampoco es recomendable fresar en seco materiales pastosos o demasiado blandos como el aluminio o el acero de bajo contenido en carbono ya que es muy probable que los filos de corte se embocen con el material que cortan, formándose un filo de aportación que causa imperfecciones en el acabado superficial, dispersiones en las medidas de la pieza e incluso roturas de los filos de corte. En el caso de mecanizar materiales poco dúctiles que tienden a formar viruta corta, como la fundición gris, la taladrina es beneficiosa como agente limpiador, evitando la formación de nubes tóxicas de aerosoles. La taladrina es imprescindible al fresar materiales abrasivos como el acero inoxidable.

En el fresado en seco la maquinaria debe estar preparada para absorber sin problemas el calor producido en la acción de corte. Para evitar excesos de temperatura por el sobrecalentamiento de husillos, herramientas y otros elementos, suelen incorporarse circuitos internos de refrigeración por aceite o aire.

Salvo excepciones, el fresado en seco se ha generalizado y ha servido para que las empresas se hayan cuestionado usar taladrina únicamente en las operaciones necesarias y con el caudal necesario. Es necesario evaluar con cuidado operaciones, materiales, piezas, exigencias de calidad y maquinaria para identificar los beneficios de eliminar el aporte de refrigerante.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 21 AGOSTO DE 2009

Gestión económica del fresado

Cuando los ingenieros diseñan una máquina, un equipo o un utensilio, lo hacen mediante el acoplamiento de una serie de componentes de materiales diferentes y que requieren procesos de mecanizado para conseguir las tolerancias de fabricación adecuadas.

La suma del coste de la materia prima de una pieza, el coste del proceso de mecanizado y el coste de las piezas fabricadas de forma defectuosa constituyen el coste total de una pieza.

Desde siempre el desarrollo tecnológico ha tenido como objetivo conseguir la máxima calidad posible de los componentes así como el precio más bajo posible tanto de la materia prima como de los costes de mecanizado.

Para reducir el coste de fresado y del mecanizado en general se ha actuado bajo las buenas prácticas de manufactura, en los siguientes frentes:

- Conseguir materiales cada vez mejor mecanizables, materiales que una vez mecanizados en blando son endurecidos mediante tratamientos térmicos que mejoran de forma muy sensible sus prestaciones mecánicas de dureza y resistencia principalmente.
- Conseguir herramientas de mecanizado de mejor calidad que permite aumentar de forma considerable las condiciones tecnológicas del mecanizado, tanto su velocidad de corte como el avance de trabajo sin que se deterioren los filos de corte de las herramientas.
- Construir fresadoras más robustas, rápidas y precisas que consigan reducir sensiblemente el tiempo de mecanizado así como conseguir piezas de mayor calidad y tolerancias más estrechas.
- Ajustar los parámetros de corte a valores óptimos de productividad, incluyendo movimientos y cortes de entrada.

Para disminuir el índice de piezas defectuosas se ha conseguido automatizar al máximo el trabajo de las fresadoras, disminuyendo drásticamente el fresado manual, y construyendo fresadoras automáticas muy sofisticadas o fresadoras guiadas por ordenador que ejecutan un mecanizado de acuerdo a un programa establecido previamente.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 21 AGOSTO DE 2009

3. BIBLIOGRAFÍA.

- V.V.A.A. (2006). *Enciclopedia universal Larousse*. Barcelona: edit. Larousse.
- Norell, Elisabeth. (1999). *Los más grandes científicos e inventores*. Madrid: ediciones rueda.
- Cruz, Celso. (1943). *Los grandes inventores (Cadmo, Gutenberg, Galileo, Fulton, Stephenson, Morse, Montgolfier, Franklin, Daguerre, Watt, Volta, Grahah Bell, Edison, Marconi, Roentgen, Tellier, Diesel, Lumiere, Otros Inventores)*. Buenos aires: atlántida.
- Llano, Alberto. (1948). *Los heroes del progreso. Inventores e inventos*. Barcelona: ed. Seix barral.
- R. Rovira. (1947). *Los grandes inventores modernos*. Barcelona: editorial difusion 2ª edic
- Sprague de Camp (L.). (1967). *Grandes inventos y grandes inventores*. Buenos aires: editorial hobbs.
- V.V.A.A. (1983). *Inventos que cambiaron el mundo. El genio práctico del hombre a través de los tiempos*. Madrid: selecciones reader's digest.
- Giménez, Manuel. (1989). *Grandes inventos y sus creadores*. Barcelona: edicomunicación.
- Davies, Eryl. (1996). *Inventos*. Madrid: tiempo -gr. Enc.bols.
- Morales, Juan José. (1977). *Ciencia realidad o imaginación. Hallazgos e inventos que desafían a la imaginación*. Argentina: ed. Dronte.

Autoría

- Nombre y Apellidos: Francisco M. Porcel Granados
- Centro, localidad, provincia: Málaga
- E-mail: fmporcel00@gmail.com