

# El uso de técnicas de Simulación para la predicción de defectos en piezas fundidas.

**T. Rodríguez Moliner, A. Parada Expósito, U. Ordóñez.**

\*Departamento de Tecnología de la Construcción de Maquinarias, Facultad de Ingeniería Mecánica  
Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE), Ciudad de la Habana, Cuba.  
Teléfono: 267-12-08, Email: tania@mecanica.cujae.edu.cu

(Recibido 4 de Noviembre 2003, aceptado 5 de Febrero 2004).

## Resumen

El uso de técnicas de simulación para predecir defectos en piezas fundidas es una técnica ampliamente difundida en el mundo. Esto conlleva grandes ahorros de tiempo y recursos, además de aumentar la calidad de las piezas que se obtienen. Estas ventajas son ejemplificadas en el siguiente artículo mostrando las posibilidades del uso de este tipo de técnicas en el campo de la tecnología de la fundición.

**Palabras Claves:** simulación, solidificación, llenado del molde, rechupe.

## 1. Introducción.

En la actualidad casi no se concibe un proceso de la vida cotidiana que no se pueda simular. Por ejemplo, ya nadie aprende a pilotear un avión sin antes haber pasado innumerables horas frente a un simulador de vuelo. Todo aquel proceso que ya sea por su alto costo o por su imposibilidad de hacerlo real en determinado momento, puede dejar de utilizar exitosamente este tipo de técnicas. Como planteó el profesor Scalla Estalella: "La ingeniería también modeliza sus situaciones. Al fin y al cabo, un modelo no es más que un sistema ideal que se comporta como el real con el grado de aproximación suficiente, pero que es más sencillo de calcular, más fácil de construir, más rápido en reaccionar o más seguro de utilizar. Cualquiera de estas cuatro situaciones puede conducir al ingeniero mecánico a modelizar su problema. Pero los modelos son cada vez más complejos, es decir más próximos a la situación real. La computadoras han permitido llevar el cálculo numérico a donde nunca hubiera podido llegar el análisis matemático." [1]

La fundición es un proceso altamente complejo donde se combinan el flujo de metal en la cavidad del molde y la transferencia de calor. La consolidación del método de los elementos finitos ha permitido que este fenómeno entre tantos otros se pueda simular con ventajas evidentes. El uso de computadoras cada vez más potentes ha permitido la creación de modelos cada vez más exactos y cercanos a la situación real.

En el mundo existen diversos *software* comerciales para simular la solidificación en piezas fundidas

(*MagmaSoft, NovaFlow & Solid, ViewCast, CastCAE, MAVIS*, etc.) [5-10], los cuales están muy extendidos en países desarrollados. En los Estados Unidos se estimaba hace unos años que al menos la mitad de las piezas que se fundían habían sido simuladas [2]. En Cuba, que sea del conocimiento de los autores, no hay fundiciones que simulen sus tecnologías de fundición y el uso de este tipo de programas esta poco difundido en el campo de la fundición de piezas.

El presente artículo pretende ejemplificar las claras ventajas del uso de simuladores de solidificación de manera tal, que sea posible extender su uso con los considerables ahorros para el país que puede traer consigo.

## 2. Simulación de la Solidificación.

La tecnología de piezas fundidas tiene como uno de sus últimos pasos la comprobación de la misma en la práctica, paso que desperdicia una gran cantidad de recursos en caso de tener errores la misma. Con mucha frecuencia se realizan tecnologías en las que mayormente interviene la experiencia de los especialistas y estas necesitan de un número grande de pruebas para llegar al éxito, por supuesto con una considerable pérdida para la empresa.

Estos problemas se agravan cuando las piezas son de grandes dimensiones, tal como el bloque de cilindros (*block*) de un determinado motor que puede llegar a pesar 19 toneladas.

Como variables de entrada además de la geometría de la pieza, el simulador tiene en cuenta la composición

química de la aleación a fundir, el tipo de mezcla de moldeo, la temperatura del metal y el molde, entre otros parámetros. También tiene en cuenta el movimiento de la pared del molde cuando se usa arena en verde, algo que no hay manera de prever en cálculos manuales de aquellas aleaciones que como el hierros fundidos se expanden [4].

Los resultados de la simulación permiten visualizar los principales defectos que se deben producir debido al

rechupe, así como los tiempos de solidificación en cada elemento de la malla. La figura 1 muestra los resultados de una corrida del simulador en una pieza analizada. Todos los elementos coloreados 1a responden a elementos que presentarán rechupes, y en 1b el color de cada elemento representa los diferentes tiempos de solidificación.

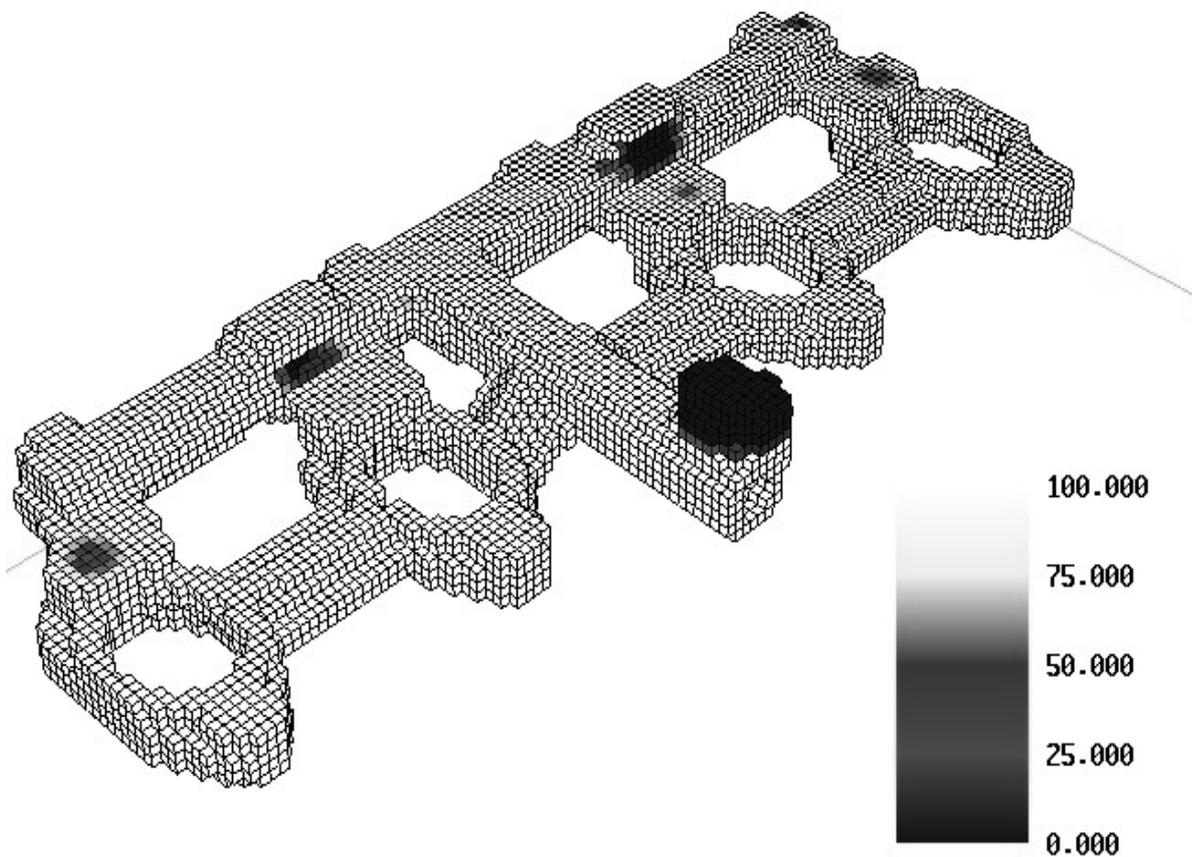


Figura 1a. Resultados de la simulación, analizando los posibles rechupes. La escala de colores comprende desde 0 a 100% de llenado de cada elemento de la malla.

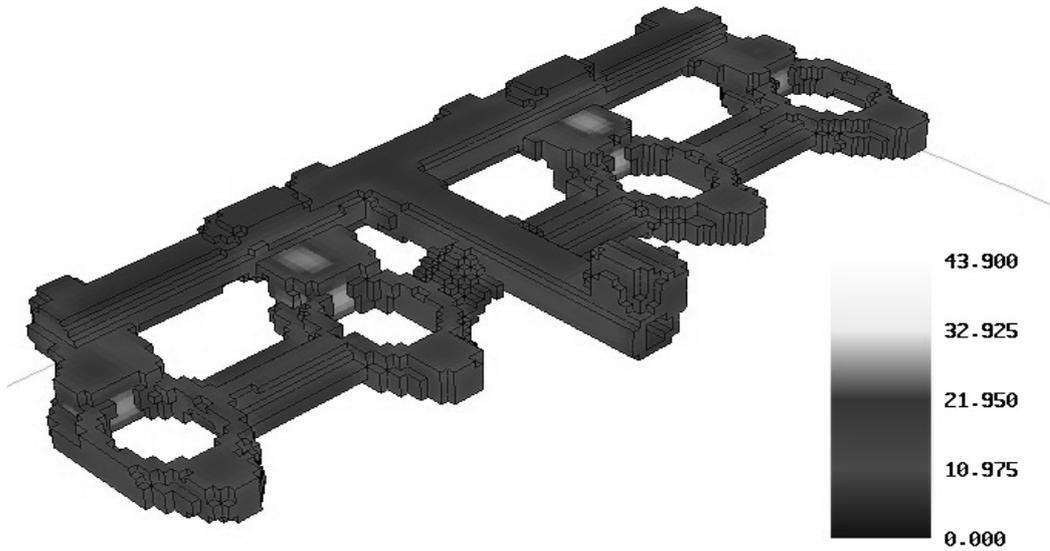


Figura 1b Resultados de la simulación, analizando los tiempos de solidificación. La escala de colores comprende desde 0 a 43.9s de tiempo de solidificación de cada elemento.

Estos resultados permiten analizar los nudos térmicos y diseñar exitosamente, muchas veces con la ayuda de software especializados un adecuado sistema de alimentación y mazarotado. El conocimiento preciso de

los tiempos de solidificación de cada elemento de la malla, permite una mejor ubicación y determinación de las dimensiones de las mazarotas, evitando el usual sobredimensionamiento de las mismas.

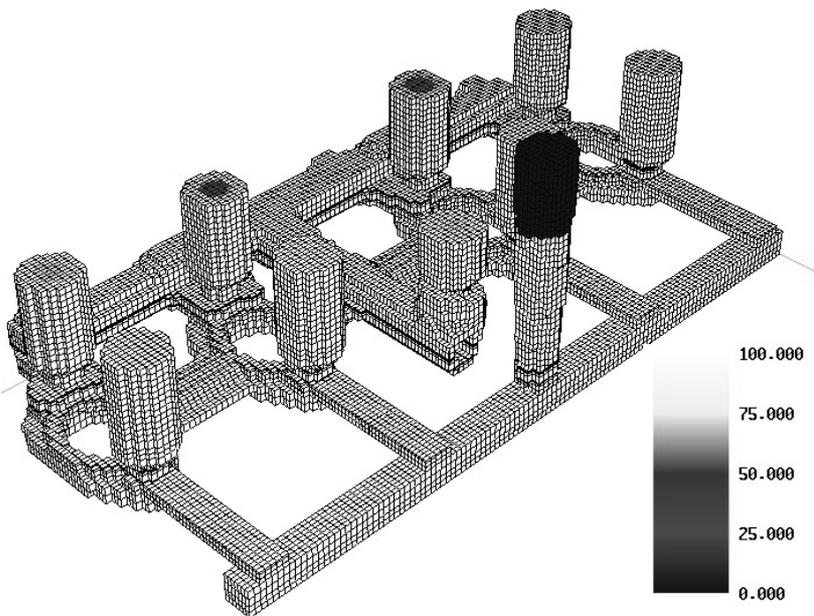


Figura 2. Resultados de la simulación, analizando los posibles rechupes en la pieza luego de diseñado el sistema de alimentación y colocadas las mazarotas. La escala de colores comprende desde 0 a 100% de llenado de cada elemento. Como se puede ver desaparecieron los defectos que se observaban en la Fig. 1a.

Haciendo iteraciones sucesivas se puede llegar a una tecnología que logre obtener una pieza sin defectos, tal como se muestra en la figura 2.

### 3. Simulación del llenado del molde.

El fenómeno de que el metal líquido que está entrando en la cavidad del molde solidifique antes de copiar toda la forma de la misma es conocido como *cold shut*. Este es uno de los defectos principales que se producen durante el llenado del molde y se convierte en crítico cuando las piezas tienen pequeños espesores. Piezas con pequeños espesores se han vuelto muy comunes debido a la necesidad de producirlas cada vez más ligeras para disminuir los consumos energéticos.

La simulación del llenado del molde permite también observar el régimen del flujo de metal en la cavidad del molde, la posible turbulencia que se formaría y corregir la forma del sistema de alimentación en caso de problemas [3].

En la Figura 3 se muestra una secuencia de imágenes que se corresponden con la simulación del llenado del molde.

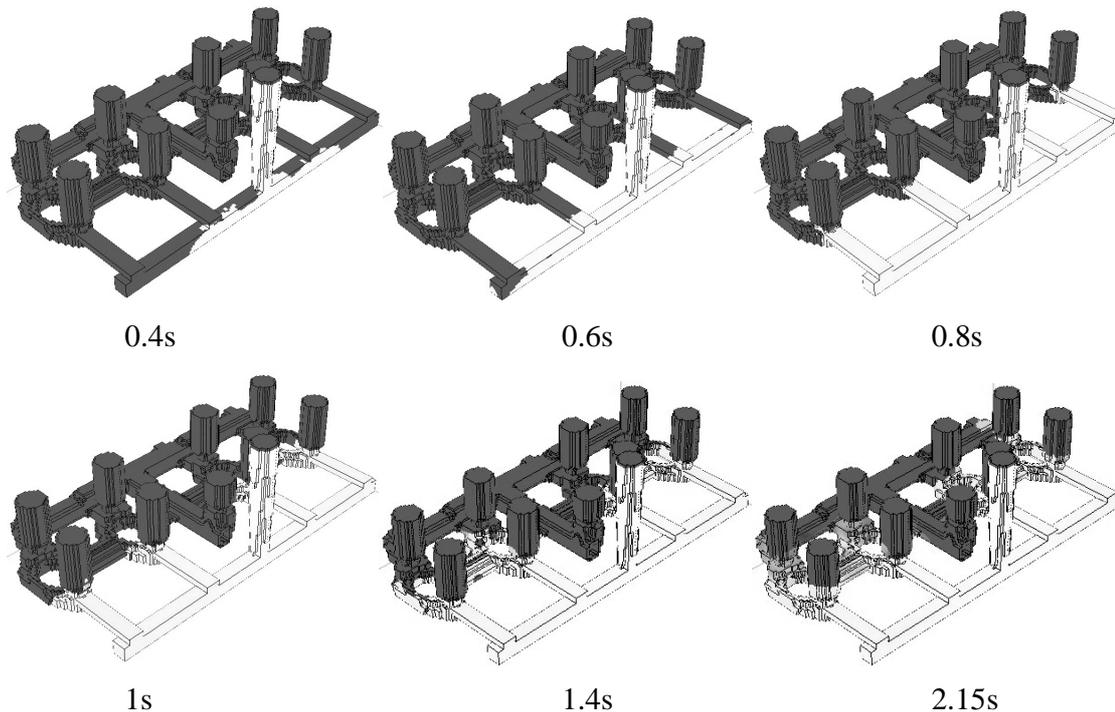


Figura 3. Secuencia que muestra la simulación del llenado del molde hasta los 2.15 segundos, las diferentes tonalidades representan las diferentes temperaturas del metal a medida que se va enfriando.

### 4. Conclusiones.

La simulación para predecir defectos en piezas fundidas es una herramienta muy poderosa que trae consigo las siguientes ventajas:

- Disminución del tiempo de puesta a punto de una tecnología de fundición propuesta. Muchas veces este tiempo es crítico para el desarrollo de un prototipo.
- Disminución de las pérdidas materiales y energéticas, ya que cuando una tecnología se lleva a la práctica tiene un margen de error mucho menor.
- Obtención de piezas fundidas de mayor calidad.

Está demostrado que todo esto conlleva a ahorros considerables para la empresa que lo utilice. Es por esto que no se concibe hoy la fundición sin la simulación, que es sinónimo de mejores piezas fundidas en menos tiempo y con un mayor aprovechamiento de metal.

## 5. Bibliografía.

1. J. J. Scalla Estalella. Fundamentos científicos de la ingeniería mecánica. Conferencia Inaugural del I Congreso Iberoamericano de ingeniería Mecánica.
2. [www.wtec.org/loyola/casting/06\\_03.htm](http://www.wtec.org/loyola/casting/06_03.htm)
3. Z.A. Xu, F. Mampaey and Ch. Defranq. Modelling of mould filling and solidification of castings. Proceedings of the Symposium on Computational and Experimental Methods in Mechanical and Thermal Engineering. 1998. Gent, Bélgica.
4. Y.Ling, F.Mampaey, E.Wettinck and J.Degrieck. Experimental and numerical analysis of sand mould movement in the gravity casting process. Proceedings of the Symposium on Computational and Experimental Methods in Mechanical and Thermal Engineering. 1998. Gent, Bélgica.
5. [www.novacast.se/solidification.htm](http://www.novacast.se/solidification.htm)
6. [www.meehanite.co.uk/page27.htm](http://www.meehanite.co.uk/page27.htm)
7. [www.stockton-castings.co.uk/simulation.htm](http://www.stockton-castings.co.uk/simulation.htm)
8. [www.castingsdev.com/case studies/Allen case study](http://www.castingsdev.com/case_studies/Allen_case_study)
9. [www.alphacast-softaware.co.uk/mavisflow.htm](http://www.alphacast-softaware.co.uk/mavisflow.htm)
10. [www.metal-technologies.com/solidify.asp](http://www.metal-technologies.com/solidify.asp)
11. S.G.R.Brown, J.A. Spittle, J.D.James. The mold filling and solidification of a complex Foundry Casting. JOM-e, January 2002.

\*\*Nota de los autores

Todos los resultados de simulación que se muestran en el presente artículo han sido simulados con el ViewCast. Este software se encuentra en el Departamento de Tecnología de la Construcción de Maquinarias y ha sido desarrollado por el Centro de Fundición WTCM en Bélgica. Están invitados a contactarnos para su uso.

---

## The use of simulation techniques for the prediction of defects in casting parts.

### Abstract

The aim of the present paper is to show the evident advantages of using simulation techniques in foundry technologies. The considerable save of time and economic resources that implies the use of this techniques has spread worldwide.

As in Cuba the use is not extended to the foundries, we intend to demonstrate the possibilities of the use of simulation software for the development of casting technologies.

**Key words: simulation, solidification, mould filling, shrinkage.**