

# NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG KHUYẾT TẬT RỖ BẰNG CÔNG NGHỆ ĐÚC FURAN SỬ DỤNG PHẦN MỀM PROCAST

## STUDYING SIMULATION BLOW HOLES DEFECT BY FURAN CASTING TECHNOLOGY USING PROCAST SOFTWARE

**Trần Pháp Đông**

Đại học Hàng Hải Việt Nam

tranphapdong@gmail.com

**Tóm tắt:** Bài báo này trình bày kết quả mô phỏng khuyết tật rỗ bằng công nghệ đúc furan sử dụng phần mềm mô phỏng Procast... Dựa vào các điều kiện ban đầu (như yêu cầu sản phẩm thực tế, các bản vẽ...) tác giả xây dựng phương án sản xuất sơ bộ sau đó thông qua việc mô phỏng quá trình đúc trên phần mềm để xác định được phương án tối ưu. Bài báo đã thiết lập được, xây dựng hệ thống rót cũng như tiến hành mô hình hóa mô phỏng quá trình đúc. Các kết quả nghiên cứu cho thấy: sau khi tính toán mô phỏng bằng phần mềm chuyên dụng Procast đã xác định được vị trí khuyết tật lõm co. Từ đó tác giả đã đưa ra các cảnh báo về sự xuất hiện của các khuyết tật có trong vật đúc; xác định chính xác vị trí các khuyết tật này. Từ kết quả mô phỏng tác giả đã áp dụng vào thực tế sản xuất và nhận thấy rằng việc mô phỏng quá trình đúc bằng phần mềm procast thực sự chính xác trong việc đưa ra về khuyết tật của vật đúc.

**Từ khóa:** Mô hình hóa; mô phỏng số; khuyết tật; vật đúc; đúc furan

**Chỉ số phân loại:** 2.1

**Abstract:** This paper presents simulation results of pitting defects with furan casting technology using Procast simulation software. Based on the initial conditions (such as actual product requirements, drawings ...), the author develops a preliminary production plan later through simulating the casting process on procast software to determine the method. The article has been established, building pouring system as well as conducting modeling simulation of casting process. The research results show that: after calculating simulation with Procast dedicated software, the concave defects location has been identified. Since then the author has issued warnings about the occurrence of defects in castings; determine the exact location of these defects. From the simulation results, the author has applied to the actual production and found that the simulation of procast software casting process is really accurate in making the defects of castings.

**Keywords:** Modeling; numerical simulation; disabilities; casting; Furan casting

**Classification number:** 2.1

### 1. Giới thiệu

Đúc là một kỹ thuật gia công chế tạo các chi tiết máy phổ biến áp dụng trong các lĩnh vực công nghiệp. Đây là quá trình nấu chảy kim loại rồi rót vào khuôn; sau quá trình đông đặc sẽ thu được sản phẩm với hình dáng và kích thước theo thiết kế. Ngày nay, công nghệ đúc mỗi ngày một phát triển và áp dụng ngày càng nhiều đặc biệt là quá trình đúc chính xác. Tuy nhiên, kiểm soát chất lượng vật đúc là cả một vấn đề lớn. Trong quá trình đúc thường xuất hiện một số dạng khuyết tật phổ biến như: Rỗ co; lõm co; thiên tích.... Trong đó rỗ co vào bên trong là dạng khuyết tật nguy hiểm bởi lẽ bằng mắt thường chúng ta khó có thể phát hiện được các khuyết tật này [1-3].

Nếu như trước đây, chất lượng vật đúc phụ thuộc nhiều vào kinh nghiệm của người thợ và phải đợi sau khi thu được sản phẩm mới có thể xác định được thì ngày nay bằng công nghệ hiện đại với các phần mềm tính toán mô phỏng ưu việt chúng ta có thể tính toán xác định chính xác vị trí khuyết tật cũng như tính toán được quá trình đông đặc. Nhờ những ưu việt cơ bản của các phần mềm thiết kế đúc mà tỷ lệ sai hỏng được giảm xuống; tiết kiệm được cho nhà máy [4-7].

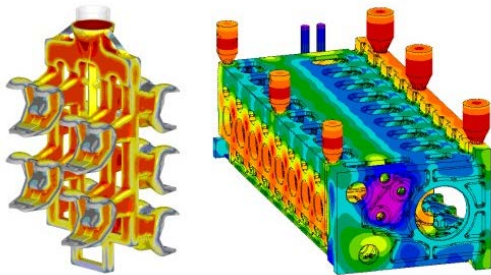
Trên thế giới hiện nay có nhiều phần mềm mô phỏng khác nhau. Tuy nhiên Procast là phần mềm mô phỏng chuyên dụng cho công nghệ đúc [8-12,6].

Procast (được phát triển bởi ESI - Group của Hoa Kỳ) là phần mềm cho phép dự đoán toàn bộ một chu trình đúc. Bao gồm mô phỏng

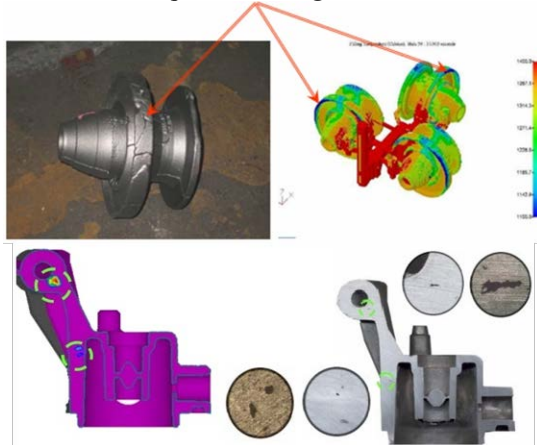
quá trình điền đầy khuôn, quá trình đông đặc, tổ chức tế vi, và quá trình cơ nhiệt (nứt nóng, ứng suất, bền mỏi) của vật đúc. Quá trình mô phỏng được thực hiện một cách nhanh chóng và cho kết quả ngay. Giúp nhà sản xuất có thể kịp thời sửa chữa thiết kế của mình trước khi đưa vào sản xuất [9-14].

Dựa trên nền tảng mô hình phần tử hữu hạn, kết hợp với các tiện ích được tích hợp sẵn và một hệ thống cơ sở dữ liệu ngày càng được hoàn thiện. Procast thực sự trở thành một công cụ mạnh mẽ giúp nhà sản xuất giảm giá thành sản phẩm, tăng năng suất đúc và tăng chất lượng vật đúc [12,15,16].

Phần mềm dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) đây là phương pháp số để giải các bài toán trong quá trình đúc bằng các phương trình vi phân với những điều kiện biên cụ thể. Kết quả mô phỏng thu được có thể là [10]:



Hình 1. Mô phỏng phân bố nhiệt và quá trình đông đặc.



Hình 2. Mô phỏng vị trí rỗ.

Qua nhiều lần kiểm tra so sánh giữa quá trình mô phỏng và thực tế sản xuất phần mềm Procast đã được rất nhiều công ty cũng như nhà khoa học đánh giá rất cao và được áp dụng rộng rãi.

Phần mềm Procast được ứng dụng chủ yếu trong các công nghệ đúc sau:

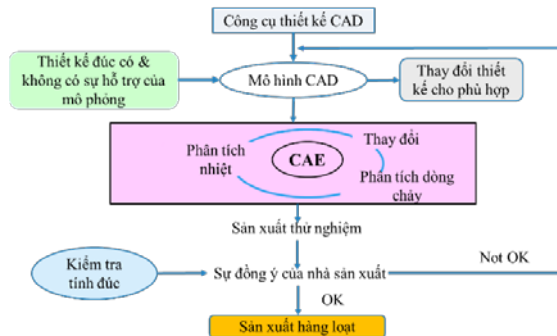
- + Đúc khuôn cát sét, furan, alphaset;
- + Đúc khuôn mẫu chảy (khuôn vỏ mỏng);
- + Đúc khuôn mẫu thoát khí (mẫu sẽ hóa hơi trong quá trình kim loại điền đầy khuôn);
- + Đúc ly tâm;
- + Đúc bán lỏng;
- + Đúc liên tục;
- + Đúc áp lực (áp lực cao, áp lực thấp) [9, 12, 14].

Công nghệ đúc furan là công nghệ coldbox. Cát được trộn với nhựa furan theo một tỷ lệ nhất định với chất đóng rắn là H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Đặc điểm của công nghệ này độ bền của khuôn khá cao và có khả năng tái sinh được cát sau khi đúc. Với công nghệ đúc furan sẽ cho sản phẩm có độ nhẵn bóng và chính xác ở bề mặt [1].

Chính nhờ những ưu điểm phân tích ở trên của phần mềm Procast bài báo tiến hành nghiên cứu mô phỏng khuyết tật rỗ xuất hiện trong chi tiết đúc bằng công nghệ đúc furan.

## 2. Phương pháp thiết kế và ứng dụng phần mềm Procast

### 2.1. Sơ đồ thiết kế



Hình 3. Sơ đồ khối quá trình mô phỏng.

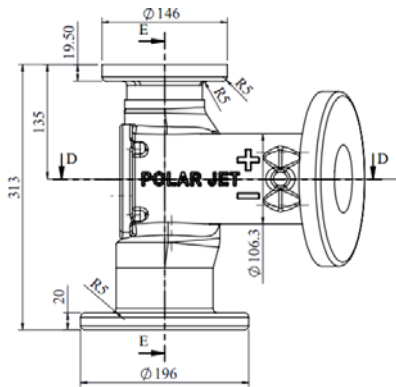
### 2.2. Các bước thao tác mô phỏng

Quá trình mô phỏng đúc được thể hiện như sơ đồ ở trên và có thể miêu tả như sau: Từ bản vẽ thiết kế ban đầu xây dựng mô hình 3D cho chi tiết cùng với đó là thiết kế khuôn đúc. Từ yêu cầu công việc, sản phẩm xây dựng bản vẽ 2D sau đó tạo mô hình 3D. Với bước này thì có thể tùy chọn dùng PRO, UNX, CATIA.

Chỉnh sửa sao cho thu được thiết kế phù hợp; tiến hành mô phỏng phân tích quá trình để có được phương án tối ưu. Trong quá trình

này cần thực hiện biện pháp chia lưới cũng như khai báo thông số đầu vào của quá trình đúc. Dưới đây là cụ thể hóa các phương trong quá trình ở trên.

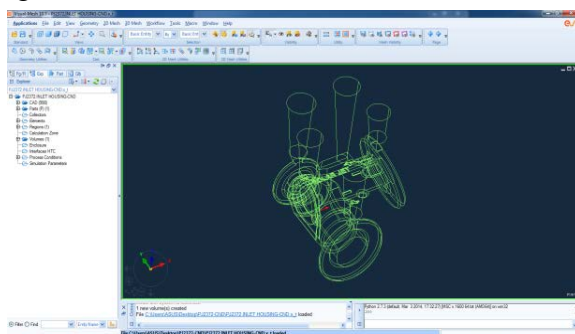
Bước 1. Bản vẽ chi tiết.



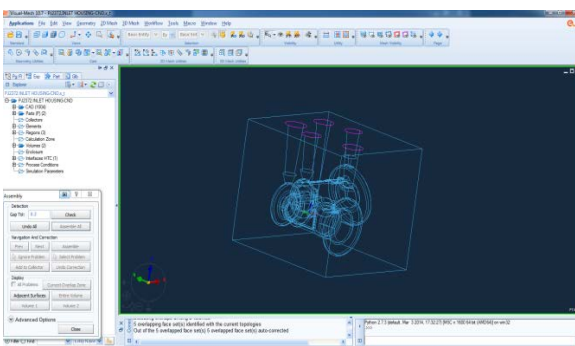
Hình 4. Bản vẽ chi tiết.

Đối với sản phẩm này khuôn đúc và hệ thống rót, ngót không có yêu cầu đặc biệt nên ta tiến hành thiết kế hệ thống rót, ngót và khuôn ngay trên công cụ sẵn có của phần mềm Procast

➤ Thiết kế các hệ thống rót, hệ thống ngót.



➤ Thiết kế khuôn.



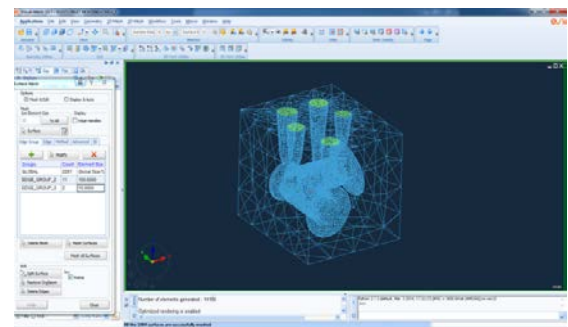
Bước 2. Mesh

Chú ý:

+ Thực hiện Mesh lần lượt các chi tiết đã vẽ;

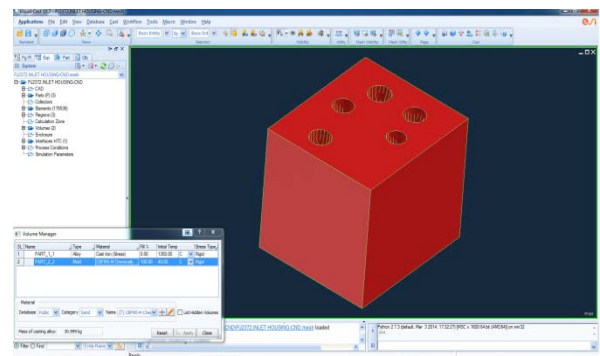
+ Việc chia lưới là công đoạn khó khăn nhất của Procast. Ví dụ: Vật đúc có những gờ hay thành dày cỡ 1 mm chẳng hạn thì lưới không thể lớn hơn 1mm vì như vậy Mesh sẽ bị lỗi. Tuy nhiên cũng không thể Mesh nhỏ quá thì quá trình mô phỏng trên máy tính sẽ diễn ra rất lâu.

➤ Mesh khuôn, vật đúc, hệ thống rót, hệ thống ngót.

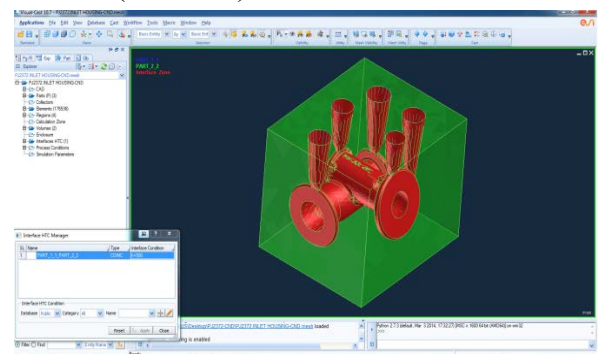


Bước 3. Procast (nhập các thông số đúc).

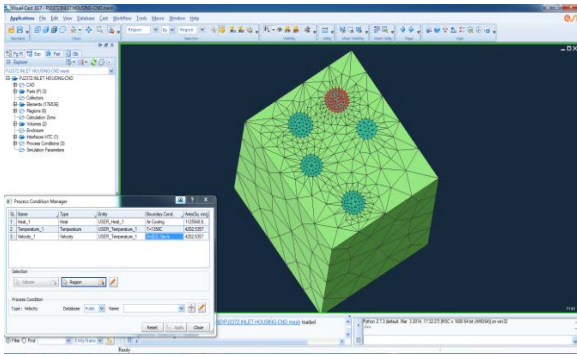
➤ Gắn vật liệu cho khuôn, vật đúc.



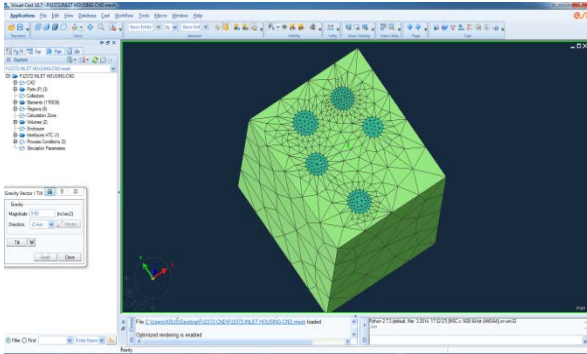
➤ Xác định hệ số trao đổi nhiệt khuôn - vật đúc (interface).



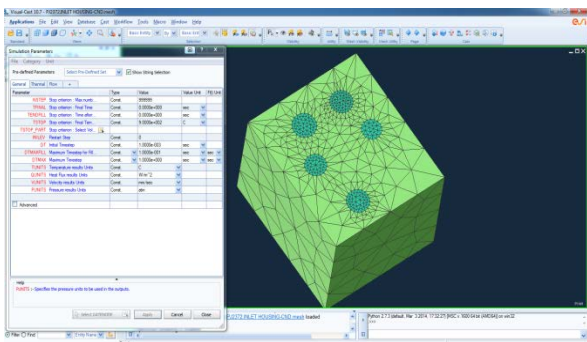
➤ Xác định điều kiện biên, như nhiệt độ, vận tốc vào kim loại trao đổi nhiệt khuôn môi trường, nhiệt độ hệ thống làm mát.....



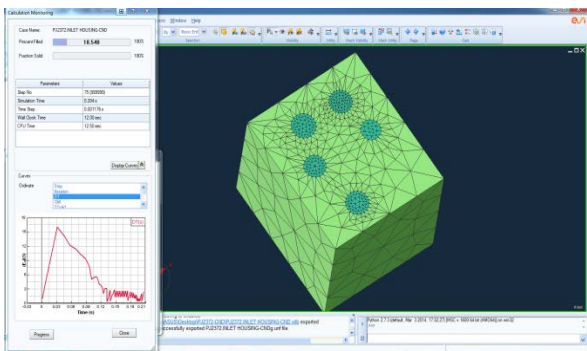
➤ Thiết lập gia tốc trọng trường.



➤ Thiết lập điều kiện chạy mô phỏng: Dòng chảy, chu kỳ, ứng suất hay micro-structure, áp suất...

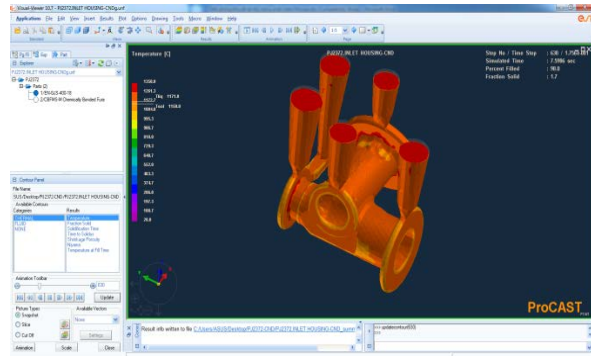


Bước 4. Run (sau khi thiết lập các thông số chọn save →Run) Bắt đầu chạy mô phỏng.

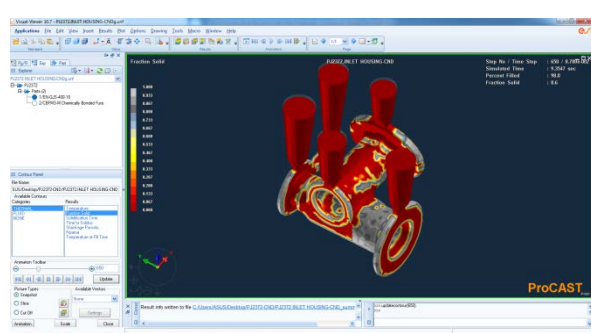


Bước 5. Viewcast (xuất ra kết quả mô phỏng).

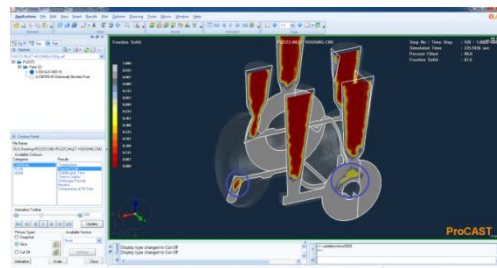
➤ Phân bố nhiệt độ.



➤ Bố trí điền đầy.

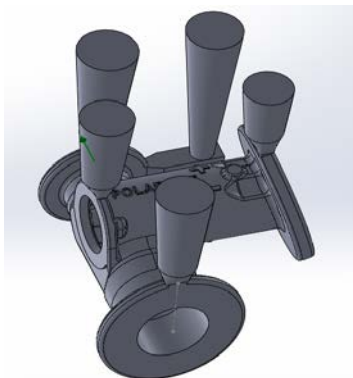


➤ Những vị trí nguy hiểm cần khắc phục.



**3. Kết quả sau khi mô phỏng**

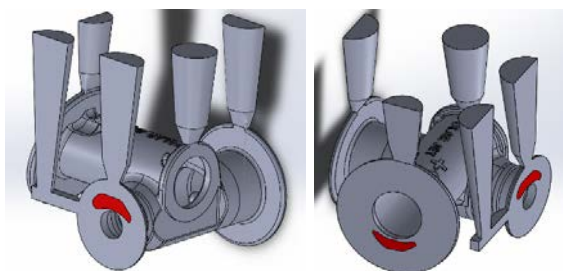
Từ bản vẽ 2D về chi tiết cốt nổi trong hệ thống cấu trúc hỏa trên tàu tiến hành xây dựng bản vẽ mô hình 3D cho chi tiết. Quá trình xây dựng mô hình thu được kết quả như sau:



Hình 5. Mô hình 3D hệ thống rút.

➤ Bản vẽ 3D theo thiết kế ban đầu (khi chưa sử dụng phần mềm Procast).

➤ Bản vẽ 3D sau khi mô phỏng bằng phần mềm Procast: Phần mềm sẽ cho biết những vị trí có dấu đỏ là nguy cơ xảy ra hiện tượng lõm (co ngót).



Hình 6. Kết quả mô phỏng.

Phân tích kết quả mô phỏng chi tiết bằng phần mềm Procast cho thấy với việc bố trí hệ thống rót và ngót như hiện nay trong lòng chi tiết xuất hiện rất nhiều khuyết tật lõm co (vị trí đỏ). Những khuyết tật này sẽ ảnh hưởng đến chi tiết ở những điểm sau:

- + Chi tiết không được điền đầy kim loại;
- + Cơ tính không được đảm bảo;
- + Vị trí khuyết tật sát với hỗn hợp làm khuôn dễ gây hiện tượng sập hòm khuôn.

Như vậy có thể thấy rằng, cách bố trí hệ thống rót và ngót như hiện nay là bất hợp lý gây ảnh hưởng xấu đến chất lượng vật đúc.

#### 4. Kết luận

Như vậy bằng phần mềm Procast bài báo đã nghiên cứu mô phỏng tìm được vị trí khuyết tật rõ của chi tiết theo phương án thiết kế trên. Những khuyết tật này nằm bên trong chi tiết rất khó để có thể phát hiện được.

Từ những kết quả của mô phỏng quá trình đúc giúp chúng ta đánh giá phân tích và chỉnh sửa thiết kế quá trình đúc □

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Nguyễn Hữu Dũng, Nguyễn Hồng Hải, *Cơ sở lý thuyết các quá trình đúc*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [2] Nguyễn Hữu Dũng (2006), *Hợp kim đúc*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

- [3] Lê Công Dưỡng (2000), *Vật Liệu Học*, NXB Khoa Học và Kỹ Thuật, Hà Nội.
- [4] Trần Hữu Tường, Đinh Công Mỹ, Trần Tại, Nguyễn Văn Siêm, Lê Việt Ngưu và Vũ Công Luận (1972), *Công nghệ kim loại*, NXB Đại học và Trung học chuyên nghiệp.
- [5] Phạm Đình Sùng (1998), *Công nghệ gia công kim loại*, NXB Xây dựng.
- [6] Phạm Quang Lộc (2000), *Kỹ thuật đúc*, NXB Thanh niên.
- [7] Bàn Tiến Long (2001), *Nguyên lý gia công vật liệu*. NXB Khoa học và Kỹ thuật;
- [8] R.A. Stoehr and W.S. Hwang (1983), *Modeling the Flow of Molten Metal Having a Free Surface During the Entry Into Molds*, in *Proceedings of the Engineering Foundation, Modeling and Control of Casting and Welding Processes, II*, The Metallurgical Society.
- [9] A.A. Amsden and F.H. Harlow, *"The SMAC Method, A Numerical Technique for Calculating Incompressible Flows,"* Technical Report LA-4370, Los Alamos Scientific Laboratory, 1970
- [10] B.D. Nichols, C.W. Hirt, and R.S. Hotchkiss (1980), *"SOLA-VOF, A Solution Algorithm for Transient Fluid Flow With Multiple Free Boundaries,"* Technical Report LA-8355, Los Alamos Scientific Laboratory.
- [11] R.J. Roache (1976), *Computational Fluid Dynamics*, Hermosa,
- [12] H. Walther and P.R. Sahn, *A Model for the Computer Simulation of Flow of Molten Metal Into Foundry Molds*, *Giessereiforschung*, Vol 38, 1986, p 119-124 (in German)
- [13] R.A. Stoehr and P. Ingerslev 1986, *Flow Analysis of Mold Filling Using Marker and Cell*, Publication TM 86.09, Laboratory for Thermal Processing, Process Technical Institute, Technical University of Denmark,
- [14] P.V. Desai and F. Rastegar, *Convection in Mold Cavities*, in *Modeling of Casting and Welding Processes*, H. D. Brody and D. Apelian, Ed., The Metallurgical Society, 1981, p 351-359
- [15] P.V. Desai et al., *Computer Simulation of Forced and Natural Convection During Filling of a Casting*, Paper 97, Trans. AFS, 1984, p 519-528

**Ngày nhận bài: 21/6/2019**

**Ngày chuyển phản biện: 24/6/2019**

**Ngày hoàn thành sửa bài: 15/7/2019**

**Ngày chấp nhận đăng: 22/7/2019**