



# Projectes de fi de carrera

Titulació:

***Enginyeria de Materials***

**169 Alsina i Pérez de Tudela, Enric*****Caracterització de soldadures per fricció lineal d'aliatges de titani mitjançant tècniques d'indentació*****Director:** Mateo García, Antonio**Departament:** Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica**Resum:**

En el camí del desenvolupament tecnològic, la indústria aeronàutica ha sabut combinar els materials més lleugers i a la vegada resistents amb nous processos industrials per tal de descobrir noves aplicacions i millorar-ne les existents. El titani és un metall relativament nou que exhibeix unes propietats molt desitjades pel sector aeronàutic, com són una baixa densitat i una elevada resistència mecànica. Gràcies a aquestes propietats són molts els components d'avions fabricats amb aliatges de titani, entre ells els discs i els àleps de les turbines. El tipus d'unió entre aquestes dues acostuma a fer-se mitjançant un encaix mecànic. El continu moviment rotatori d'aquest sistema pot donar lloc a un joc entre ambdues peces i en conseqüència una ruptura prematura i imprevisible.

Amb l'objectiu d'allargar la vida del conjunt disc-àlep s'investiga la possibilitat de substituir la unió mecànica per una de soldada, concretament pel procés de soldadura anomenat fricció lineal.

Amb aquesta tecnologia s'elimina el moviment relatiu que existia i s'obté una unió molt més resistent. El present estudi té per objectiu la caracterització mecànica de tot un seguit de conjunts disc-àlep, de diferents aliatges de titani units mitjançant l'esmentat procés de soldadura. S'han realitzat una sèrie d'indentacions per conèixer les variacions de duresa, tant a la zona afectada pel calor com al metall base. La metodologia extreta de la simulació per càlcul d'elements finits, a partir de les dureses obtingudes al laboratori, ha estat una eina que ha permès determinar les propietats mecàniques (límit elàstic i coeficient d'enduriment) de cada un dels aliatges de titani estudiats sense necessitat de realitzar assaigs uniaxials. La conclusió principal dels resultats obtinguts és l'augment de la duresa en la unió respecte al metall base. La raó d'aquest augment és el canvi microestructural conseqüència de l'augment de temperatura i la deformació que és produïx durant el procés de soldadura. La major duresa de la zona central comporta una major resistència i un límit elàstic superior. Com s'observa en els assaigs de tracció, totes les provetes trenquen lluny de la unió; posant de manifest la consistència de les unions fabricades mitjançant aquest procés de soldadura. Comparant els 4 jocs analitzats, una segona conclusió és l'optimització dels paràmetres del procés de soldadura per al joc n<sup>o</sup>4. Tot i que encara s'observen alguns defectes, el joc n<sup>o</sup>4 presenta una major regularitat en la unió i en el flaix, una millor adhesió, així com un nombre més reduït de defectes.

**170 Asin Asensio, Luis*****Estudio de diferentes formulaciones de cementos de fosfato de calcio para regeneración ósea*****Director:** Ginebra Molins, Maria Pau**Departament:** Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica**Resum:**

El presente proyecto final de carrera se fundamenta en la investigación del desarrollo de nuevos materiales de tipo cemento capaces de estimular la regeneración y reparación del tejido óseo. Se estudian tres formulaciones de cementos de fosfato de calcio, basados en el fosfato tricálcico  $\alpha$  (a-TCP), con el objetivo de evaluar la diferencia del tamaño cristalino en una de ellas (serie 2) y el efecto de la inclusión de albumen (proteína derivada de la clara de huevo) en la composición de otra (serie 3), todo ello respecto a un patrón (serie 1). Las tres series de cemento se preparan previa caracterización físico-química de los reactivos empleados.

Se estudia el proceso de reacción, determinando los tiempos de fraguado y se caracterizan los cementos mediante las técnicas de difracción de rayos X y espectroscopia de infrarrojo, que revelan la conversión del a-TCP en hidroxiapatita deficiente en calcio (CDHA), muy similar a la hidroxiapatita biológica.

Se realiza un estudio de la topografía superficial de los cementos con el objetivo de evaluar las diferencias de rugosidad, para ello se emplean técnicas como la microscopia electrónica de barrido y la microscopia óptica interferométrica entre otras, obteniéndose la menor rugosidad en la serie 2, de menor tamaño cristalino.

Una vez caracterizadas las superficies con los valores de rugosidad respectivos se determina cual de ellas presenta mejor comportamiento biológico, a partir de cultivos celulares. Para ello se lleva a cabo un estudio *in vitro* de células osteoblásticas sobre los cementos con el fin de evaluar la posible citotoxicidad y biocompatibilidad de éstos.

Además, se estudia la adhesión, proliferación y diferenciación celular en relación a la rugosidad superficial y composición de cada serie. Se realizan micrografías a lo largo de los ensayos mediante microscopia electrónica de barrido ambiental y microscopia electrónica de barrido.

Los resultados obtenidos demuestran que ninguna de las series presenta signos de citotoxicidad. La serie 2, de menor tamaño cristalino, favorece la adhesión de los osteoblastos al igual que su diferenciación, sin embargo, se reduce la proliferación. La introducción de albumen en la composición del cemento aumenta la rugosidad considerablemente y mejora la proliferación osteoblástica y la diferenciación, siendo esta formulación la que

mejores resultados presenta en este aspecto. Se realiza un estudio de significación estadística de los resultados obtenidos.

### **171 Comes Ceballos, Francesc**

#### *Optimització dels punts de soldadura de l'abraçadora SUPRA*

**Director:** Tartera Barrabeig, Jordi

**Departament:** Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica

**Resum:**

La ruptura aleatòria d'algunes abraçadores per la soldadura sense cap explicació lògica planteja un estudi minuciós de totes les variables que actuen sobre la seguretat de la zona soldada en les abraçadores. La soldadura per resistència per protuberàncies és un procés senzill, però que com tota soldadura incorpora una certa defectologia que s'estudiarà en detall en el present projecte a través de la microscopia electrònica. Els defectes trobats, s'estudiaran variant els paràmetres del procés de soldat, fins que la qualitat de la unió soldada sigui la correcta. A partir d'unes provetes que es dissenyaran expressament amb programes CAD 3D (Solidworks 2003) pel present estudi, i que es conformaran amb uns utilatges especials també dissenyats expressament amb el programa de disseny 2D (autocad 2002), s'avaluaran a través de l'assaig de tracció la resistència a la ruptura de diferents provetes amb diferents variables com poden ser l'angle entre forces presents. La zona soldada està formada per tres punts de soldadura, la qual cosa dóna lloc a moltes alternatives de distribucions, que s'estudiaran amb un mètode alternatiu com és el clinxat, a més de plantejar, a mode informatiu possibles millores en el procés d'unió. Per acabar, l'assaig de corrosió permetrà avaluar la influència de la corrosió salina en els dos materials emprats, acers inoxidables, i sobretot de la regió soldada, debilitada en el procés de soldat.

### **172 Corral Ruiz, Ángel**

#### *Optimización en el sistema de llenado de un molde de partición vertical*

**Director:** Tartera Barrabeig, Jordi

**Departament:** Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica

**Resum:**

La falta de una perspectiva hidràulica en el llenado de moldes de arena provoca la estimación en base a la experiencia de los canales de entrada para la fabricación de piezas de fundición dúctil.

En presente proyecto se pretende conseguir una optimización en el diseño de llenado de piezas por gravedad (molde de arena) mediante cambios de geometría y distribución de los canales de entrada. Para conseguir el objetivo, se hará uso de un punto de vista hidráulico así como la utilización de cálculo por elementos finitos. Teniendo en cuenta la mecánica de fluidos se realiza una estimación previa y aproximada de las variables que rigen las geometrías de los canales de entrada. Para ello se tienen en cuenta desde un inicio la existencia de pérdidas de carga singulares y longitudinales, así como cualquier elemento que intervenga en el comportamiento del fluido dentro de los canales. Una vez determinadas las dimensiones geométricas del sistema, se realiza el diseño tridimensional con el uso de un software de CAD. Para completar y predecir la optimización del sistema de llenado, la geometría sufre el correspondiente tratamiento por elementos finitos mediante el software Vulcan 7.1. Para satisfacer lo descrito anteriormente, se sugiere un estudio fluidomecánico previo del molde a diseñar y a continuación el estudio mediante elementos finitos. Resulta más costoso realizar ensayos prueba-error en un software de elementos finitos sin previamente haber tenido en consideración las leyes que rigen la fluidomecánica.

### **173 Díaz Marcos, Jordi**

#### *Aplicaciones de la Microscopía de Fuerza Atómica (AFM) cómo método de caracterización de polímeros*

**Director:** Segarra Rubí, Mercè

**Departament:** Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica

**Resum:**

Este proyecto pretende ser una herramienta útil para el ingeniero que quiera aplicar la Microscopía de Fuerza Atómica (AFM) como técnica de caracterización de Materiales poliméricos.

En primer lugar se describen algunas técnicas de caracterización superficial competitivas con el AFM, es decir el SEM y el TEM (Microscopía Electrónica) para describir seguidamente el AFM. El AFM, es una técnica que poco a poco va ganándose adeptos como herramienta útil de caracterización a nivel de topografía, dureza, adhesión, medidas in situ, etc.

En el capítol 3 se describirá la técnica, los diferentes modos y posibilidades que presenta y su uso más concreto dentro del campo de los polímeros (por ejemplo, se describe como preparar una muestra polimérica para su posterior caracterización por AFM). Para concluir este capítulo se introducirá el tema de los Biopolímeros y como el AFM puede ser una herramienta útil para caracterizarlos.

Por último, en el capítulo 4 se describen algunos ejemplos para que el Ingeniero pueda ver casos prácticos donde el AFM puede ser una herramienta importante de caracterización y que además, permite solucionar problemas que aparecen en otras técnicas más comúnmente utilizadas, como por ejemplo, la microscopía óptica y electrónica.

Por lo tanto, esta técnica puede ser una herramienta útil en caracterización de polímeros de interés tecnológico como el poliéster PEN (substrato en células fotovoltaicas), poliéster del ácido málico (biopolímero) o polímeros clásicos como el polipropileno (embalaje) o en estudios de adhesión matriz-polímero (Si-PEN), entre otros.

#### 174 Farrando Curiel, Cristina

##### *Estudi de la Ductilitat en Calent d'un Acer Industrial C-Mn-Si*

**Director:** Cabrera Marrero, José María

**Departament:** Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica

**Resum:**

El projecte neix de la necessitat de conèixer els mecanismes que actuen en el procés de colada continua, per tal d'optimitzar i garantir la qualitat en els productes semielaborats que resulten del procés. El projecte, que està totalment vinculat amb la problemàtica industrial que apareix en les aceraries, pretén ser un estudi de les causes que donen lloc a la caiguda de la ductilitat en acers típics de construcció, que provoquen unes esquerdes transversals en el material. Les esquerdes poden penetrar fins a 5-8 mm per sota de la superfície del producte de colada continua i són esquerdes intergranulars, seguint els límits de gra de l'austenita primària. L'aparició d'aquestes esquerdes està estretament vinculada amb la composició química de l'acer. La caiguda de ductilitat es manifesta a temperatures compreses entre els 700-800°C, temperatura en la que els productes semielaborats resultants de la colada continua són recollits i conduïts per unes guies cilíndriques. En aquesta etapa, els semielaborats, mitjançant un procés de desdoblament, estan sotmesos a tensions de compressió i de tracció, i és aquest últim mode de sol·licitació mecànica que pot fer créixer les esquerdes transversals. El semielaborat obtingut és adreçat des d'una posició vertical, direcció en la que surt del motlle de solidificació cap a una posició horitzontal i es manté pla en la resta de l'etapa, per tant, és en aquest punt on actuen les tensions, l'acer està sotmès a tracció en la cara superior del semielaborat i a compressió en la cara inferior.

Per tal de reproduir les condicions industrials a escala de laboratori es realitzen assaigs de tracció i compressió en calent amb provetes del material que ha resultat ser defectuós en el procés industrial i es compara amb un acer fabricat al laboratori de similar composició, però lliure de residuals.

S'avalua el seu comportament a fluència, l'efecte de les impureses, l'efecte de la temperatura d'assaig, l'efecte de la velocitat de deformació, etc. Totes aquestes variables influeixen en el comportament de l'acer, en la seva resistència mecànica i en la seva fractografia. La forta descohesió en el material, potenciada per els elements residuals presents en l'acer fa que el material es comporti completament diferent a tracció i a compressió. Les dendrites presents en el material eviten la unió en el material i, per tant, les propietats observades són sorprenents. El material industrial presenta un comportament millor a compressió que no pas l'acer net. Contràriament a tracció, s'observa el fenomen contrari, l'acer industrial presenta propietats mecàniques pitjors.

#### 175 Fernández Sánchez, Vanessa

##### *Efecto del contenido de silicio en el comportamiento a fluencia de un acero al carbono*

**Director:** Cabrera Marrero, José María

**Departament:** Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica

**Resum:**

En el presente estudio se evalúa el comportamiento a fluencia de tres aceros al carbono con distinto contenido en silicio. Las curvas experimentales de fluencia se han obtenido a partir de ensayos de compresión en caliente, realizados sobre probetas cilíndricas en una máquina universal de ensayos, que disponía de un horno de calentamiento por radiación adaptado al sistema. Los ensayos se realizaron a velocidades de deformación constante sobre un intervalo de  $3 \cdot 10^{-4}$  s<sup>-1</sup> a 0,1 s<sup>-1</sup>, y a las temperaturas de 1100 °C, 1050 °C, 1000 °C y 950 °C.

Mediante modelos propuestos en la literatura se analizaron los resultados de los fenómenos de endurecimiento y ablandamiento que tienen lugar durante la deformación en caliente.

Los tres aceros estudiados presentan ablandamiento por dos mecanismos: restauración dinámica y recristalización dinámica.

Para evaluar el endurecimiento y el ablandamiento por restauración dinámica se empleó el modelo de Estrin,

Mecking y Bergström, y se calculó el parámetro de ablandamiento,  $\Omega$  y el parámetro de endurecimiento,  $U$ . La recristalización dinámica se estudió desde el punto de vista de la cinética empleando parámetros como el exponente de Avrami,  $k$ , y el tiempo para el 50% de recristalización,  $t_{50\%}$ . Así mismo, para obtener una descripción completa del comportamiento a fluencia se emplearon ecuaciones cinéticas (rate equation). A partir del tratamiento matemático de los datos obtenidos fue posible el cálculo de curvas teóricas, que se ajustaban muy bien a los datos experimentales, validando de esa manera el modelo empleado.

Los resultados experimentales muestran que el silicio influye claramente el comportamiento a fluencia del acero. Se ha observado que al aumentar el contenido de silicio, se retrasa el inicio de la recristalización dinámica. Así mismo, y como es habitual en el comportamiento a fluencia, la deformación máxima aumenta conforme se disminuye la velocidad de deformación del ensayo y se disminuye la temperatura. La cinética de recristalización es similar en los tres aceros, si bien ésta es dependiente de las condiciones de conformado (temperatura y velocidad de deformación) tal y como muestra la dependencia del exponente de Avrami,  $k$ , con el parámetro de Zener-Hollomon,  $Z$ . Esta variación puede ser interpretada en términos de una diferencia en los lugares de nucleación y la transición de múltiple a pico único en las curvas de fluencia. Los resultados experimentales referentes al término de endurecimiento  $U$  muestran una ligera dependencia con las variables de conformación (temperatura y velocidad de deformación), mientras que el parámetro  $\Omega$  se muestra constante con  $Z$ , en el caso de los aceros estudiados.

### 176 González, Lorenzo

#### *Optimización de un dispositivo de ultrasonidos para monitorizar el fraguado de un cemento*

**Director:** Fernández Aguado, Enrique; López López, José

**Departament:** Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica

**Resum:**

Los objetivos principales planteados en este Proyecto Fin de Carrera han sido, por una parte, optimizar un dispositivo de ultrasonidos que permitiera evaluar propiedades físicas de materiales de tipo cemento y, por otra, aplicarlo al estudio de un cemento óseo.

En primer lugar, fue necesario calibrar el dispositivo a partir del estudio de las propiedades acústicas del aire y del agua. Una vez calibrado el dispositivo se procedió a su optimización a partir del estudio de las propiedades acústicas de un cemento sencillo basado en sulfato de calcio. Finalmente, el dispositivo de ultrasonidos optimizado se ha aplicado al estudio de las propiedades de fraguado de un cemento óseo basado en fosfato tricálcico alfa.

En todas las etapas (calibración, optimización y estudio) ha sido necesario optimizar, a partir del análisis parcial de los resultados que se iban obteniendo, los programas de MATLAB© diseñados específicamente para el tratamiento y el análisis de los datos obtenidos. De esta manera, se han podido obtener resultados consistentes. Sin embargo, es necesario un estudio más detallado de todas las variables involucradas en el sistema de medida para poder ampliar su rango de aplicación a otros materiales y, al mismo tiempo, aumentar su fiabilidad. En este sentido, se ha podido concluir que es necesario analizar con detalle las señales recibidas para poder diseñar y aplicar filtros adecuados que permitan depurarlas.

### 177 Marco Rusiñol, David

#### *Efecto del Tratamiento Criogénico en las Propiedades Mecánicas de los Aceros de Herramienta de Trabajo en Frío*

**Director:** Llanes Pitarch, Luís Miguel

**Departament:** Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica

**Resum:**

En este proyecto se estudian los efectos producidos al aplicarle a los aceros de herramienta, altamente aleados de trabajo en frío, un tratamiento criogénico adicional al tratamiento clásico de temple y revenido. El fin de dicho estudio es predecir si el tratamiento criogénico produciría un aumento de la vida útil en las herramientas fabricadas con dos aceros desarrollados en los últimos años: HWS y UNIVERSAL.

Los resultados obtenidos por estos dos aceros se contrastan con los obtenidos al realizar los mismos tratamientos criogénicos a un acero de uso común, el WNr. 1.2379. Los cambios producidos en estos aceros al variar los distintos parámetros que componen los ciclos de temple, tratamiento criogénico y revenido realizados en su tratamiento térmico, son evaluados a través de las propiedades mecánicas que tienen una mayor incidencia en el rendimiento de las herramientas a las que van destinados estos materiales, es decir: dureza, tenacidad y resistencia al desgaste.

La caracterización de la dureza se determina a salida de temple, después del tratamiento criogénico así como al final del ciclo térmico completo, mientras que los estudios de la tenacidad y resistencia al desgaste de los materiales, con y sin tratamiento criogénico, se efectúan a partir de la resiliencia obtenida en el ensayo Charpy

y la pérdida de peso mostrada en el ensayo realizado siguiendo el método del pin-on-disc respectivamente. Los resultados obtenidos permiten concluir que los tratamientos criogénicos efectuados al HWS y al UNIVERSAL no aportan, en ninguno de los dos casos, mejoras significativas en cuanto a la dureza, tenacidad o resistencia al desgaste. En cambio, al realizar los mismos tratamientos al WNr. 1.2379, se obtiene una notable mejora tanto en la dureza como en la resistencia al desgaste.

### 178 Menéndez Dalmau, Enric

*Influència del procés de granallat i de la tècnica d'esterilització en la mullabilitat del Ti c.p. per aplicacions biomèdiques*

**Director:** Aparicio Bádenas, Conrado José

**Departament:** Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica

**Resum:**

La naturalesa fisicoquímica de la superfície del titani és cabdal en els processos d'adhesió proteica que ocorren quan s'implanta aquest en un organisme viu. El tipus de proteïnes, l'estructura, orientació i l'enllaç d'aquestes determinen la posterior adhesió cel·lular i el seu creixement. S'han fet mesures de l'angle de contacte amb aigua ultrapura i medi de cultiu D.M.E.M., líquids de contacte escollits per la seva naturalesa no aliena al medi fisiològic en què es troba immers el titani en tot teixit viu. Aquestes mesures permeten traure informació de propietats fisicoquímiques de la superfície del titani. S'ha treballat amb mostres polides i granallades amb partícules abrasives de naturalesa química diferent i de distinta grandària, que s'han esterilitzat amb diferents mètodes.

Es pretén establir quines de les condicions de topografia superficial i de tècnica d'esterilització donen un caràcter més hidrofílic en relació als líquids de contacte, per tal d'assegurar un bon contacte físic entre el medi líquid i el substrat; fet clau per assolir una adequada adhesió proteica.

Aquesta relació encara no es troba aclarida i, actualment, és objecte d'estudi; és per això que es pretén establir unes primeres bases de caire fisicoquímic gràcies a l'exhaustiva descripció de la caracterització d'hidrofilitat de les superfícies per a fer correlacions amb posteriors estudis d'adhesió proteica i cel·lular.

Adicionalment, s'inclou la posada en funcionament de l'aparell de mesura d'angles de contacte Oca 15 plus (Dataphysics, Alemanya) i el disseny i fabricació d'una cambra climàtica per a assolir un control detallat del medi exterior immediat de les gotes sobre els substrats. Les configuracions de granallat i esterilització més hidrofíliques en el cas de l'aigua ultrapura corresponen a les provetes polides i granallades amb alumina F-36 esterilitzades amb òxid d'etilè i granallades amb alumina F-36 i esterilitzades amb radiació  $\gamma$ .

En el cas del medi de cultiu, les més hidrofíliques respecte a aquest líquid són les provetes polides i esterilitzades. Aquestes configuracions són les que presenten valors del treball d'adhesió i energia lliure superficial major. La configuració de polit i esterilitzat amb òxid d'etilè és la que coincideix per ambdós líquids. Per ambdós líquids i les mostres granallades, el mètode d'esterilització que dona lloc a una major hidrofobicitat és el vapor d'aigua saturat.

### 179 Montané Planas, Jaume

*Estudi de motlles de silicona per a colada centrífuga d'aliatges de zinc*

**Director:** Martínez Benasat, Antonio

**Departament:** Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica

**Resum:**

Aquest projecte està destinat a l'estudi de motlles d'elastòmer de silicona per a processos metal·lúrgics d'aliatges de baix punt de fusió i en concret del Zamak 3, explicant la necessitat de crear una tècnica ràpida per al conformat de peces de relativament baixa tolerància dimensional. S'estudiarà perquè aquest és el material més adient per a la colada centrífuga.

Es parlarà del mesclat i dels components de la mescla, càrregues i reforçants.

S'explicarà el fenomen de la vulcanització i quins són els principals agents vulcanitzants.

Les característiques físiques i metal·lúrgiques del procés de transformació anomenat "colada centrífuga", les fases d'aquesta tècnica, la maquinària usada per al procés.

Es comentaran també els defectes i les seves possibles solucions, així com avantatges i desavantatges de la tècnica.

La part experimental de l'estudi està encaminat a allargar la vida d'aquests motlles, estudiant diversos additius de diferent caire i veient el seu efecte tant per separat com en co-addició en diferents formules.

S'explicaran les propietats mecàniques més rellevants d'un elastòmetre i quina és la manera de quantificar-les, mètode i proveta normalitzats per fer-ho. Valoració de la millora de la vida en servei i de l'efecte en les seves propietats mecàniques durant una prova d'envelliment tèrmic controlat. També es farà un estudi econòmic de portar a terme industrialment una d'aquestes formulacions, la que hagi esdevingut més vàlida, calculant

despeses i ingressos en un any de fabricació.

En definitiva la viabilitat del projecte. Finalment farem un petit estudi de l'impacte medioambiental que hagi pogut tenir la realització de les proves experimentals del projecte, identificant els residus especials i donant-los el tractament de reciclatge o recuperació.

### 180 Pons i Sans, Jaume

*Estudio de la convección térmica en un proceso de fundición de Aluminio por el método de los elementos finitos*

**Director:** Chiumenti, Michele

**Departament:** Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica

**Resum:**

Este proyecto se centra en los procesos de fundición industrial. Se pretende analizar herramientas que sean útiles para optimizar los sistemas de este tipo de manufactura de metales. Una de las herramientas más importantes para conseguir un alto rendimiento de los procesos de fundición es la simulación numérica de los mismos. Para obtener estas simulaciones es preciso generar una modelización matemática adecuada que sea capaz de resolver todas las variables y funciones que entran en juego en un proceso de fundición. El modelo matemático escogido es el método de los elementos finitos del cual se hará una introducción.

En el proyecto se definirán las ecuaciones y los parámetros necesarios para que el modelo matemático pueda ser resuelto, centrándose en la evolución térmica del material fundido.

La evolución térmica abarcará tanto la solidificación como el enfriamiento de la colada en el molde.

El siguiente paso para la simulación de procesos de fundición industriales es la resolución práctica de las ecuaciones anteriormente mencionadas. Cabe destacar que en el proyecto se usa el programa Vulcan 7.5, como simulador de procesos. Este código está diseñado para la simulación de procesos de llenado y solidificación de piezas metálicas.

En el presente trabajo se hace una breve exposición de la funcionalidad de tal programa y del potencial de las simulaciones. Mediante el uso del programa de simulación Vulcan 7.5, se muestra un estudio basado en piezas de aluminio AISi7Mg, donde se proponen diferentes problemas de fundición. El objetivo es analizar tales problemas para poder comparar la transmisión de calor entre pieza y molde con el proceso de fundición. Gracias a esta comparación se ha visto que la influencia de los coeficientes de conducción y convección que participan en la transmisión de calor, se ven restringidos por el material del molde y su capacidad de evacuar el calor hacia el entorno. Finalmente, se analizará cual es la mejor opción para calcular los coeficientes de convección durante el cambio de fase de líquido a sólido. La evaluación de estos resultados hace pensar que la mejor forma de representar la variación de los coeficientes de convección es considerando una dependencia entre el coeficiente y la función de la fracción líquida, ya que esta es mucho más representativa del estado de las fases de la pieza, que la otra variable en juego, la temperatura media.

### 181 Ravenet Regales, Juan Ignacio

*Diseño de un silo cilíndrico metálico atornillado para el almacenamiento de productos granulares*

**Director:** Roure Fernández, Francesc

**Departament:** Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria

**Resum:**

El objeto de este proyecto pretende el diseño, cálculo y construcción de un silo cilíndrico metálico para el almacenamiento de los productos de la limpia del maíz. En dicho proyecto se realiza el estudio de un silo, aplicando las teorías más destacadas que se han dedicado al cálculo, diseño y resolución de problemas aparecidos en silos. Se exponen las normas, teorías y códigos de los principales especialistas mundiales extraído de diversa bibliografía. Se estudian aspectos como puede ser el vaciado centrado y excéntrico y la aparición de sobrepresiones de vaciado que en algunas casos da lugar a deformaciones y fallas en la estructura metálica del silo (sobretudo en el almacenamiento de cereales). Se analizan las diversas teorías que existen y las diversas soluciones que pueden utilizarse para resolver los problemas del flujo de vaciado (flujo de conducto ó flujo másico – centrado y excéntrico). La solución adecuada para resolver los problemas de vaciado tanto en productos granulares como en productos pulverulentos cohesivos sería el dispositivo tolva-contratolva sistema descubierto, desarrollado y aplicado satisfactoriamente en numerosas instalaciones por el especialista en silos Dr. Ravenet.

Se realiza una exposición de los cálculos más importantes; cálculo de presiones laterales de llenado (estáticas) y vaciado (dinámicas), presiones sobre la tolva, así como una detallada explicación de la estructura y todos los perfiles y casos de carga.

En el último apartado se indica el cálculo de la cimentación a utilizar con las dimensiones y geometría de las zapatas y las secciones tanto transversales como longitudinales de los redondos a aplicar en la armadura. El

diseño y la utilización de los silos presenta aspectos poco estudiados aún en la actualidad, prueba de ello es la aparición de deformaciones, fallas, grietas, hundimientos o explosiones en muchas instalaciones y en todos los países industrializados. Rara es la instalación, donde se almacenen o se utilicen productos granulares o pulverulentos y que no haya tenido problemas en los silos, ya sean de tipo estructural o de flujo de vaciado, con interrupciones, arcos o bóvedas...

En los anexos se hace una mención especial a un problema muy importante aparecido en los silos como es el tema de las explosiones, realizando una explicación sobre los factores que influyen en una explosión de polvo combustible, las causas y consecuencias que pueden originar una explosión. También exponemos las normas de seguridad para reducir al mínimo el riesgo de explosiones y las precauciones a tomar en el diseño de una instalación: como pueden ser los dispositivos antiexplosión, la necesidad de limpieza, el mantenimiento de elementos mecánicos así como la formación del personal y el permiso de fuego. En nuestro caso hemos optado por la instalación de paneles antiexplosión, para reducir el riesgo en caso de explosión.

### **182 Silveira Fernández, Elena**

#### ***Estudio de las aleaciones de Titanio Ti-Beta 21 S y Ti-6242 S***

**Director:** Tartera Barrabeig, Jordi

**Departament:** Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica

**Resum:**

El objetivo del presente proyecto es el estudio de dos aleaciones de titanio para elevada temperatura, la aleación casi alfa Ti-6242 S y la aleación beta metaestable Ti-Beta 21S.

Este estudio se enmarca dentro de un proyecto europeo en el que se pretenden desarrollar y estudiar aleaciones de titanio resistentes a elevada temperatura para la fabricación de toberas de escape de helicópteros.

En el presente proyecto se incluye una descripción general de las aleaciones de titanio para después introducir las aleaciones de titanio en aplicaciones aeronáuticas y finalmente acabar en una descripción detallada de las aleaciones que se estudiarán. En este proyecto no se pretende caracterizar estas aleaciones, ya que el trabajo que ello exige se escapa del alcance de un proyecto de final de carrera, únicamente se pretende dar una descripción de dichas aleaciones así como presentar un estudio microestructural, los resultados obtenidos de propiedades a tracción a diferentes temperaturas y el comportamiento de ambas aleaciones frente a la oxidación.