

# Jornadas Tecnológicas de la Máquina-Herramienta - 2011

## Programa

**(Lugar de celebración:  
IMH – Instituto de Máquina-Herramienta)**

Fecha: 24 de junio de 2011

Versión: 0

**Fecha: 13 de julio de 2011**

**Hora: 15,00 h.**

## **Jornada A - Procesos de acabado y deformación**

### **A.1 Desarrollo de la tecnología de pulido láser sobre moldes y matrices (ALPINE).**

*El proyecto de ALPINE está configurado en dos pilares. Por un lado ALPINE ha desarrollado la tecnología de pulido láser 3D incluyendo el desarrollo de estrategias de pulido óptimas. Por otro lado, se ha desarrollado un modelo de predicción de este proceso, basado en el estudio profundo de los fundamentos de pulido láser. El resultado es que se ha desarrollado una herramienta numérica para la determinación de los parámetros del proceso de pulido. De forma más genérica, se ha desarrollado una aplicación denominada LATHERM, en la que se puede modelizar el campo térmico resultante en un proceso Laser. Esta aplicación está cerca de ser un producto industrial.*

**Participantes:** Batz, Maier, Matrici, Tecnalía, Universidad del País Vasco (UPV-EHU).

**Palabras clave:** Pulido láser modelización térmica, moldes, matrices

---

### **A.2 Optimización de la recomendación de muelas abrasivas durante el rectificado.**

*Este proyecto se centra en la determinación de una metodología que permita establecer el comportamiento de las muelas rectificadoras durante el proceso de rectificado, definiendo, así mismo, reglas y criterios que permitan la recomendación de una muela óptima de trabajo para un proceso determinado. Estas reglas sirven de base para la creación de un software de selección de muela abrasiva, basado tanto en el conocimiento adquirido por parte de los usuarios de este tipo de procesos abrasivos así como en el estudio científico-tecnológico de todas las variables que intervienen en los mismos.*

*La metodología desarrollada permite conocer la evolución del comportamiento de cualquier muela abrasiva para cualquier tipo de aplicación, lo que permitirá la optimización de los ciclos de diamantado y la comparación entre diferentes muelas para una misma aplicación, pudiendo realizar la recomendación óptima bajo parámetros científico-tecnológicos, tales como las fuerzas de corte generadas, rugosidad obtenida sobre la pieza, variaciones en la microestructura de la pieza, desgaste radial de la pieza, porcentaje de áreas de "wear flat" en los granos abrasivos, etc.*

*Por último, el software de recomendación óptima de muela abrasiva provee al usuario de la capacidad de definir totalmente cualquier tipo de aplicación, de forma que la recomendación final de muela abrasiva esté adaptada a sus necesidades.*

**Participantes:** Fagor Automation, GER, Grupo Manhattan, Mondragon Unibertsitatea (MU).

**Palabras clave:** Muela abrasiva, Rendimiento, Desgaste, Diamantado, Rectificado.

---

### **A.3 Self-Learning Sheet metalforming system (LEARNFORM).**

*The self-learning sheet metalforming system aims at an innovative deep drawing process with integrated multi sensors and actuators for adapting the control system strategy to changed material properties and product variants.*

*The concept of the project LearnForm consists of the following main ideas:*

- *The key idea is to develop a self-learning sheet metalforming system which is based on energy control.*
- *Intelligent dies will include forming process multi-sensors in order to give automatic information about local forces and feed rates to a condition-monitoring system. This will help to identify local changes in the forming process.*
- *An open architecture motion control system adapts the parameters for the forming position, speed and the die gap control according to the identified process changes and product variants and the optimal die gap model.*
- *Multiple die cushion axes will act with adaptronic force oscillation on the clamping forces between the sheet metal and the die in order to prevent a stick slip effect, a force overload, fissures or folds.*

**Participantes:** *Cedrat, CIE Automotive, CTU Prague, Eras, Fraunhofer IWU, Gorenje, Siemens, Tecniaia.*

**Palabras clave:** *Sheet metalforming, self-learning, energy control, intelligent die.*

---

### **A.4 Innovative Manufacturing of complex Ti sheet components (INMA).**

*The INMA project aims at developing an intelligent knowledge-based (KB) flexible manufacturing technology for titanium shaping that will lead to drastically reduce current aircraft development costs incurred by the fabrication of complex titanium sheet components with a minimal environmental impact. In particular, this project aims at strengthening European aircraft industry competitiveness, by transforming the current non-flexible and cost intensive forming processes into a rapid and agile manufacturing process. This brand new technology, based on Asymmetric incremental sheet forming (AISF), will transform the way many titanium sheet aeronautical components such as after pylon fairings, fan blades, exhaust ducts or air collectors are manufactured today. The innovative, cost-efficient and ecological forming technology to shape complex geometries in titanium that will contribute to strengthen the European aircraft industry competitiveness meeting society's needs.*

*Currently, aircraft industry uses complicated and cost intensive forming processes to shape complex Ti sheet components, such as deep drawing, hot forming, super plastic forming (SPF) and hydroforming. In some cases parts are even obtained by hand working. These techniques show severe drawbacks which include high costs, long industrialisation phases and high energy consumption rates. On the contrary, main features of the innovative AISF technology to be developed will be an increased flexibility, cost reduction, minimised energy consumption and a speed up in the industrialisation phase.*

**Participantes:** *Airbus Operations SAS, Denn, EADS Innovation Works G, Rheinisch-Westfaelische Technische Hochschule Aachen (RWTH-IBF), Sprzetu Wytworonia Komunikacyjnego PZL-Rzeszow (WSKRZ), Tecniaia, The European Aeronautics Science Network Association (EASN) The University of Liverpool, TWI Ltd, University of Patras/LTSM, Vyzkumny A Zkusebni Letecky Ustav (VZLU).*

**Palabras clave:** *Titanium, asymmetric incremental sheet forming, knowledge-based and flexible manufacturing, lean heating, cost-efficiency, green production.*

---

## **A.5 Optimización de procesos de rectificado a partir de la aplicación de la simulación del proceso.**

*La simulación matemática del proceso de rectificado permite conocer en profundidad los principios fundamentales que gobiernan el proceso y la influencia de los parámetros de trabajo y características de máquina el resultado del mismo. La aplicación de este conocimiento, a través de los modelos desarrollados, en fases de puesta a punto de procesos u optimización del mismo, permite alcanzar reducciones significativas en el tiempo de ciclo, sin pérdida de la calidad de pieza, a través de la programación de ciclos alternativos a los convencionales.*

**Participantes:** *Danobat, Estarta, Ideko-Ik4.*

**Palabras clave:** *Rectificado, simulación, optimización.*



06 de octubre de 2011

Hora: 15,00 h.

## **Jornada B - Procesos de mecanizado**

### **B.1 Mecanizado de fundiciones ADI, aplicaciones a fresado, roscado y torneado.**

*Las fundiciones ADI se conocen desde hace 20 años, pero se encuentran en la actualidad en proceso de introducción en numerosos sectores, como es automoción, eólica, y otros. Como suele suceder en el caso de fundiciones, se trata de trabajar en el material, diseño y técnicas de procesado, como es el caso del mecanizado. Existen varios grados ADI, desde 800 a 1400 MPa, con muy diferente problemática. En esta presentación se tratarán de definir las formas de trabajo en este tipo de fundiciones, y los principales logros alcanzados. La idea es generar una cultura de trabajo con este tipo de fundiciones, que puede llevar a un salto cualitativo en diseño de piezas fundidas.*

**Participantes:** Metal Estalki, Tecnalía y Universidad del País Vasco (UPV/EHU).

**Palabras clave:** ADI, roscado, fresado.

---

### **B.2 Caracterización y Monitorización del desgaste de brocas recubiertas con Al-Ti-N, Al-Cr-N, Al-Ti-Si-N, Al-Cr-Si-N en el taladrado de Inconel 718.**

*El objetivo de este proyecto es caracterizar y monitorizar el comportamiento frente al desgaste de brocas de metal duro recubiertas con distintos recubrimientos durante el taladrado de estas aleaciones. Para el monitorizado del desgaste, se han medido 1) las fuerzas (fuerza axial o de empuje y las fuerzas radiales) y el par de corte durante la operación de taladrado y 2) el desgaste y el pegado de material de pieza por medio de un microscopio óptico tras el mecanizado de diferentes agujeros. El análisis de las señales de fuerza y par permite extraer los rasgos característicos de dichas señales más sensibles a los fenómenos de desgaste detectados en la broca. Del análisis y caracterización del desgaste de las brocas, se puede concluir que estos fenómenos de desgaste son: a) la adhesión, mediante la cual el material de la pieza se adhiere y despega alternativamente de forma que, al producirse el despegue, la viruta arranca trozos de filo principal (chipping) y b) la abrasión progresiva del filo transversal. De las señales registradas, la fuerza de empuje es la señal que más fielmente recoge los cambios en el proceso. Se ha observado que su valor medio crece de manera progresiva, con pendiente ligeramente decreciente, para todas las brocas consideradas hasta que el proceso se sale de control. Este momento se caracteriza por un fuerte incremento del valor medio y de la dispersión en la fuerza. Este cambio marca las diferencias de comportamiento de los recubrimientos considerados en este proyecto. Las diferencias entre los recubrimientos que mejor se comportan AlTiN y AlTiSiN y los otros dos restantes AlCrN y AlCrSiN se ponen también de manifiesto en el espectro en frecuencia. Por tanto se puede afirmar que el valor medio de la fuerza de empuje, su dispersión y su espectro en frecuencia constituyen tres indicadores adecuados para el posible monitorizado del proceso y detección del momento en el que éste se sale de control.*

**Participantes:** CEIT, Tecnum

**Palabras clave:** Inconel 718, Monitorizado de desgaste, Taladrado.

---

### **B.3 Modelización de la topografía superficial en fresado teniendo en cuenta la excentricidad radial y las vibraciones de la herramienta.**

*El fresado es una operación de mecanizado ampliamente empleada en la industria y debido al incremento en las exigencias de calidad de las superficies fresadas, el desarrollo de modelos para la predicción de la topografía superficial ha tenido un creciente interés en los últimos años. Uno de los factores que influye de manera significativa en la topografía de las superficies fresadas es la excentricidad radial de la fresa y la presencia de vibraciones durante el proceso de corte.*

*En esta línea de trabajo se han desarrollado diferentes modelos para la predicción de la topografía superficial en operaciones de fresado tales como fresado periférico, fresado con fresa de punta esférica y fresado frontal de superficies planas. En el desarrollo de dichos modelos se ha incluido el efecto de la excentricidad radial y las vibraciones de la herramienta. Los modelos desarrollados simplifican de manera significativa la predicción de la topografía superficial, de la rugosidad y de los errores de forma con respecto a otros modelos de la bibliografía. La validación experimental de los modelos ha mostrado una buena correspondencia con las predicciones.*

**Participantes:** Tecnum – Universidad de Navarra y Universidad del País Vasco (UPV/EHU).

**Palabras clave:** Modelización, topografía, fresado, excentricidad radial, vibraciones.

---

### **B.4 Mecanizado de aleaciones de Titanio empleadas en Aeronáutica.**

*Hasta el momento, el grupo de Mecanizado de Alto Rendimiento de la Universidad de Mondragon ha trabajado con las siguientes aleaciones: Ti6Al4V, Ti54 M, Ti10.2.3, Ti17 y Ti555.3. Las dos primeras pertenecen al grupo de aleaciones  $\alpha+\beta$ , siendo la primera la aleación más utilizada a nivel mundial. Su maquinabilidad ha sido analizada por varios autores aunque no existe una conclusión general acerca de las causas de su dificultad en el mecanizado. La Ti54M es una aleación  $\alpha+\beta$  con maquinabilidad mejorada con respecto a la Ti6Al4V. Las tres siguientes aleaciones son del tipo near  $\beta$ .*

*Para realizar análisis de maquinabilidad rigurosos, el primer aspecto a considerar es emplear una metodología bien definida. Por ello y en primer lugar, se deben analizar los parámetros de entrada de los ensayos, en este caso, las herramientas que se pretenden emplear, midiendo los radios de las herramientas y las aristas de corte, y el material a analizar, analizando la microestructura de la pieza y la dureza de la misma.*

*La metodología de ejecución de los ensayos ha sido desarrollada siguiendo las directrices marcadas por la norma ISO 3685. En ella se detallan los límites de desgaste establecidos en la cara de incidencia de forma que si alguno de estos límites se rebasan se considera el fin de vida de la herramienta:  $V_b = 0,3$  mm o  $V_{bmax} = 0,6$  mm.*

*El estudio se ha complementado con su extensión al fresado y taladrado empleando la metodología C.O.M. (Couple Outil Matière) para la selección de condiciones de corte y herramientas adecuadas en aplicaciones concretas demandadas por las empresas: mecanizado de cajas, realización de agujeros taladrados, diseño de herramientas....*

*Las principales conclusiones obtenidas en este proyecto de 4 años de duración se presentan en este trabajo.*

**Participantes:** Advanced Manufacturing Research Center, Asociación Francesa de Titanio, Kendu, Mondragon Unibertsitatea (MU), Novalti, Sandvik, Timet.

**Palabras clave:** Titanio, Mecanizado, Torneado, Fresado, Taladrado, Couple Outil Matière.

---

## **B.5 Environmental Technology Reducing Waste Produced by Abrasive Water Jet Cutting Technologies.**

*La tecnología de corte por agua y abrasivo (AWJ) es uno de los procesos de fabricación con mayores expectativas de crecimiento. El aspecto negativo del proceso es principalmente la gestión de los residuos generados por la mezcla de partículas de abrasivo con el agua usada y la mezcla de las partículas del material cortado con el agua.*

*La gran cantidad de residuos generados obligan a las compañías al tratamiento los mismos. Esto obliga a las empresas a realizar continuos análisis de los residuos y contar con espacio para poder almacenarlos, incurriendo en grandes costes económicos. El abrasivo más usado en las operaciones de corte es el garnet (granate) de las montañas de India y Australia lo que implica que sea un recurso natural limitado y tiene que ser transportado a las compañías con los gastos que esto conlleva.*

*El objetivo del proyecto ICEJET es desarrollar la tecnología de chorro de agua y hielo (IWJ), la cual utiliza partículas de hielo en lugar de partículas de abrasivo mineral. Las partículas de hielo se producirán, en la misma máquina congelando gotas de agua con nitrógeno líquido. Esta tecnología será más productiva que la tecnología de corte con sólo agua, reduciendo drásticamente la generación de desechos y facilitando el reciclaje de agua. Al mismo tiempo, se podrá incorporar una tecnología más eficiente y menos cara fomentando compañías más sostenibles, empresas que son conscientes del impacto medioambiental además del crecimiento económico.*

**Participantes:** *Adhoc, lamcut, Tecnalía R&I, University of Ljubljana.*

**Palabras clave:** *Corte por chorro de agua y abrasivo, generación partículas de hielo, Reciclado.*

---

## **B.6 Monitorización de procesos de mecanizado.**

*Con objeto de (I) obtener productos cada vez de mayor complejidad, o incluso excesivamente complejos para ser controlados por un operador humano y (II) fabricar productos a precios suficientemente bajos, en las últimas décadas han ido apareciendo nuevas técnicas que intentan remplazar al operador humano. De esta forma se introdujo el control numérico primero, posteriormente se fue introduciendo la monitorización y hoy en día se habla de la aplicación futura del control adaptativo.*

*El control adaptativo es un sistema inteligente que es capaz de identificar y corregir diferentes situaciones o contextos que se detectan en la máquina de mecanizado. Esta vez, la máquina responde a las situaciones detectadas con diferentes acciones mediante un sistema de inteligencia artificial. Por ejemplo, la herramienta que está mecanizando las piezas llega a un punto de desgaste que se encuentra en el límite, por lo que la pieza no está siendo mecanizada correctamente. Gracias a unos sensores colocados en el utillaje de la máquina, se detectan e identifican las señales obtenidas con, por ejemplo, la situación de "herramienta desgastada" y por lo tanto de mecanizado no correcto.*

*La línea de I+D de Mecanizado de Alto Rendimiento de Mondragon Unibertsitatea está llevando a cabo el desarrollo de la monitorización y control adaptativo dentro del marco de dos proyectos Europeos FP7-ACCENT- Adaptive Control for Manufacturing Processes of New Generation of Jet Engine Components and FP7- ADACOM - Adaptive Control for Metal Cutting y se tiene un demostrador para taladrado y otro en desarrollo para torneado, donde servirá de referencia para las empresas de máquina herramienta que estén interesadas en este tipo de sistemas de mecanizado.*

**Participantes:** *Avio, Bosch, Daimler, ITP, Mondragon Unibertsitatea, Rolls&Royce.*

**Palabras clave:** *Monitorización, Mecanizado, Torneado, Taladrado.*

---

## **B.7 Diseño Integral de Plantas productivas: desde la simulación de planta hasta la solución de máquina-proceso.**

*La definición, diseño y optimización de una línea de producción o planta productiva completa involucra un amplio abanico de tecnologías y capacidades. Este proyecto es un ejemplo de la metodología de trabajo y las capacidades y oportunidades globales y particulares que se requieren y presentan en una actividad de este tipo: desde la configuración-layout general de la línea, con la simulación de flujos, tiempos de producción, caminos críticos, etc...pasando por la selección de los medios productivos (máquinas herramienta y periféricos, manipulación...), hasta el diseño de detalle de cada una de las operaciones (selección de herramientas, condiciones de trabajo...) y la optimización de las mismas a pie de máquina.*

**Participantes:** DRS, Goimek, Ideko-IK4

**Palabras clave:** *Plant Simulation, layout, optimización, procesos.*



01 de diciembre de 2011

Hora: 15,00 h.

## Jornada C - Diseño, gestión y monitorización de máquinas

### **C.1 Desarrollo de un microtorno de ultraprecisión de tamaño DIN A3 (Concepto Microfactory) y validación experimental de sus ventajas competitivas.**

MONDRAGON UNIBERTSITATEA en colaboración con la ingeniería AVS, empresa dedicada al diseño de máquinas a medida, ha desarrollado un microtorno de ultraprecisión del tamaño aproximado a una hoja DIN A3, capaz de fabricar componentes de geometrías complejas en escala micro. Esta micromáquina está dotada de accionamientos mediante motores lineales, sistemas de pre-reglaje por láser, cambio rápido de herramienta, etc., y se sitúa a la vanguardia mundial en lo que respecta a precisiones.



Este proyecto se centra en el diseño, desarrollo y validación de las ventajas competitivas que ofrecen estas máquinas de tamaño reducido. En concreto se han llevado a cabo las siguientes tareas:

- Identificación de los componentes y la configuración de máquina más adecuados para el desarrollo de un microtorno que permita mecanizar piezas de revolución de elevada precisión.
- Diseño de la configuración óptima de un microtorno tamaño A3 minimizando los errores térmicos, estructurales, inerciales y de otra índole que puedan afectar durante el proceso de microtorneado.
- Fabricación y ensamblaje de un microtorno de tamaño A3.
- Validación de las ventajas competitivas que implica la reducción en dimensiones de las máquinas herramienta para su uso en las microtecnologías, y confirmación de la apuesta de la empresa AVS por este nuevo nicho de negocio.

Actualmente se está inmerso en la fase de caracterización y validación experimental de las ventajas competitivas que ofrece este tipo de máquinas.

**Participantes:** AVS, Mondragon Unibertsitatea.

**Palabras clave:** Microtorno, Ultraprecisión, Microtecnologías.

---

### **C.2 Análisis Teórico y Experimental del comportamiento dinámico de máquinas.**

Presentación del trabajo para la caracterización del comportamiento de una máquina a nivel teórico mediante modelos de simulación de los accionamientos, del comportamiento estructural de la máquina por elementos finitos y obtener los valores de rigidez estática, de deformaciones bajo peso propio y bajo condiciones de mecanizado, frecuencias naturales. Con todos estos datos se pueden obtener los valores de ganancias esperados para cada eje a controlar. Este trabajo se debe completar una vez construida la máquina con ensayos experimentales tanto de medidas de rigidez estática como dinámica, a partir de técnicas de análisis modal y de análisis de accionamientos.

**Participantes:** Tekniker-IK4.

**Palabras clave:** .Diseño, procesos, dinámica de máquina

### **C.3 Aplicación de técnicas de producción lean en entornos de alta diversidad productiva.**

*Las técnicas de producción basadas en la filosofía lean se desarrollaron y tienen su campo de aplicación natural en entornos de producción que tienen como características principales la alta producción y repetibilidad de los procesos y productos. Sin embargo, la adaptación de esta filosofía, y la aplicación de algunos de sus conceptos, como el de la producción rítmica, a entornos como el de la máquina herramienta no seriada, con alta personalización y por tanto baja repetibilidad, es viable y puede permitir alcanzar mejoras productivas significativas, atacando desde la gestión de proveedores hasta la organización de la producción y montaje. El proyecto que se presenta ha ahondado en este concepto, aplicando con éxito algunas de estas técnicas en negocios de nuestro entorno.*

**Participantes:** Estarta, Goimek, Ideko-IK4

**Palabras clave:** lean, producción rítmica, Value Stream Mapping

---

### **C.4 Desarrollo e Implantación de un Software de Gestión, Supervisión y Control de una Gran Línea de Producción.**

*La gestión de una gran línea de producción de componentes conlleva la gestión de un gran volumen de información referente al estado de funcionamiento de cada máquina y de cada pieza fabricada. En el proyecto se ha desarrollado e implantado un sistema de gestión de la información de producción, que permite conocer en todo momento de forma detallada el estado del proceso. El sistema permite la explotación de la información de forma modular: por máquina, por área funcional del taller, por tipo de pieza producida e incluso por turno de trabajo. Asimismo, permite generar informes de control de las piezas fabricadas, planificar y gestionar acciones de mantenimiento, e identificar la incidencia de alarmas en cada máquina de la cadena de producción*

**Participantes:** DRS, Danobat, Ideko-IK4

**Palabras clave:** Gestión, comunicación, software.

---

### **C.5 Diseño de un modelo de Gestión Integral de la Innovación Tecnológica para empresas de tamaño medio y grande.**

*El proyecto ha consistido en el diseño y desarrollo de un modelo de Colaboración entre Centros Tecnológicos y Empresas para la Gestión Integral de la Innovación Tecnológica que parte de la identificación de oportunidades alcanza la traducción de la innovación tecnológica en valor percibido por el mercado pasando por las etapas necesarias de desarrollo tecnológico, fabricación y validación de prototipos.*

*Tras una identificación sistemática de factores clave de éxito en las relaciones interorganizacionales, y del estudio de un caso de aplicación, se ha definido y desarrollado un modelo de colaboración para la Gestión Integral de La Innovación Tecnológica que alcanza el ámbito de transferencia de tecnología basado sobre tres niveles de intensidad acordes a los diferentes roles en cuanto a estrategia de innovación tecnológica que esté dispuesto a adquirir la empresa. El modelo se complementa con metodologías y herramientas (algunas de ellas adaptadas otras de ellas de desarrollo propio) y se encuentra implementado en la actualidad en 3 organizaciones.*

**Participantes:** Danobat, DR, DRS, Ideko-IK4, Soraluce

**Palabras clave:** Innovación Tecnológica, Gestión Integral, modelo de colaboración.

---

# INVEMA

Fundación de Investigación  
de la Máquina-herramienta

unidad tecnológica de 

Paseo Mikeletegi 59  
20009 San Sebastián  
Tfno.: 943 309007 – 943 309009  
e-mail: [invema@invema.es](mailto:invema@invema.es) / [af@afm.es](mailto:af@afm.es)