

## **Estudio de mazarotado de una rueda dentada en acero mediante simulacion**

Julio Alva

Consultor (Cameri, Italia)

### **Introduccion**

Una rueda dentada representa un caso tipico di analisis aun para casos mas complejos por el tipo de defectos (macro e microrechupes) que puede presentar. El analisis se realizara con el software **SOLIDCast** della Finite Solutions ([www.finitesolutions.com](http://www.finitesolutions.com)), un programa de simulacion de uso relativamente simple que permite no solo analizar un proyecto sino tambien como veremos, de elaborarlo sin recurrir a tablas, graficos o calculadoras.

### **El caso**

Tratase de un engranaje en acero (1040) cuyo diseño 2D se muestra in fig.1; ademas de las creces contiene un boceto de la solucion propuesta en base a la experiencia y que analizaremos Sucesivamente. Tal diseño supone la eliminacion del foro central con aplicaciòn de un manguito de  $390\Phi$  por 600 de altura con 25 mm de espesor de aislamiento y que se aplicaria sobre el moyù. Se ha imaginado tambien 6 manguitos sobre el anillo o rueda externa con un "padding" che permita la alimentaciòn de la uniòn presente al centro del anillo. Dicho padding y de consecuencia el diametro (no indicado) de estos manguitos se definieron utilizando in teoria la tecnica de los circulos de "Heuver".

### **El analisis**

La rueda ha sido rediseñada en 3D con un programa CAD 3D **Rhino**. Despues de definir el material (acero 1040) y realizado el meshado se ha procedido a simular la pieza base sin mazarotas ni ataques de llenado. Sucesivamente utilizando el Asistente del mazarotado (Riser Design Wizard) se han obtenido los resultados de los modulos de la pieza vista en seccion (fig.2). El modulo mayor resulta ser el de moyu (5 cm) mientras que el modulo en las uniones del disco con el anillo exterior es de 3.6 cm. Esta informacion preliminar facilita sensiblemente el planteo de la solucion.

En el caso del moyu dado que el punto caliente se localiza en el centro del mismo, donde facilitar la alimentaciòn seria necesario aplicar un "padding" para desplazar el punto caliente hacia la parte superior del mismo. Una alternativa es aquella de eliminar el foro y aplicar un manguito directamente como propuesto por la fundicion.

El resultado se puede observar en fig.3a. El nuevo modulo del moyu es 6.44, un 30% mas del original. En base a la literatura tecnica y la practica industrial, el manguito esotermico debera tener un modulo 20% mayor es decir,  $1.2 \times 6.44 = 7.72$  cm. Este calculo asi como la definicion de las dimensiones del manguito pueden ser realizados rapidamente por el programa (fig.3b). El manguito comercial mas cercano a este modulo tiene un diametro de  $300\Phi$  y una altura de 200 mm. Por ello sera menester utilizar como minimo 2 manguitos superpuestos.

Por cuanto toca a los manguitos a aplicarse al anillo, tambien aqui el modulo de los mismos debe ser mayor del 20% al de las uniones o sea  $1.2 \times 3.6 = 4.32$  cm. El manguito

comercial mas cercano posee un diametro di  $200\Phi$  y una altura de 200 mm. El modelo definitivo se ilustra in fig.4. El padding se ha construido en modo tal de unir la base del manguito al modelo de la pieza en la particiòn. Se han considerado 6 ataques con ingreso debajo del anillo en coincidencia de los manguitos laterales.

Los resultados de la simulaciòn del modelo completo se ilustran en fig.5a. La direccionalidad de la solidificaciòn es bastante evidente en la zona del anillo. En el caso del moyu central la direccionalidad es menos evidente porque hemos usado un manguito un poco mas pequeño del sugerido ( $310\Phi \times 460$ ). El punto caliente se encuentra cerca de la uniòn de la mazarota con el moyu.

En la fig.5b se muestra la situaciòn de rechupes usando la funcion Nivel de integridad (Material Density para un valor de 0.99). Estos se encuentran confinados en los manguitos en todos los casos.

Para completar el estudio es necesario verificar si el anillo o rueda resultará sana en la zona intermedia entre mazarotas. Tradicionalmente para resolver esto se haría referencia a la distancia de alimentaciòn o radio de accion de las mazarotas. Cuando se realiza la simulaciòn con SOLIDCast ello no es necesario en cuanto existe un criterio denominado FCC che define la situacion. In fig.6a si ilustra el resultado en la secciòn mas critica (la de particion). Las protuberancias corresponden a los paddings.

Se observa en el anillo externo entre las mazarotas, zonas de color violeta claro que segun la escala al lado son de baja criticidad (inferior al 50% del valor max.). Por comparaciòn se ilustra la situaciòn con una solucion a 4 mazarotas (fig.6b). Las zonas criticas han asumido un color entre el rojizo y el amarillo a demostraciòn che la criticidad ha asumido niveles de riesgo. Otros programas de simulacion recurren al criterio llamado de Niyama per analizar esta criticidad pero consideramos que el criterio FCC sea mas adecuado a este efecto.

Ello se podrìa resolver aplicando enfriadores (o coquillas) en posiciones intermedias entre mazarotas siempre que el volumen de las estas resulte suficiente ed decir, que la cavidad del rechupe no penetre en la pieza. Ello permitiría hacer economias de material y reduciría el trabajo de acabado de la pieza. En el caso en examen 4 manguitos resultan suficientes para el anillo externo si bien seria necesario incrementar el manguito de 100 mm en altura (fig.7).

El peso original de la pieza era de aprox. 1240 kg pasando a 1350 kg despues de la eliminaciòn del foro central; con los padding el peso final resulta de 1,430 kg. El peso total de los manguitos 530 kg que representa el 37% del peso pieza (32% con 4 mazarotas laterales). Estos datos los genera SOLIDCast automaticamente despues del meshado.

### ***Comentarios sobre el proyecto original***

Comparando los resultados obtenidos mediante simulaciòn y aquella empirica propuesta en fig.1, se observa que el manguito central es mucho mas grande del necesario ( $370\Phi \times 600$ ) mientras que los manguitos laterales en base a la escala son mas pequeños (max.  $140\Phi$ ) en cuanto la construcciòn del padding usando (erroneamente) los Circulos de Heuver no era correcta. El numero de mazarotas era en principio correcto.

## Conclusiones

A través de un ejemplo se ha querido ilustrar la rapidez y simplicidad de análisis obtenible usando un software de simulación, en este caso **SOLIDCast**, un software de uso simple y directo ejecutable también en lengua española. Este permite además de crear enfriadores, paddings, manguitos, ingresos de metal, etc. directamente en el modelo original. Todo esto facilita el análisis preliminar de la pieza y posteriormente de dimensionar las mazarotas con o sin manguitos (aislantes o exotermicos), analizar los efectos de enfriadores, evidenciar fenómenos de saturación de hoyos (o machos), etc.. De este modo se pueden reducir los tiempos de fabricación de una pieza evitando trabajos de reparación o el rechazo mismo.

Cameri (10 nov. 08)

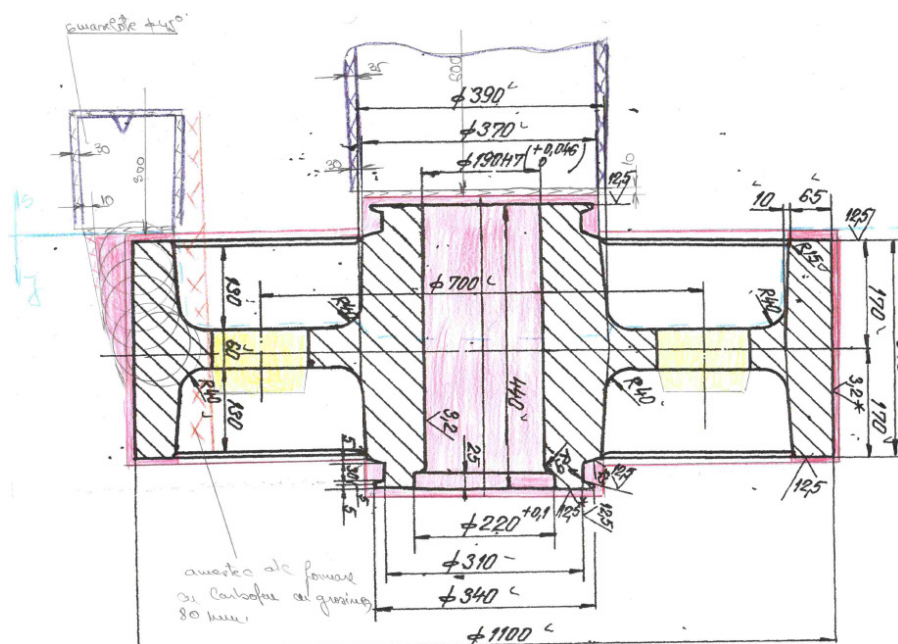


Fig.1 La rueda dentada con las notas de las creces y el mazarotado

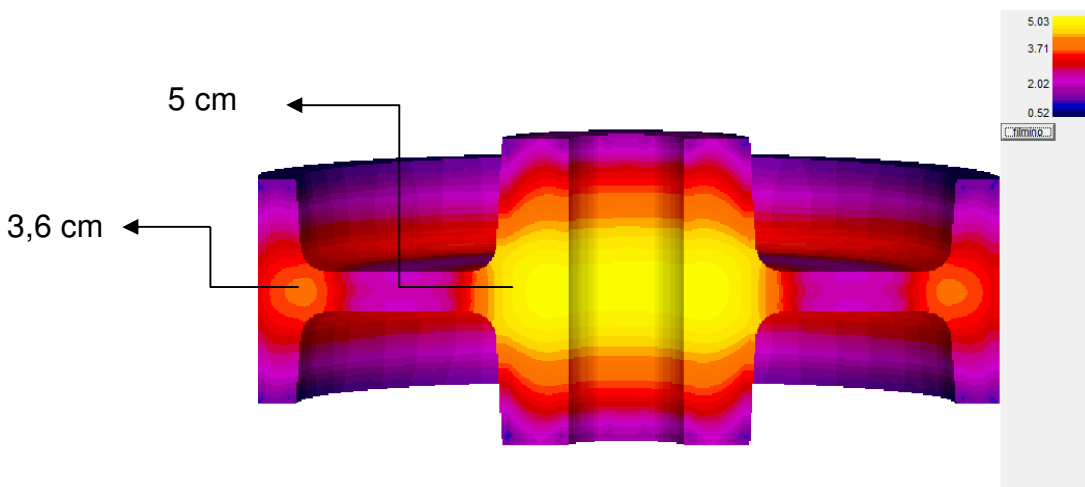
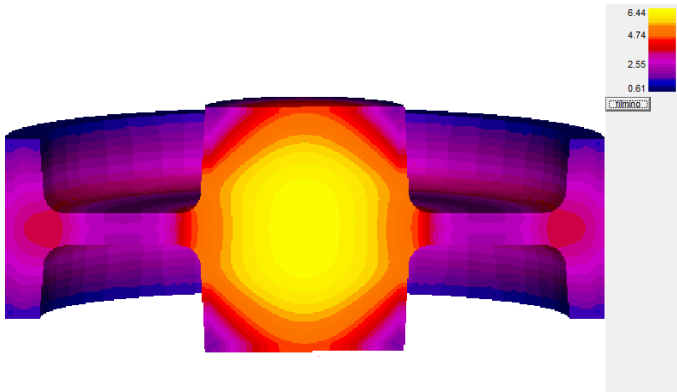


Fig.2 La distribución de modulus en el modelo no modificado



(a)

**Mazarotado SOLIDCast**

**Calculo mazarotas**  
Proyecta mazarota 1

Modulo pieza:  cm  
 Volumen pieza:  cm<sup>3</sup>

Relac. modulos maz./pieza:   
 Modulo mazarota previsto:  cm

En arena      Factor incremento del modulo:   
 Manguito aislante  
 Manguito exotermico

Diametro mazarota:  mm      Vol.mazarota actual:  cm<sup>3</sup>  
 Altura mazarota:  mm      Vol.mazarota previsto:  cm<sup>3</sup>  
 Modulo actual mazarota:  cm      Eficiencia mazarota:  %  
 Relac. altura/diametro:

VOLUMEN MAZAROTA OK  Usa W/dawer

(b)

Fig.3 (a) Distribucion de modulos despues de la eliminacion del foro (b) Utilizacion del Asistente del mazarotado en la definicion del manguito para el moyu

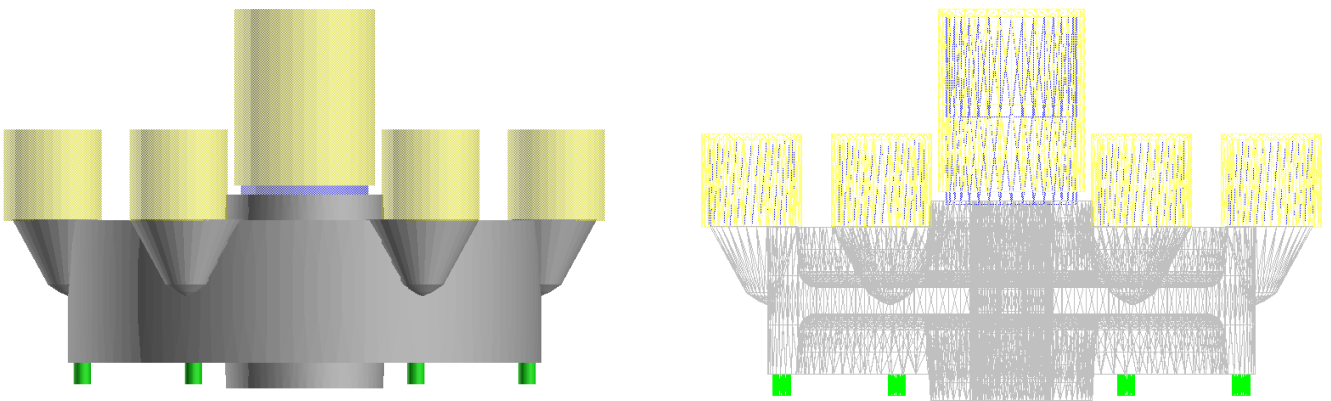
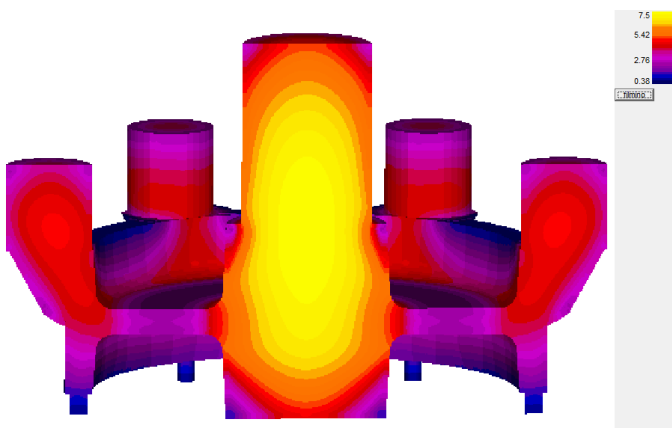
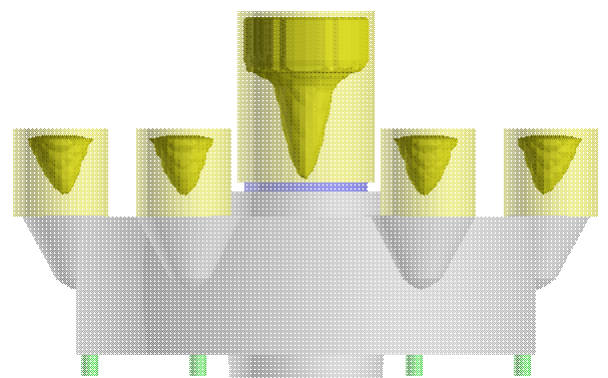


Fig.4 El modelo con los manguitos y el padding en vista opaca (izq.) y transparente (der.)



(a)



(b)

5 (a) Distribucion de modulos (b) situacion de rechupes

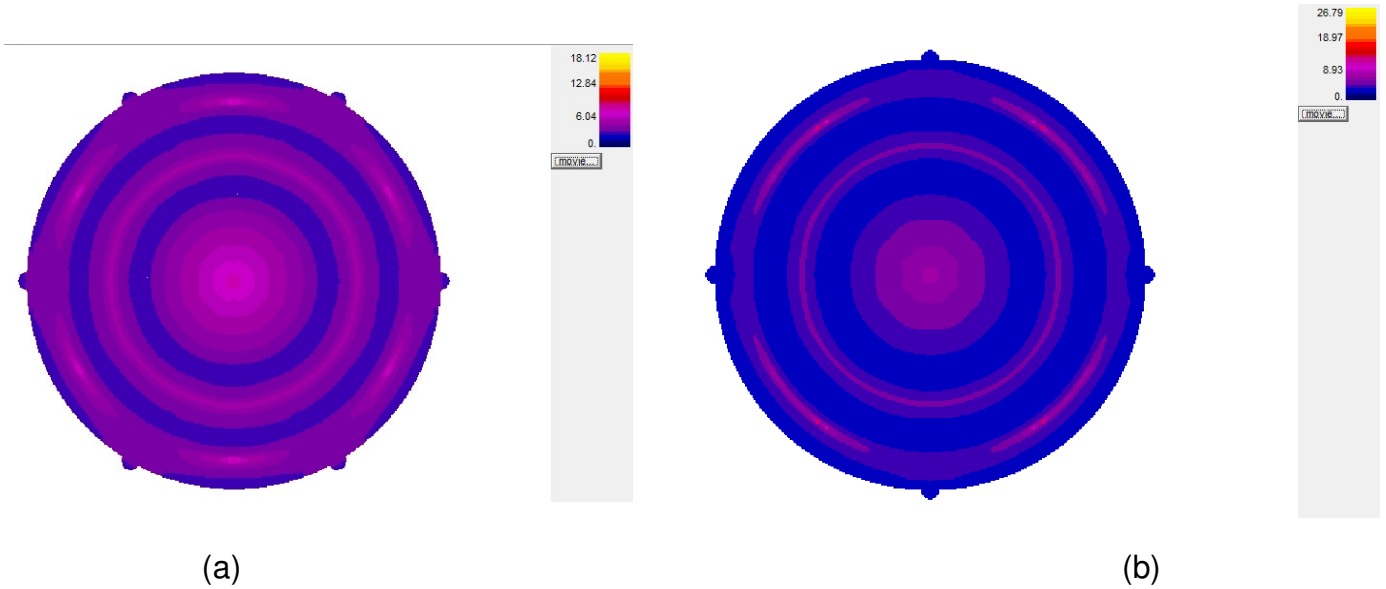


Fig.6 Criticidad de las zonas entre mazarotas con solución (a) a 6 mazarotas (b) a 4 mazarotas

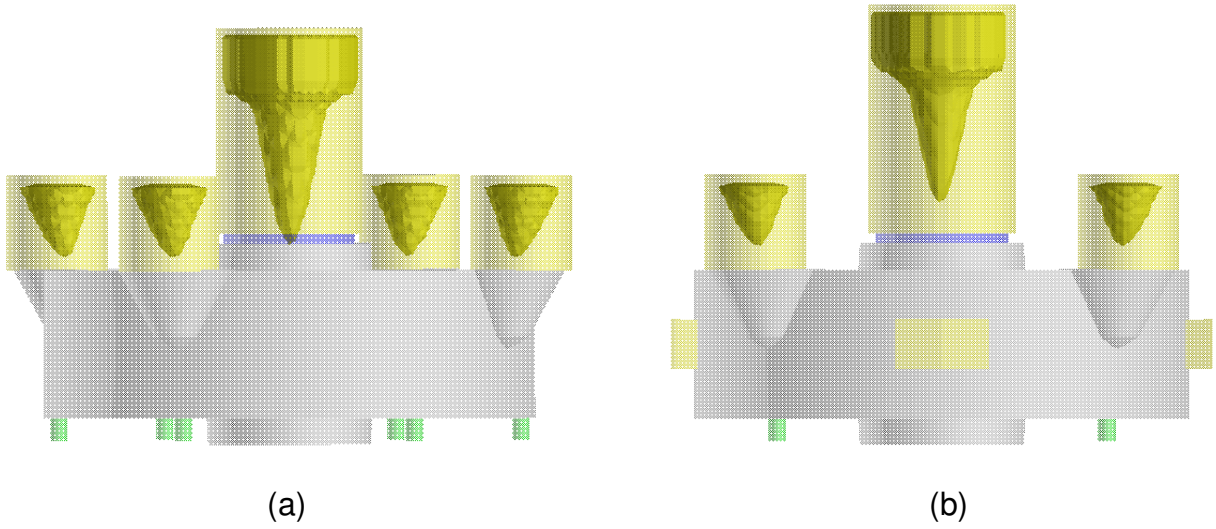


Fig.7 La solución con 4 manguitos en la corona y con manguito central de altura (a) 450 mm (b) 500 mm y enfriadores (4)

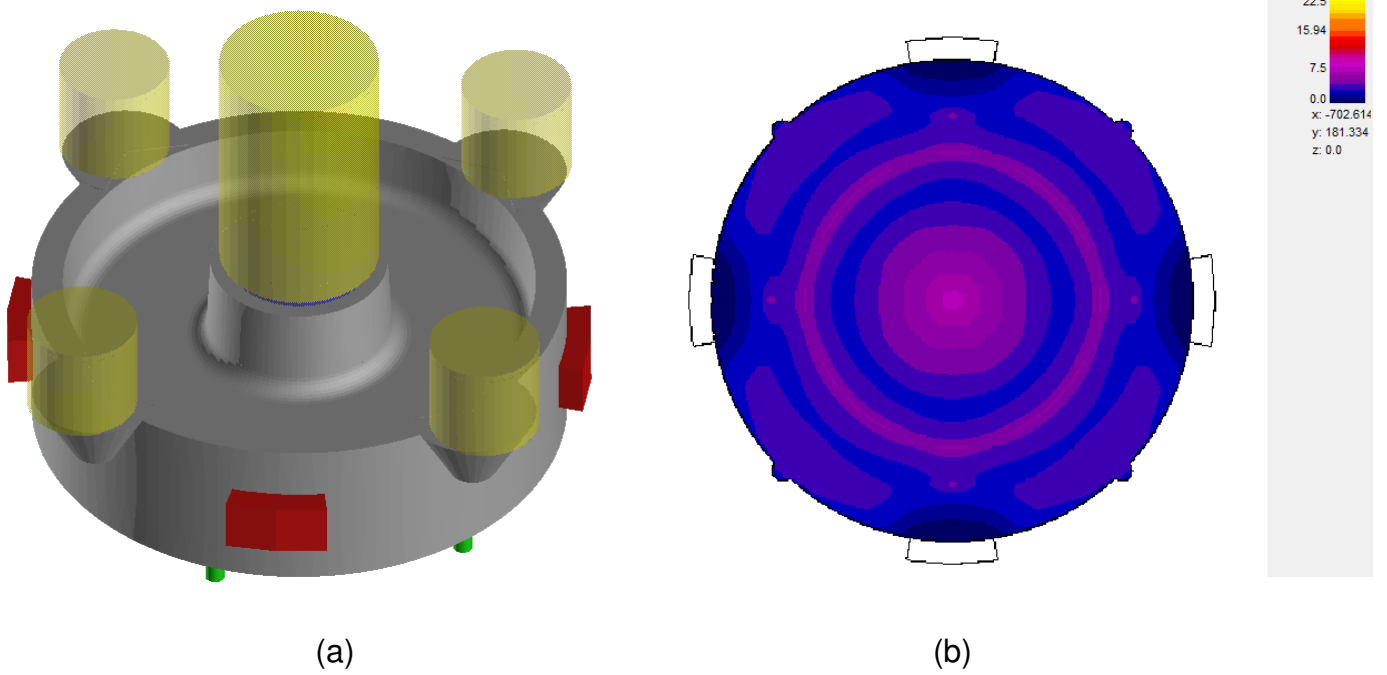


Fig.8 Solucion con 4 manguitos y 4 enfriadores (a) el modelo (b) el criterio FCC



