

## ÁP DỤNG PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ CAD/CAE TỐI ƯU ĐƯỜNG KÍNH KÊNH DẪN NHỰA CHO KHUÔN ÉP 16 SẢN PHẨM NẮP BÚT

Đoàn Thị Minh Trinh <sup>(1)</sup>, Vũ Hồng Thủy <sup>(2)</sup>, Lê Quang Bình <sup>(1)</sup>

(1) Trường Đại Học Bách Khoa, ĐHQG-HCM

(2) Công ty TNHH SX-TM Thiên Long

(Bài nhận ngày 02 tháng 03 năm 2006, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 28 tháng 07 năm 2006)

**TÓM TẮT:** Bài báo trình bày kết quả áp dụng phương pháp thiết kế CAD/CAE tối ưu đường kính kênh dẫn nhựa (runners) [2] cho khuôn ép 16 sản phẩm nắp bút với cấu hình kênh dẫn bố trí không cân bằng tự nhiên theo đặt hàng nghiên cứu của Công ty TNHH SX-TM Thiên Long [3].

Bộ khuôn cũ không đảm bảo điều kiện cân bằng dòng do các kênh dẫn được bố trí không cân bằng tự nhiên và được chế tạo với đường kính đồng nhất. Kết quả thiết kế theo phương pháp CAD/CAE đề nghị sửa đổi đường kính kênh dẫn theo từng phân đoạn, đảm bảo cân bằng dòng và cực tiểu thể tích kênh dẫn.

Thực nghiệm ép phun sản phẩm trên bộ khuôn cũ và bộ khuôn sửa đổi chứng tỏ thiết kế tối ưu đường kính kênh dẫn không chỉ đảm bảo chất lượng đồng đều cho tất cả sản phẩm, giảm tiêu hao nguyên liệu nhựa, mà giảm đáng kể thời gian chu kỳ và áp lực ép phun.

### 1. GIỚI THIỆU

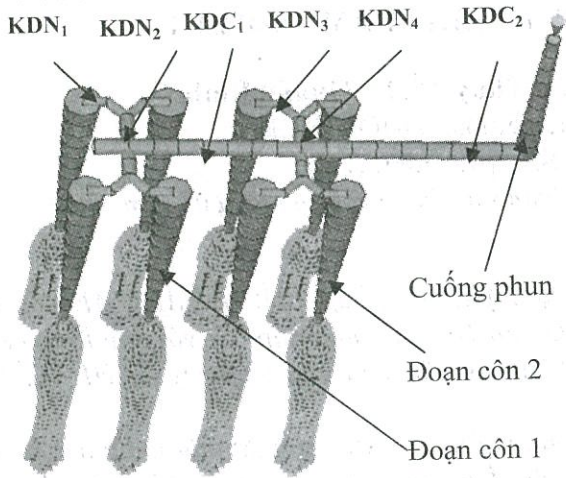
Các sản phẩm bút viết có kích thước rất nhỏ, yêu cầu sản lượng cao, do đó khuôn ép sản phẩm được thiết kế với nhiều khoang tạo hình (KTH) [6,7]. Để đảm bảo đồng thời các chỉ tiêu kinh tế và kỹ thuật, trong nhiều trường hợp phải bố trí các KTH theo cấu hình không cân bằng tự nhiên [1,4].

Với phương pháp thiết kế theo kinh nghiệm (không áp dụng các công cụ thiết kế phân tích và mô phỏng bằng máy tính – phương pháp thiết kế CAD/CAE), để đơn giản cho việc thiết kế, gia công đồng thời dễ dàng điền đầy các KTH, hệ thống kênh dẫn (HTKD) không cân bằng tự nhiên được chế tạo với đường kính đồng nhất và giá trị khá lớn [3]. Điều này dẫn tới tồn thất cao về lượng nguyên liệu nhựa tiêu hao trên HTKD. Trong một số trường hợp, lượng nhựa tiêu hao còn lớn hơn cả tổng khối lượng các sản phẩm. Lượng nhựa tiêu hao trên HTKD nếu được tái sinh, cũng làm tăng chi phí sản xuất và ô nhiễm môi trường. Do đó áp dụng phương pháp thiết kế CAD/CAE tối ưu đường kính kênh dẫn nhằm đảm bảo cân bằng dòng và cực tiểu đường kính kênh dẫn là chỉ tiêu thiết kế quan trọng đối với khuôn ép có nhiều KTH.

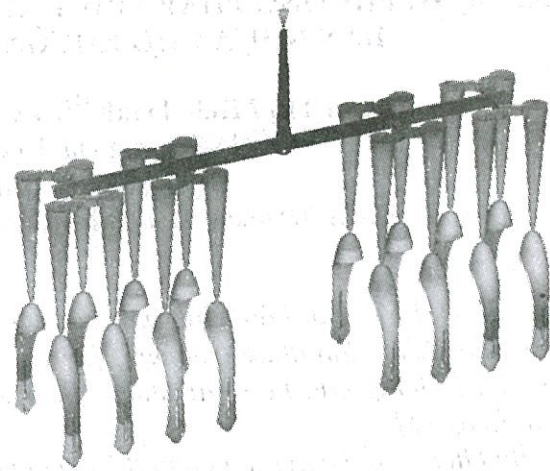
Bài báo trình bày kết quả áp dụng phương pháp thiết kế CAD/CAE tối ưu đường kính kênh dẫn nhựa đảm bảo cân bằng dòng đồng thời cực tiểu đường kính [2] nhằm cải tiến HTKD cho khuôn ép 16 sản phẩm nắp bút theo đặt hàng nghiên cứu của Công ty TNHH SX-TM Thiên Long (sau đây gọi tắt là Công ty Thiên Long), bao gồm: (i) Khảo sát HTKD của bộ khuôn ép 16 sản phẩm nắp bút; (ii) Áp dụng phương pháp thiết kế CAD/CAE thiết kế tối ưu đường kính kênh dẫn; (iii) Đề nghị sửa đổi HTKD; (iv) Kết quả thực nghiệm ép phun sản phẩm trên bộ khuôn cải tiến; (v) Đánh giá hiệu quả áp dụng phương pháp thiết kế CAD/CAE đối với bộ khuôn ép 16 sản phẩm nắp bút của Công ty Thiên Long.

### 2. KHẢO SÁT HTKD CỦA BỘ KHUÔN ÉP 16 SẢN PHẨM NẮP BÚT

Bộ khuôn nắp bút được thiết kế chế tạo với 16 KTH bố trí theo cấu hình xương cá – không cân bằng tự nhiên (Hình 1) [3]. Các kênh dẫn nhánh ( $KDN_1 - KDN_4$ ), kênh dẫn chính ( $KDC_1 - KDC_2$ ) được chế tạo theo tiết diện hình thang, có kích thước như nhau (Bảng 1), dẫn đến các KTH được điền đầy không đồng đều (Hình 2). Tổng thể tích nguyên liệu nhựa tiêu hao trên HTKD là  $26,305 \text{ cm}^3$ .



Hình 1. Mô hình phân tích 8 KTH và HTKD



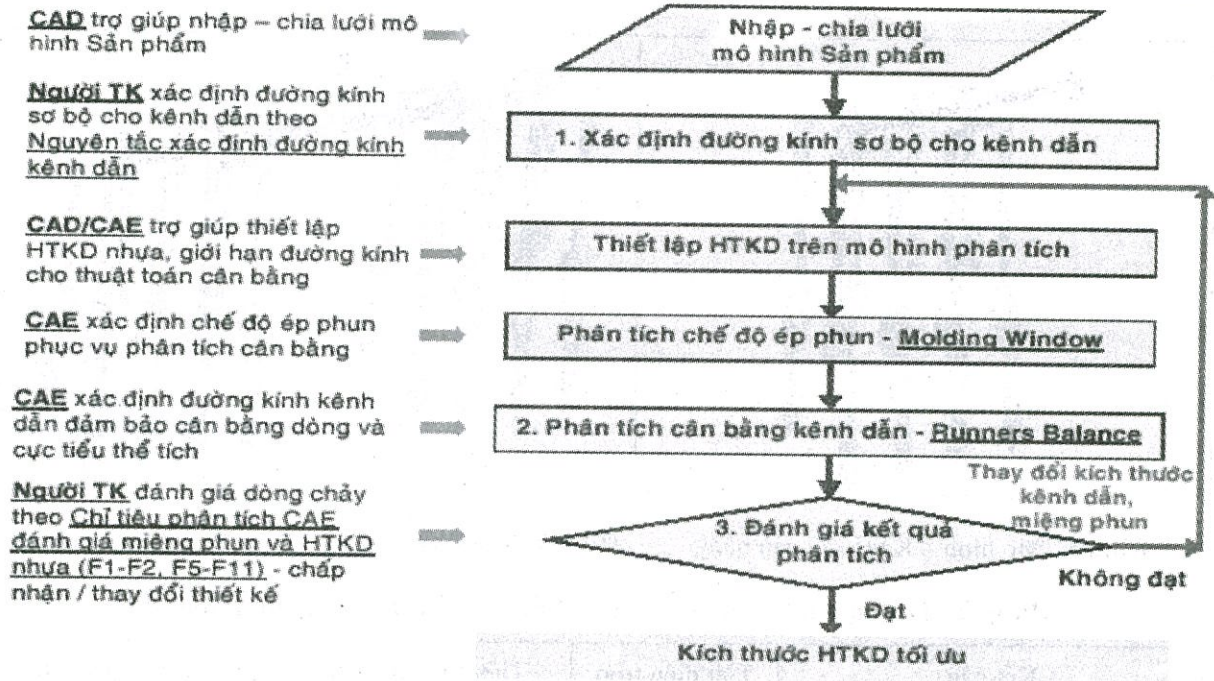
Hình 2. Các KTH được điền đầy không đều

Bảng 1. Kích thước kênh dẫn của bộ khuôn cũ

| Kết cấu                          | Tiết diện hình thang |                |                | Tiết diện tròn<br>D [mm] |
|----------------------------------|----------------------|----------------|----------------|--------------------------|
|                                  | Cạnh dài [mm]        | Cạnh ngắn [mm] | Chiều cao [mm] |                          |
| KDN <sub>1</sub>                 | 3,91                 | 2,302          | 3,00           | 3,0                      |
| KDN <sub>2</sub>                 | 3,91                 | 2,302          | 3,00           | 3,0                      |
| KDN <sub>3</sub>                 | 3,91                 | 2,302          | 3,00           | 3,0                      |
| KDN <sub>4</sub>                 | 3,91                 | 2,302          | 3,00           | 3,0                      |
| KDC <sub>1</sub>                 | 5,213                | 3,069          | 4,00           | 4,0                      |
| KDC <sub>2</sub>                 | 5,213                | 3,069          | 4,00           | 4,0                      |
| Đoạn côn 1 D [mm]                | 2,0 – 8,7            |                |                | 2,0 – 8,7                |
| Đoạn côn 2 D [mm]                | 2,0 – 8,7            |                |                | 2,0 – 8,7                |
| Cuống phun D [mm]                | 3,0 – 5,0            |                |                | 3,0 – 5,0                |
| Thể tích HTKD [cm <sup>3</sup> ] | 26,305               |                |                |                          |

### 3. ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ CAD/CAE TỐI ƯU ĐƯỜNG KÍNH KÊNH DẪN

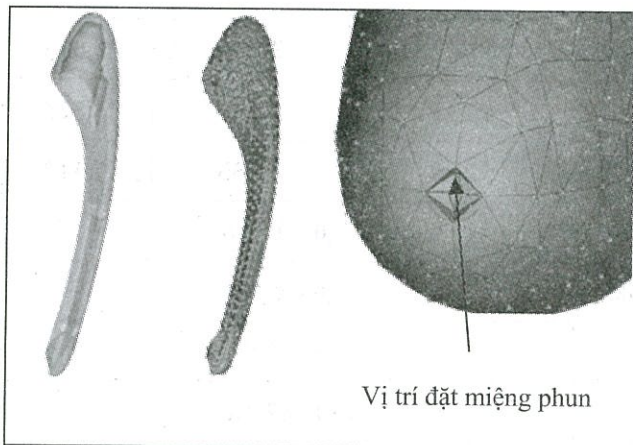
Toàn bộ HTKD được chế tạo theo tiết diện hình thang, do đó để thuận lợi cho việc tính toán, tiết diện hình thang được quy đổi sang tiết tròn tương đương (Bảng 1). Ứng dụng quy trình thiết kế CAD/CAE tối ưu đường kính kênh dẫn [2] (Hình 3) cho HTKD với 16 KTH ép sản phẩm nắp bút do Công ty Thiên Long đặt hàng nghiên cứu, công việc thiết kế được thực hiện như sau:



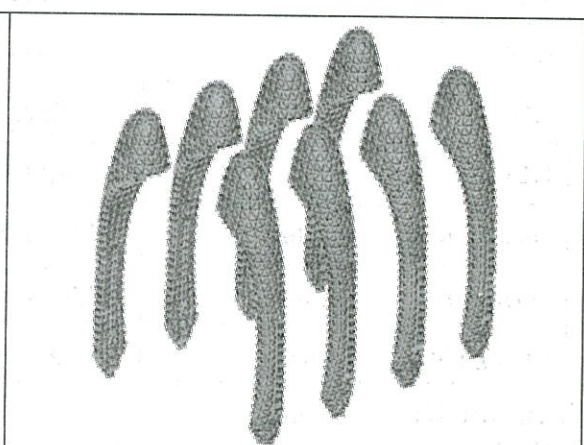
Hình 3. Quy trình thiết kế CAD/CAE tối ưu đường kính kênh dẫn [2]

### 3.1 Xác lập mô hình phân tích và chia lưới

Để đảm bảo tính đồng nhất về mô hình lưới cho tất cả các KTH, việc chia lưới được thực hiện trên 1 mô hình sản phẩm (Hình 4) sau đó sử dụng các chức năng hỗ trợ để sao chép mô hình lưới tới các vị trí tương ứng với các KTH (Hình 5).



Hình 4. Mô hình một KTH



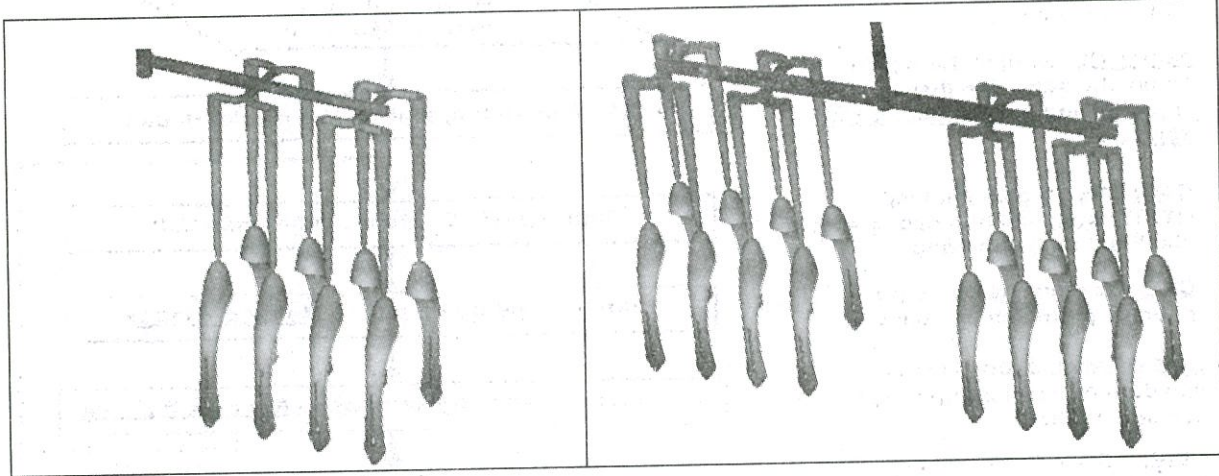
Hình 5. Mô hình 8 KTH

### 3.2 Xác định đường kính sơ bộ và miền giới hạn kích thước đường kính kênh dẫn

Để tính toán đường kính tối ưu cho kênh dẫn, cần xác lập đường kính sơ bộ – giá trị khởi tạo cũng như miền giới hạn cho giá trị đường kính. Đường kính sơ bộ được tính trên cơ sở khối lượng sản phẩm, chiều dài dòng chảy [2]. Căn cứ giá trị sơ bộ, miền giới hạn giá trị đường kính tương ứng được xác định (Bảng 2).

### 3.3 Phân tích cân bằng kênh dẫn

Kết quả đường kính kênh dẫn sau phân tích cân bằng dòng (Hình 6-7) được qui đổi từ tiết diện tròn sang hình thang tương đương được trình bày trong Bảng 2.



Hình 6 . Mô hình 8 KTH sau cân bằng

Hình 7. Mô hình 16 KTH với kênh dẫn hình thang

Bảng 2 . Đường kính kênh dẫn – qui đổi tiết diện tròn sang hình thang

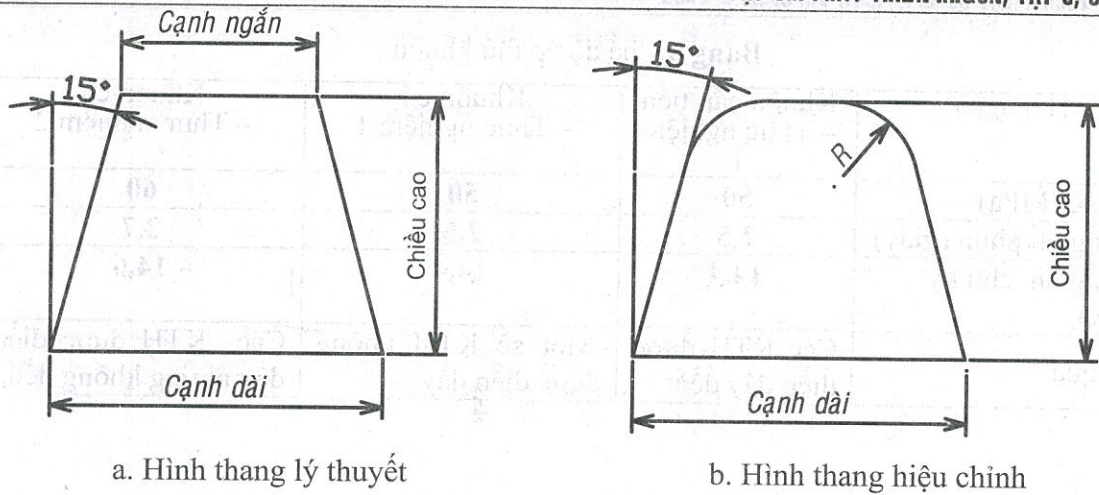
| Kết cấu                             | Tiết diện tròn<br>D [mm] | Tiết diện hình thang – kích thước quy đổi |                |                |
|-------------------------------------|--------------------------|---|----------------|----------------|
|                                     |                          | Cạnh dài [mm]                             | Cạnh ngắn [mm] | Chiều cao [mm] |
| KDN <sub>1</sub>                    | 3,036                    | 3,957                                     | 2,33           | 3,036          |
| KDN <sub>2</sub>                    | 3,049                    | 3,974                                     | 2,34           | 3,049          |
| KDN <sub>3</sub>                    | 2,614                    | 3,407                                     | 2,006          | 2,614          |
| KDN <sub>4</sub>                    | 2,614                    | 3,407                                     | 2,006          | 2,614          |
| KDC <sub>1</sub>                    | 3,523                    | 4,391                                     | 2,703          | 3,523          |
| KDC <sub>2</sub>                    | 4,112                    | 5,359                                     | 3,155          | 4,112          |
| Đoạn côn 1    D [mm]                | 2,0 - 5,296              | 2,0 - 5,296                               |                |                |
| Đoạn côn 2    D [mm]                | 2,0 - 4,546              | 2,0 - 4,546                               |                |                |
| Cuống phun    D [mm]                | 3,0-5,0                  | 3,0-5,0                                   |                |                |
| Thể tích HTKD    [cm <sup>3</sup> ] |                          | 14,0742 cm <sup>3</sup>                   |                |                |

#### 4. ĐỀ NGHỊ SỬA ĐỔI ĐƯỜNG KÍNH CHO HTKD

Do đường kính kênh dẫn quy đổi sau tính toán có số lẻ nên kích thước được làm tròn để thuận lợi cho việc gia công như sau (Bảng 3) :

- Phần đáy đoạn côn 1 và đoạn côn 2 tiếp xúc với ty (đường kính 3,5mm) để giữ HTKD trên khuôn khi mở khuôn. Do đó đề nghị tăng đường kính đáy đoạn côn 1 và 2 để bù lại diện tích bị chiếm bởi ty giữ HTKD.

- Do biên dạng kênh dẫn theo hình thang lý thuyết (Hình 8a) hạn chế đối với việc lưu chuyển nhựa chảy dẻo và việc tháo tách HTKD khi mở khuôn, biên dạng kênh dẫn được đề nghị sửa đổi theo hình thang hiệu chỉnh với góc lượn tròn (Hình 8b).



a. Hình thang lý thuyết

b. Hình thang hiệu chỉnh

Hình 8 . Tiết diện kênh dẫn nhựa

Bảng 3. Đường kính kênh dẫn – kích thước đề nghị sửa đổi

| Kết cấu           | Tiết diện tròn<br>D [mm] | Tiết diện hình thang – kích thước làm tròn |                 |                |
|-------------------|--------------------------|--|-----------------|----------------|
|                   |                          | Cạnh dài [mm]                              | Bán kính R [mm] | Chiều cao [mm] |
| KDN <sub>1</sub>  | 3,036                    | 4,0  | 1,2             | 3,1            |
| KDN <sub>2</sub>  | 3,049                    | 4,0  | 1,2             | 3,1            |
| KDN <sub>3</sub>  | 2,614                    | 3,5  | 1,0             | 2,7            |
| KDN <sub>4</sub>  | 2,614                    | 3,5  | 1,0             | 2,7            |
| KDC <sub>1</sub>  | 3,523                    | 4,4  | 1,4             | 3,6            |
| KDC <sub>2</sub>  | 4,112                    | 5,4  | 1,0             | 4,1            |
| Đoạn côn 1 D [mm] | 2,0 - 5,296              | 2,0 – 6,5                                  |                 |                |
| Đoạn côn 2 D [mm] | 2,0 - 4,546              | 2,0 – 6,0                                  |                 |                |
| Cuống phun D [mm] | 3,0-5,0                  | 3,0-5,0                                    |                 |                |

## 5. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM ÉP PHUN SẢN PHẨM TRÊN BỘ KHUÔN CẢI TIẾN

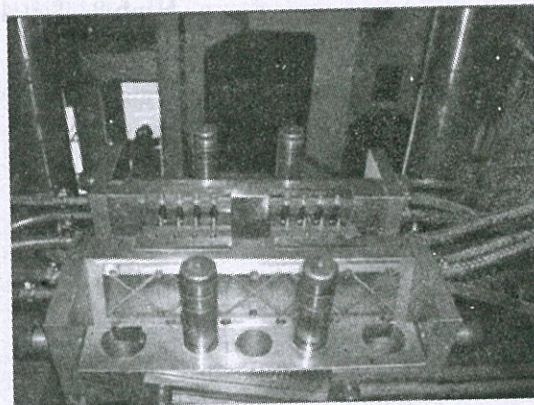
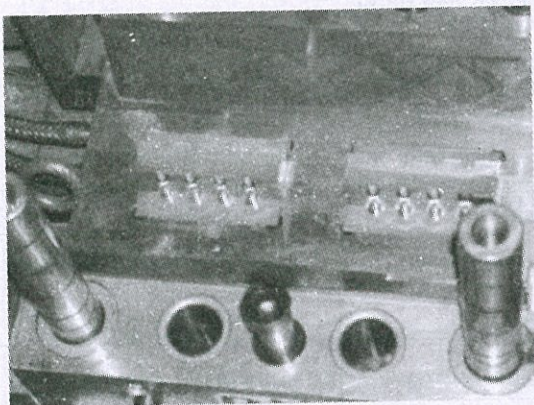
Từ kết quả phân tích tối ưu, Công ty Thiên Long đã tiến hành gia công lại HTKD theo đề nghị sửa đổi đường kính kênh dẫn (Hình 9). Thực nghiệm ép phun sản phẩm đã được thực hiện trên bộ khuôn cũ và bộ khuôn cải tiến (Bảng 4, Hình 10).

Thực nghiệm thứ nhất (thực nghiệm 1) được thực hiện trên 2 khuôn với cùng chế độ ép: áp lực 50 MPa; thời gian phun 2,5 giây; thời gian chu kỳ 14,4 giây. Kết quả ép phun trên bộ khuôn cải tiến cho kết quả tốt, trong khi đó một số KTH trên bộ khuôn cũ không được điền đầy.

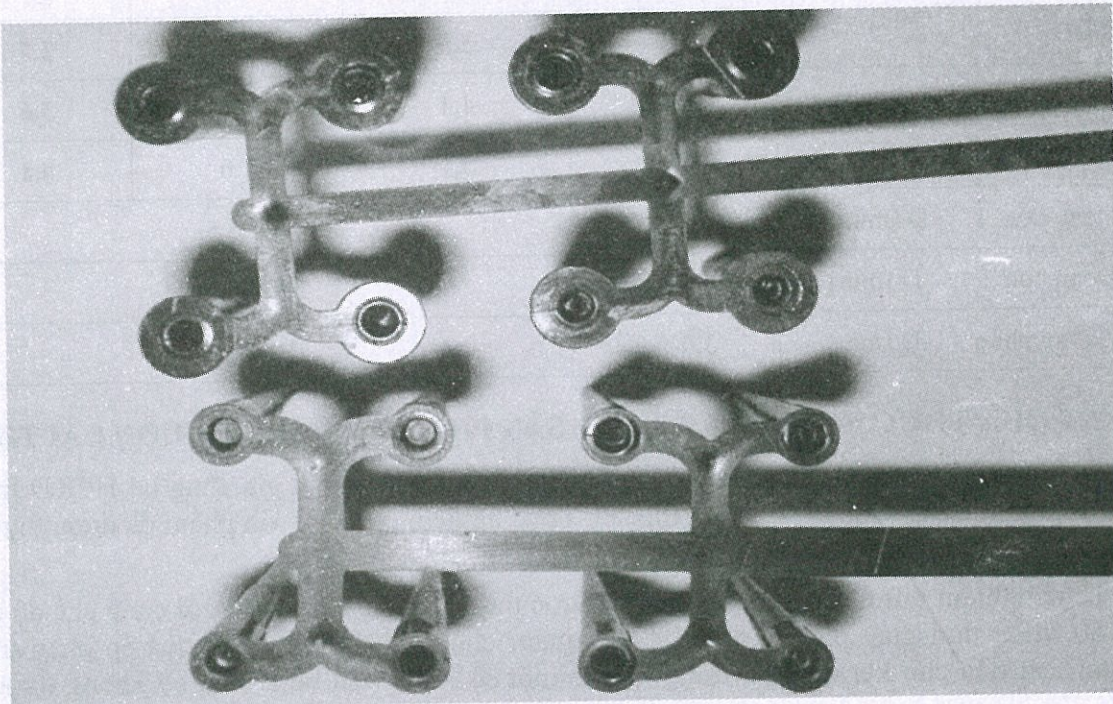
Thực nghiệm thứ hai (thực nghiệm 2) được thực hiện trên khuôn cũ với việc tăng chế độ ép phun. Sau nhiều lần ép thử, các KTH được điền đầy với chế độ ép: áp lực 60 MPa; thời gian phun 2,7 giây; thời gian chu kỳ 14,6 giây.

**Bảng 4.** Chế độ ép thử khuôn

| Thông số                | Khuôn cải tiến<br>– Thực nghiệm 1 | Khuôn cũ<br>– Thực nghiệm 1    | Khuôn cũ<br>– Thực nghiệm 2           |
|-------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| Áp lực (MPa)            | 50                                | 50                             | 60                                    |
| Thời gian phun (giây)   | 2,5                               | 2,5                            | 2,7                                   |
| Thời gian chu kỳ (giây) | 14,4                              | 14,4                           | 14,6                                  |
| Kết quả                 | Các KTH được điền đầy đều         | Một số KTH không được điền đầy | Các KTH được điền đầy nhưng không đều |



**Hình 9.** Hai tấm khuôn



**Hình 10.** HTKD cũ và HTKD cải tiến theo kết quả phương pháp thiết kế CAD/CAE

Để đánh giá việc cải tiến kích thước mặt cắt ngang các KDN và KDC, sau khi tiến hành thực nghiệm ép sản phẩm trên 2 bộ khuôn, nhóm nghiên cứu cũng đã tiến hành phân tích ép phun cho cả 2 bộ khuôn này. Mô phỏng ép phun với chế độ ép tương ứng cũng cho kết quả tương thích.

Với chiều dài dòng chảy khác nhau tới các KTH, nhưng kích thước mặt cắt ngang các KDN và KDC của bộ khuôn cũ được thiết kế đồng nhất (tính theo tiết diện tròn, đường kính KDN là 3 mm, KDC là 4 mm), do đó HTKD không đảm bảo cân bằng dòng cho quá trình ép phun – các KTH được điền đầy không đồng đều. Với chế độ ép sử dụng ở 2 lần thực nghiệm với bộ khuôn cũ, các KTH ở gần vị trí cuống phun được điền đầy nhanh hơn so với các KTH ở xa vị trí cuống phun.

Ở lần thực nghiệm 1 - áp lực ép 50 MPa; thời gian phun 2,5 giây; thời gian chu kỳ 14,4 giây, 8 KTH ở gần vị trí cuống phun trên bộ khuôn cũ được điền đầy hoàn toàn, nhưng 8 KTH ở xa vị trí cuống phun chưa được điền đầy. Cùng với chế độ ép này, toàn bộ các KTH trên bộ khuôn cải tiến được điền đầy hoàn toàn.

Với chế độ ép thực nghiệm lần 2 trên bộ khuôn cũ - áp lực ép 60 MPa; thời gian phun 2,7 giây; thời gian chu kỳ 14,6 giây, 8 KTH ở xa vị trí cuống phun được điền đầy hoàn toàn, nhưng trên kết quả mô phỏng cho thấy 8 KTH gần vị trí cuống phun có độ dồn nén cao hơn so với các KTH ở xa vị trí cuống phun.

Như vậy, với bộ khuôn cải tiến có HTKD cân bằng, áp lực ép 50 MPa; thời gian phun 2,5 giây; thời gian chu kỳ 14,4 giây đủ để điền đầy tất cả các KTH, các KTH được điền đầy đồng đều. Đối với bộ khuôn cũ, do HTKD không cân bằng, chế độ ép này không đủ để điền đầy 8 KTH ở xa vị trí cuống phun mà cần tăng chế độ ép lên 60 MPa; thời gian phun 2,7 giây; thời gian chu kỳ 14,6 giây mới đủ để điền đầy 8 KTH ở xa vị trí cuống phun, tuy nhiên 8 KTH ở gần vị trí cuống phun bị dồn nén quá mức (overpacking).

## 6. KẾT LUẬN

Trên cơ sở kết quả phân tích và thực nghiệm ép phun sản phẩm trên cả bộ khuôn cũ và bộ khuôn cải tiến với HTKD được sửa đổi kích thước mặt cắt ngang, có thể đánh giá hiệu quả áp dụng phương pháp thiết kế CAD/CAE đối với bộ khuôn ép 16 sản phẩm nắp bút của Công ty Thiên Long như sau:

- Kết quả thiết kế CAD/CAE đảm bảo điều kiện cân bằng dòng cho 16 KTH trên bộ khuôn cải tiến, đảm bảo chất lượng đồng đều cho tất cả các sản phẩm.
- Thiết kế tối ưu cho phép giảm 46 % thể tích vật liệu nhựa tiêu hao trên HTKD
- Thời gian chu kỳ và áp lực ép phun giảm, do đó giảm tiêu hao nguyên nhiên liệu, tăng năng suất, hạ giá thành sản phẩm.

## APPLICATION OF CAD/CAE METHOD FOR OPTIMIZING RUNNERS DIAMETER OF 16 – PEN CUP CAVITY MOLD

Doan Thi Minh Trinh<sup>(1)</sup>, Vu Hong Thuy<sup>(2)</sup>, Le Quang Binh<sup>(1)</sup>

(1) University of Technology, VNU-HCM

(2) Thien Long Company

**ABSTRACT:** *The paper presents the results of application of CAD/CAE method for optimizing runners diameter of 16-pen-cup-cavity molds with unbalanced runners layout according to the Thien Long Company's requirement.*

*The former mold has been unbalanced due to designing of unbalanced runners layout, machining primary runners, secondary runners with equal diameters. The results of application of CAD/CAE method proposed the runners diameter to be modified for each secondary and primary runner separately in order to ensure a balanced runners system with minimum runners volume.*

The results of product's injection implemented on the former and the modified mold showed the CAD/CAE method for optimizing runners diameter assured not only equal quality for all moulded products, decreasing resin consumption, but also noticeably decreasing injection cycle time and injection pressure.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bryce D., *Plastics Injection Molding: Mold Design and Construction Fundamentals*, Society of Mechanical Engineers, 1998.
- [2]. Đoàn Thị Minh Trinh, Đoàn Lê Ngọc Phi Lân, Lê Quang Bình, *Phương pháp thiết kế CAD/CAE tối ưu đường kính kênh dẫn nhựa cho khuôn ép phun nhiều khoang tạo hình bố trí không cân bằng tự nhiên*, Tạp chí Phát triển Khoa học & Công nghệ, tập 8, số 3/2005, trang 67-73.
- [3]. Đoàn Thị Minh Trinh và các tác giả, *Báo cáo Triển khai Đề tài NCKH-CN, 2004-2005, Ứng dụng công nghệ CAD/CAE/CAM xác định thông số miệng phun, vùng dồn nén khí - kích thước kênh dẫn nhựa - hệ thống giải nhiệt hợp lý cho khuôn ép phun nhựa*, Sở Khoa học - Công nghệ TP.HCM, 1/2006.
- [4]. Đoàn Lê Ngọc Phi Lân, *Nghiên cứu giải quyết vấn đề cân bằng dòng chảy trong khuôn ép phun nhiều sản phẩm*, Luận văn thạc sĩ, Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM, 12/2003 (Nội dung luận văn thuộc Đề tài NCKH-CN, 2003-2004, Ứng dụng công nghệ CAD/CAE/CAM xác định thông số miệng phun, vùng dồn nén khí - kích thước kênh dẫn nhựa - hệ thống giải nhiệt hợp lý cho khuôn ép phun nhựa do Sở Khoa học - Công nghệ TP.HCM quản lý).
- [5]. Đoàn Thị Minh Trinh và các tác giả, *Báo cáo nghiệm thu Đề tài NCKH-CN, 2003-2004, Ứng dụng công nghệ CAD/CAE/CAM xác định thông số miệng phun, vùng dồn nén khí - kích thước kênh dẫn nhựa - hệ thống giải nhiệt hợp lý cho khuôn ép phun nhựa*, Sở Khoa học - Công nghệ TP.HCM, 8/2004.
- [6]. Dym J., *Injection Molds And Molding*, A Practical Manual, Chapman & Hall, 2000.
- [7]. Malloy R., *Plastic Part Design For Injection Molding*, Hanser, 1994.