

XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ KHOAN LỖ LẮP ĐẦU NỘI SOI BUỒNG CHÁY TRÊN NẮP MÁY ĐỘNG CƠ AVL 5402 BẰNG PHẦN MỀM CATIA

Nguyễn Đức Khánh, Nguyễn Duy Vinh
 Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

Tóm tắt. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu xác định vị trí khoan lỗ lắp đầu nội soi để quan sát buồng cháy trên nắp máy động cơ nghiên cứu AVL 5402. Nghiên cứu sử dụng công cụ phân tích kết cấu của phần mềm Catia dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn (Finite Element Method-FEM). Đối tượng nghiên cứu là động cơ mẫu AVL 5402 của hãng AVL, Cộng hòa Áo. Kết quả lựa chọn được lỗ khoan lắp đầu nội soi loại M14 có đường kính 8mm. Vị trí lỗ khoan không gây ảnh hưởng tới các bộ phận hay hệ thống khác trên nắp máy như đường nước, cơ cấu phối khí, đường nạp, thải... Kết quả tính toán kiểm nghiệm cho thấy ứng suất tổng lớn nhất trên nắp máy là $3,91.10^7 \text{N/m}^2$ và chuyển vị lớn nhất là 0,0197mm. Các giá trị này nhỏ hơn nhiều so với giá trị giới hạn của vật liệu chế tạo nắp máy, do đó nắp máy vẫn đảm bảo độ bền sau khi khoan lỗ lắp đầu nội soi.

Từ khóa: phương pháp phần tử hữu hạn, FEM, nắp máy, động cơ đốt trong, động cơ cháy do nén, chia lưới.

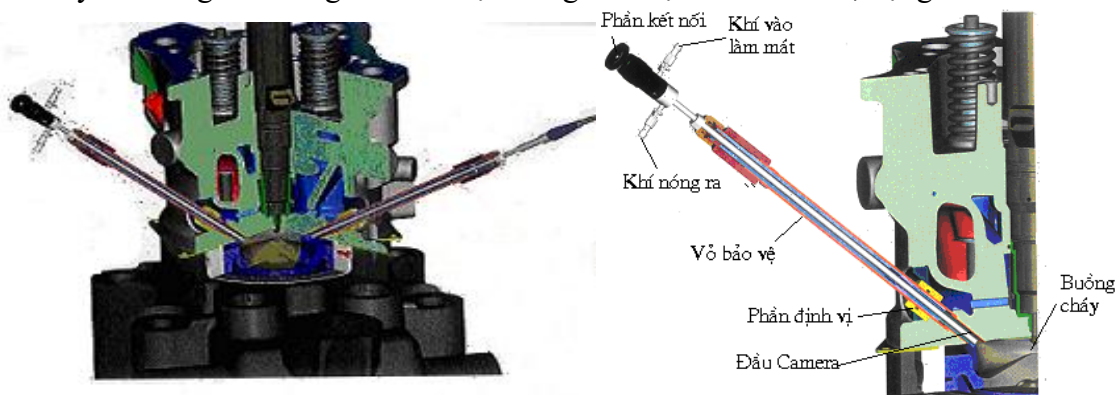
1. GIỚI THIỆU CHUNG

Ngày nay có rất nhiều phần mềm hỗ trợ cho công việc của người kỹ sư thiết kế trở nên thuận lợi và tiết kiệm được nhiều thời gian. Cùng với sự phát triển của khoa học kỹ thuật ngày càng cao, máy móc càng phức tạp thì càng cần những phần mềm có khả năng tích hợp được nhiều chức năng, xử lý đơn giản, giao diện dễ sử dụng, tiết kiệm được nhiều thời gian và kinh tế sản xuất ... Catia là một phần mềm thiết kế và mô phỏng 3D được các kỹ sư Hoa Kỳ xây dựng để hỗ trợ những người đang học tập cũng như trong công việc thiết kế chi tiết và cơ cấu máy, mô phỏng các chi tiết và kiểm tra độ bền của chúng trước khi đưa vào sản xuất. Với nhiều ưu điểm hơn các phần mềm thiết kế khác nên hiện nay, Catia đang được sử dụng trên nhiều lĩnh vực khác của nhiều chuyên ngành điện, thủy lực, cơ khí và đặc biệt trong lĩnh vực động cơ đốt trong.

Xét về ngành cơ khí, nếu trước đây chúng ta sử dụng các chương trình như MasterCAM, Cimatron, EdgeCAM, Pro Engineer chủ yếu để gia công khuôn, SolidWork, SolidEdge, Mechanical Desktop, Inventor trong thiết kế 3D, lắp ráp, mô phỏng chuyển động cũng như tính toán, phân tích ảnh hưởng của nhiệt độ lên từng phần trong sản phẩm, khảo sát sự biến dạng vật thể dưới tác động ngoại lực. Các phần mềm trọn gói thường được ưu tiên sử dụng bởi khả năng đáp ứng được nhiều công việc để các nhân viên có thể làm từng công đoạn riêng biệt. Sau đó, qua một bộ phận cuối cùng

tổng hợp để dễ bảo mật cùng với nhiều yếu tố khác thuận lợi trong quản lý sản xuất. Tại Việt Nam, cơ khí hóa và tự động hóa đã có những bước phát triển nhất định nhưng việc mô phỏng tính toán thiết kế sản phẩm trước khi đưa vào sản xuất thường chưa được khảo sát kỹ. Để có thể tính toán thiết kế thường dùng phương pháp phần tử hữu hạn FEM (Finite Element Method). FEM là phương pháp tính toán có sự trợ giúp của máy tính, ngày càng được sử dụng rộng rãi, thay vì sử dụng các chương trình chuyên dùng như Ansys hay Angor để giải các bài toán này, sau đó liên kết với các chương trình Cad-Cam để tạo ra quá trình mô phỏng rất khó thực hiện. Với các kỹ sư ở ngoài các xí nghiệp, họ có khuynh hướng dùng các phần mềm có các công cụ tính toán FEM tích hợp sẵn trong chương trình để việc tính toán, thiết kế dễ dàng hơn.

Catia là một chương trình thiết kế 3D rất mạnh có thể sử dụng trong nhiều lĩnh vực, ngành nghề thiết kế khác nhau như cơ khí, cơ-điện tử, điện-điện tử, tự động hóa, giao thông, kiến trúc... Ngoài các chức năng cơ bản trong thiết kế cơ khí như vẽ phác, biên dạng, thiết kế tấm, lắp ráp, gia công và phân khuôn, Catia còn có các chức năng chuyên sâu như thiết kế các biên dạng phức tạp, số hóa và tối ưu các biên dạng bề mặt... đây là những tính năng rất hữu hiệu trong lĩnh vực thiết kế ô tô, động cơ.



Hình 1. Lắp đầu nội soi Endoscope M14 vào nắp máy động cơ

Phần mềm Catia cũng được sử dụng nhiều trong tính toán thiết kế và kiểm nghiệm các chi tiết trong động cơ đốt trong như piston, thanh truyền, trục khuỷu, nắp máy, thân máy... Ngoài ra, công cụ này còn được sử dụng để tối ưu hóa kết cấu của các chi tiết máy. Cùng với sự phát triển của khoa học công nghệ, kết cấu của động cơ ngày càng trở nên hoàn hảo hơn, kích thước của các chi tiết nhỏ gọn mà vẫn đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật và công nghệ. Tuy nhiên đối với công việc nghiên cứu chuyên sâu vẫn cần phải có sự can thiệp vào kết cấu của các chi tiết trong động cơ. Ví dụ như lắp đầu nội soi để chụp hình ảnh bên trong buồng cháy của động cơ thể hiện trên Hình 1. Hệ thống Visioscope được cung cấp bởi hãng AVL Cộng hòa Áo [6] cho phép nghiên cứu một số vấn đề sau:

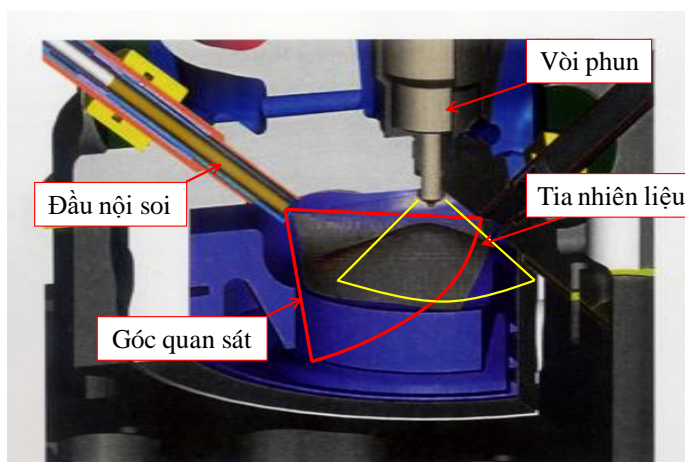
- Chuyển động của xupáp và các cơ cấu dẫn động xupáp;

- Quá trình phun nhiên liệu, hiện tượng nhỏ giọt của vòi phun, quá trình hòa trộn giữa nhiên liệu và không khí;

- Hiện tượng cháy, lan truyền màng lửa, kích nổ, sự đánh lửa của bugi...

Việc chọn vị trí lắp đầu nội soi rất phức tạp, phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: kết cấu của nắp máy, phương pháp đốt nhiên liệu, phân vùng áp suất, nhiệt độ trong buồng cháy.

Hình 2 thể hiện vị trí tương quan giữa các chi tiết như vòi phun, đầu nội soi và phạm vi quan sát của đầu nội soi trong buồng cháy. Hình 2 cho thấy vị trí lắp đầu nội soi không chỉ phụ thuộc vào kết cấu cụ thể của nắp máy mà còn phụ thuộc vào hình dáng buồng cháy (là đối tượng cần quan sát), vị trí vòi phun cũng như chùm tia phun nhiên liệu.

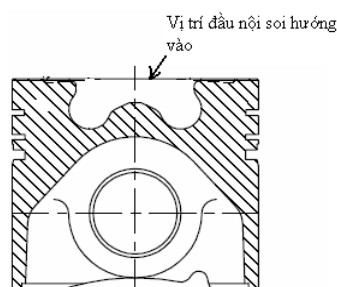


Hình 2. Phạm vi quan sát của đầu nội soi

Ngoài việc quan sát buồng cháy, quá trình phun, hình thành hỗn hợp, cháy... thì đầu nội soi phải có vị trí không gây ảnh hưởng đến hành trình dịch chuyển của piston, tia nhiên liệu phun vào buồng cháy, kích thước phần đầu hướng vào buồng cháy không gây ảnh hưởng tới tỷ số nén của động cơ.

Đặc biệt, tìm vị trí khoan lỗ trên nắp máy của động cơ sẵn có để lắp đầu nội soi gặp phải một số khó khăn như sau:

- Muốn quan sát được quá trình bên trong buồng cháy một cách rõ nét thì vị trí đầu nội soi phải được hướng thẳng vào buồng cháy. Điều này gặp một số khó khăn khi mà phần lớn các đỉnh piston trong thực tế không có hình dạng phẳng (nhất là với động cơ diesel). Đơn cử là đỉnh piston dạng omega như trên Hình 3. Để đỉnh piston không gây cản trở cho việc quan sát của đầu nội soi thì vị trí lắp của đầu nội soi



Hình 3. Vị trí hướng đầu nội soi vào đỉnh piston dạng omega

phải được hướng vào phần lõm của buồng cháy.

- Đường kính đầu nội soi không lớn nhưng nó cần có những ống bảo vệ và làm mát có kích thước tương đối lớn. Do vậy, việc tìm vị trí khoan không ảnh hưởng đến các hệ thống làm mát, bôi trơn, phối khí càng trở lên khó khăn.

- Sau khi khoan, độ bền của chi tiết bị ảnh hưởng. Do đó, phải lựa chọn vị trí khoan thích hợp và tiến hành kiểm nghiệm bền sau khi khoan.

Trong nghiên cứu này, nắp máy của động cơ AVL 5402 [3] được khảo sát và lựa chọn vị trí khoan lỗ để lắp đầu nội soi. AVL 5402 là động cơ diesel của hãng AVL, đây là động cơ một xy lanh, được sử dụng trong các nghiên cứu chuyên sâu về lĩnh vực động cơ đốt trong. Việc khoan lỗ để lắp đầu nội soi có ý nghĩa rất quan trọng trong các nghiên cứu về quá trình cháy của động cơ. Tuy nhiên, kết cấu của nắp máy rất phức tạp do bố trí các chi tiết như xupáp, vòi phun, đường nước làm mát, đường dầu, đường nạp thải nên việc lựa chọn vị trí khoan lỗ là rất khó khăn. Do đó, nghiên cứu thông qua công cụ mô phỏng 3D sẽ giúp ích rất nhiều trước khi tiến hành khoan trên nắp máy thực tế.

Nội dung của bài báo tập trung khai thác công cụ xây dựng và tính toán kết cấu của phần mềm Catia. Tuy nhiên, nghiên cứu vẫn đảm bảo tính khoa học như phân tích trạng thái nắp máy để lựa chọn phương án khoan, vị trí khoan lỗ thích hợp; kích thước lỗ khoan phù hợp để lắp đầu nội soi. Nghiên cứu đưa ra được vị trí khoan thích hợp, chi tiết nắp máy bảo đảm độ bền cơ nhiệt sau khi khoan. Kết quả của bài báo có giá trị tham khảo trong các nghiên cứu thiết kế bằng công cụ máy tính cũng như các nghiên cứu chuyên sâu liên quan tới vấn đề quan sát quá trình hình thành hỗn hợp và cháy của động cơ.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

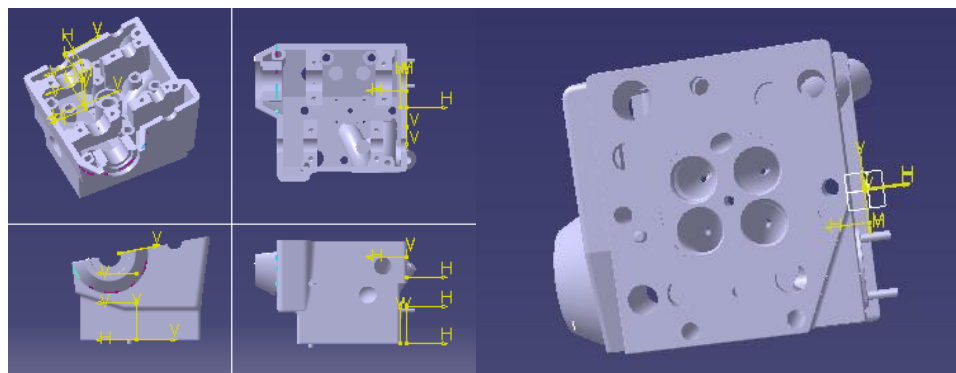
2.1. Xây dựng mô hình 3D nắp máy

Động cơ AVL 5402 là động cơ 1 xy lanh, sử dụng cơ cấu phân phối khí xupáp treo. Nắp máy (Hình 4) bố trí 4 xupáp, gồm 2 nạp và 2 thải. Ngoài ra, nắp máy còn bố trí vòi phun, đường nạp, đường thải, đường nước làm mát, đường dầu bôi trơn cũng như các chi tiết khác của cơ cấu phối khí.



Hình 4. Nắp máy động cơ AVL 5402

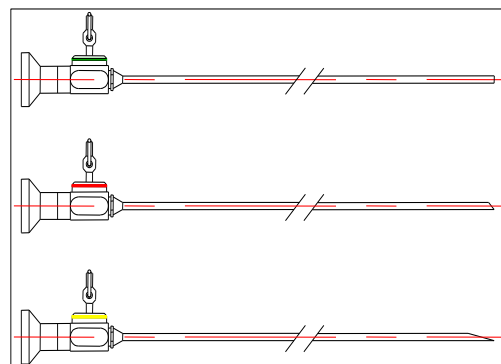
Trên cơ sở đo đạc kết cấu thực tế cũng như dựa vào các bản vẽ quy lát, kết cấu của nắp máy được xây dựng bằng phần mềm Catia được thể hiện trên Hình 5. Quá trình xây dựng được thực hiện nhờ các công cụ đồ họa như vẽ đường, mặt, khối, khoét lỗ, vát mép, ...



Hình 5. Các hình chiếu của nắp máy xây dựng trên Catia

2.2. Lựa chọn vị trí khoan lỗ

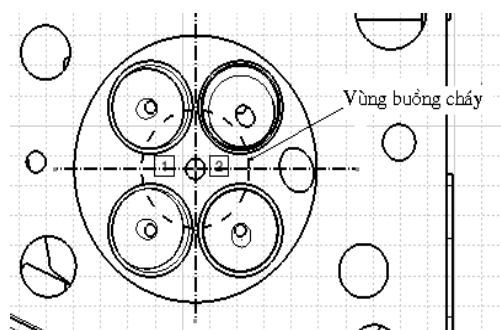
Đầu nội soi do hãng AVL cung cấp có hai loại M10 và M14. Loại M10 yêu cầu lỗ khoan có đường kính 4mm và loại M14 dùng cho lỗ khoan có đường kính 7mm. Mỗi loại có 3 kiểu đầu nội soi với các góc quan sát là 0° , 30° và 60° như thể hiện trên Hình 6. Tùy theo kết cấu buồng cháy, khi sử dụng một trong các đầu này, ta có thể quan sát được toàn bộ không gian bên trong buồng cháy. Đầu nội soi loại M10 được sử dụng trong trường hợp không gian bố trí lắp đặt đầu đo bị hạn chế. Đầu nội soi M14 được sử dụng rộng rãi hơn do cứng vững hơn và đường truyền ánh sáng tốt hơn. Tuy nhiên, yêu cầu về không gian bố trí đầu nội soi loại M14 rộng hơn.



Hình 6. Các loại đầu nội soi với góc quan sát 0° , 30° và 60°

Để lắp được đầu cảm biến nội soi vào nắp máy thì phải chọn được một vị trí khoan thích hợp. Trong quá trình làm việc, nắp máy và đầu nội soi phải đảm bảo độ bền, đồng thời đầu nội soi phải hướng thẳng vào trung tâm buồng cháy để có thể quan sát được quá trình cháy trong động cơ khi piston đã đi lên điểm chết trên.

Theo Hình 7, có thể khoan nắp máy ở vùng (1) và (2). Khi khoan trong hai vùng này, đầu nội soi mới nằm trong không gian buồng cháy, khi đó mới thực hiện được việc quan sát cho hình ảnh tốt nhất.



Hình 7. Vùng có thể khoan được (1) và (2)

Ngoài yêu cầu vị trí khoan phải đảm bảo quan sát được buồng cháy một cách rõ ràng, không ảnh hưởng đến các hệ thống khác thì yêu về độ bền và khả năng gia công được lỗ cũng vô cùng quan trọng. Có một số phương án khoan như sau:

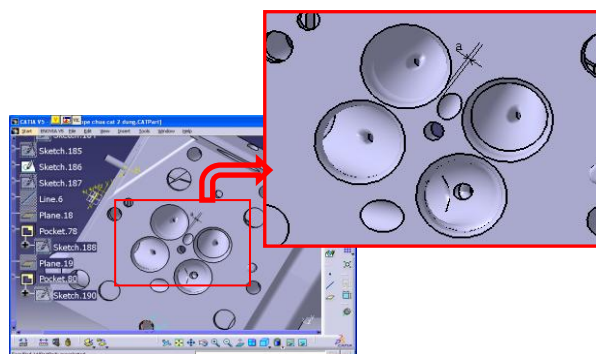
- Khoan thẳng đứng: có ưu điểm là độ chính xác phép đo rất cao nhưng nhược điểm là vướng vào trục cam, xupáp, đường nạp thải. Phương án này không phù hợp với nắp máy động cơ AVL 5402.

- Khoan ngang từ bên thành của nắp máy: chỉ thích hợp với các loại buồng cháy phụ, độ chính xác đạt được cũng khá cao. Phương án này không phù hợp với nắp máy động cơ AVL 5402.

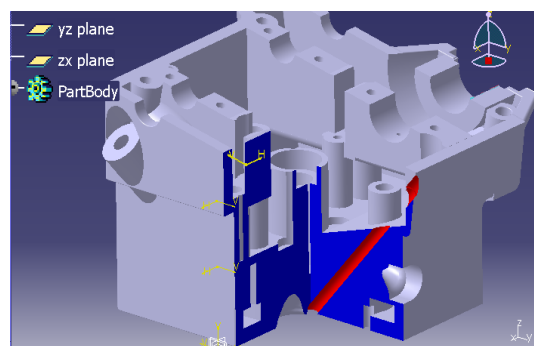
- Khoan chéo: hạn chế tối đa các ảnh hưởng đến đường nạp, đường thải, đường nước làm mát... và sự làm việc của các chi tiết trong cơ cấu phối khí. Nếu chọn được vị trí thích hợp sẽ không ảnh hưởng đến sức bền của nắp máy.

Trong quá trình làm việc, đầu nội soi tiếp xúc với sản vật cháy nên sẽ có hiện tượng bám kết muội than làm giảm khả năng quan sát của đầu nội soi, đặc biệt là đối với động cơ diesel có hàm lượng muội than cao. Để thuận lợi cho quá trình nghiên cứu, đầu nội soi và ống bảo vệ phải lắp ở vị trí có thể dễ dàng tháo lắp để làm sạch đầu nội soi.

Để đảm bảo không ảnh hưởng tới các chi tiết như xupáp, vòi phun cũng như độ bền cần có khoảng cách an toàn, đặc biệt đối với nắp máy là một chi tiết chịu tác động của lực khí thể và nhiệt độ cao. Khoảng an toàn phụ thuộc vào kết cấu buồng cháy, vị trí xupáp nạp, thải và vòi phun, áp suất cực đại của khí thể... Dựa vào một số tài liệu tham khảo liên quan, lựa chọn khoảng cách an toàn tối thiểu $a=3\text{mm}$, trên cơ sở đó lựa chọn đường kính lỗ khoan là 8mm để lắp đầu nội soi loại M14 (Hình 8).



Hình 8. Khoảng cách an toàn khi khoan và làm việc



Hình 9. Mặt cắt vị trí khoan không ảnh hưởng đến đường nước, đường thải, nạp

Để đảm bảo vị trí khoan không ảnh hưởng đến kết cấu của các bộ phận hay chi tiết khác trên nắp máy, có thể cắt tách từng phần nắp máy để quan sát như thể hiện trên Hình 9.

2.3. Kiểm nghiệm bền nắp máy sau khi khoan

2.3.1. Điều kiện kiểm nghiệm

Sau khi xây dựng nắp máy và tìm được vị trí khoan thích hợp trên mô hình, tiến hành kiểm nghiệm bền nắp máy. Điều kiện làm việc của nắp máy là rất khắc nghiệt và luôn biến thiên tuần hoàn. Trước tiên phải kể đến là tải trọng cơ, gồm: áp suất khí thể do quá trình cháy sinh ra; ứng suất ban đầu khi lắp ghép nắp máy với thân máy. Thứ hai là tải trọng nhiệt: nắp máy tiếp xúc trực tiếp với môi chất công tác và nước làm mát nên nhiệt độ tại các điểm trên nắp máy không giống nhau. Sự không đồng nhất của nhiệt độ tại các điểm gây ra ứng suất nhiệt cho nắp máy. Hai loại tải trọng này đồng thời tác dụng gây ra hỏng hóc cho nắp máy. Vì vậy, nghiên cứu tập trung vào việc xác định trường ứng suất cơ và nhiệt trong nắp máy động cơ. Điều kiện tiến hành tính toán kiểm nghiệm bao gồm các giả thiết sau đây:

(i) Nắp máy là một khối vật liệu đồng nhất, có thành phần cấu tạo giống nhau ở mọi vị trí.

(ii) Nắp máy chỉ chịu tác động của tải trọng nhiệt và tải trọng cơ, bao gồm:

- Tải trọng cơ là áp suất khí thể p_{kt} phân bố đồng đều trên phần diện tích nắp máy giới hạn bởi xy lanh; bỏ qua ảnh hưởng của ứng suất lắp ghép. Kiểm nghiệm được tiến hành ở trường hợp áp suất khí thể lớn nhất, $p_{ktmax} = 70 \text{ bar}$.

- Tải trọng nhiệt tác dụng lên nắp máy có phân bố tương đối phức tạp. Vùng không gian giới hạn bởi xy lanh tiếp xúc trực tiếp với sản vật cháy có nhiệt độ cao. Các phần khác của nắp máy có chịu tải trọng nhiệt thấp hơn. Phần nắp máy phía đường thải có nhiệt độ cao hơn phía đường nạp; phía nước làm mát đi vào có nhiệt độ cao hơn phía nước đi ra kết. Tuy nhiên, để đơn giản bài toán, tải trọng nhiệt tác dụng trên nắp máy được giả thiết: phần không gian giới hạn bởi xy lanh có nhiệt độ $T_{max} = 850K$ và nhiệt độ trung bình toàn bộ nắp máy được giả thiết bằng với nhiệt độ nước làm mát, khoảng $370K$.

(iii) Dầu nội soi lắp vào nắp máy qua ống bảo vệ. Lắp ghép giữa ống bảo vệ và lỗ khoan trên nắp máy là lắp ghép lỏng và được bao kín tránh lọt khí nhờ keo chịu nhiệt. Như vậy, có thể bỏ qua ảnh hưởng ứng suất lắp ghép giữa nắp máy và ống bảo vệ.

(iv) Bỏ qua ảnh hưởng của ứng suất lắp ghép ban đầu giữa nắp máy và thân máy.

2.3.2. Đặc tính vật liệu

Trong tính toán sức bền của chi tiết máy, đặc tính vật liệu là thông số hết sức quan trọng để có thể xác định được các thành phần như chuyển vị, biến dạng cũng như các trạng thái ứng suất của chi tiết. Nắp máy được đúc bằng vật liệu gang xám với các thông số được đưa ra trong Bảng 1.

Bảng 1. Đặc tính vật liệu nắp máy

| TT | Thông số | Giá trị | Đơn vị |
|----|------------------|----------------------|-----------|
| 1 | Mô đun đàn hồi | 2×10^{11} | N/m^2 |
| 2 | Hệ số Poisson | 0,28 | - |
| 3 | Khối lượng riêng | $7,2 \times 10^{-6}$ | kg/mm^3 |

| | | | |
|---|---------------------|----------------------|-------------------------------|
| 4 | Hệ số giãn nở nhiệt | $1,1 \times 10^{-5}$ | $1/^{\circ}\text{C}$ |
| 5 | Giới hạn bền kéo | 240 | MPa |
| 6 | Giới hạn bền nén | 820 | MPa |
| 7 | Hệ số dẫn nhiệt | $5,2 \times 10^{-2}$ | $\text{W/mm}^{\circ}\text{C}$ |
| 8 | Nhiệt dung riêng | 447 | $\text{J/kg}^{\circ}\text{C}$ |

2.3.3. Chia lưới mô hình (Meshing)

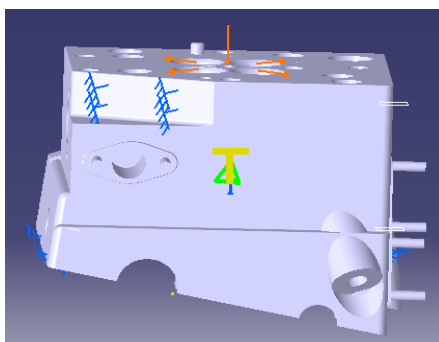
Việc chia lưới mô hình có ý nghĩa quan trọng, ảnh hưởng tới độ chính xác của kết quả tính toán và thời gian tính toán. Chi tiết được chia bởi một số giới hạn các phần tử được liên kết với nhau bởi các nút. Kích thước và hình dạng của phần tử đóng vai trò quan trọng trong tính toán phân tích. Phần tử càng nhỏ thì kết quả tính toán càng chính xác tuy nhiên số lượng phép tính tăng lên, điều này bị giới hạn bởi cấu hình máy tính. Do đó, cần phải lựa chọn số lượng phần tử phù hợp. Các thông số chia lưới được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2. Thông số chia lưới

| TT | Thông số | Giá trị | | Đơn vị |
|----|--------------------|----------|----|--------|
| 1 | Kiểu phần tử | Tứ diện | | - |
| 2 | Số lượng phần tử | 477 | | - |
| 3 | Số nút | 91953 | | - |
| 4 | Kích thước phần tử | Lớn nhất | 10 | mm |
| | | Nhỏ nhất | 5 | mm |

2.3.4. Đặt các liên kết và tải trọng lên nắp máy

Sau khi chia lưới tiến hành đặt liên kết và đặt tải trọng (cơ và nhiệt) lên nắp máy như thể hiện trên Hình 10.



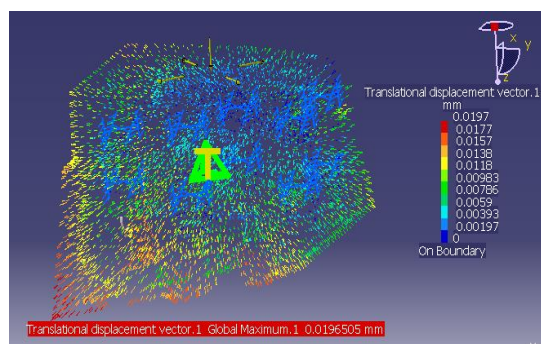
Hình 10. Đặt liên kết và tải trọng lên nắp máy

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

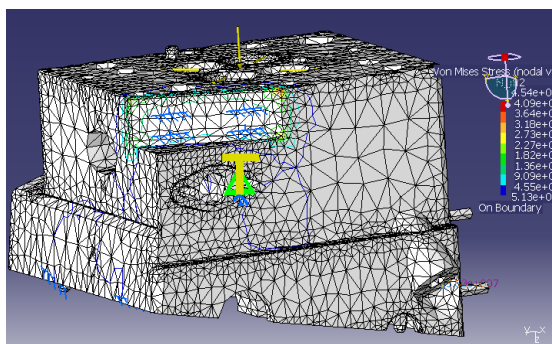
Tổng hợp kết quả mô phỏng được thể hiện trong Bảng 3, Hình 11 đến Hình 13.

Bảng 3. Kết quả tính toán

| TT | Thông số | Giá trị | | | | Đơn vị |
|----|-----------|------------------|-------|------------------|-------|--------|
| | | Lớn nhất/tại nút | | Nhỏ nhất/tại nút | | |
| 1 | Ứng suất | 39,1 | 33869 | 0 | 54678 | MPa |
| 2 | Nhiệt độ | 850 | 30890 | 380 | 10574 | K |
| 3 | Biến dạng | 0,0197 | 50479 | 0 | 11367 | mm |



Hình 11. Chuyển vị của các điểm trên nắp máy

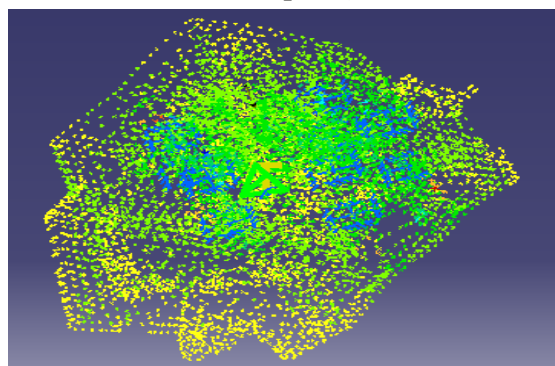


Hình 12. Ứng suất của các điểm trên nắp máy

Các giá trị ứng suất và chuyển vị tại mỗi điểm trên nắp máy được biểu thị thông qua thang màu tiêu chuẩn. Giá trị ứng suất và chuyển vị tăng dần từ màu xanh đến đỏ. Trên máy tính, giá trị tại mỗi điểm được biểu hiện trực tiếp khi ta di chuyển con trỏ đến điểm cần xét. Từ biểu đồ ứng suất ta có thể biết được vị trí nào có ứng suất tập trung lớn nhất, nhỏ nhất. Kết quả tính toán mô phỏng cho thấy:

- Giá trị ứng suất tổng lớn nhất là $3,91 \times 10^7 \text{ N/m}^2$, giá trị này nhỏ hơn nhiều so với giá trị tới hạn của vật liệu chế tạo nắp máy là $2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$, điều này có nghĩa chi tiết thừa bền.

- Biến dạng lớn nhất là 0,0197mm, so với chuyển vị cho phép của 1 điểm trên nắp máy là 0,03 đến 0,04mm.



Hình 13. Ứng suất các điểm trên nắp máy dạng điểm

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu sử dụng Catia để xác định và kiểm nghiệm nắp máy sau khi khoan lỗ lắp đầu nội soi được thực hiện, các kết quả có thể được tóm tắt như sau:

- Mô hình 3D của nắp máy được xây dựng từ các số liệu đo đạc và bản vẽ quy lát đảm bảo mô tả chính xác kết cấu thực tế của chi tiết;
- Xác định được vị trí khoan lỗ không gây ảnh hưởng tới các bộ phận khác của nắp máy;
- Sau khi khoan, nắp máy vẫn đảm bảo các yêu cầu về độ bền cơ và nhiệt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] AVL product description, *Single cylinder research engine*, AVL List GmbH Hans-List-Platz 1, A-8020 Graz, Austria.
- [2] Alaci S., Ciornei F.L.(2010), *Numerical versus analytical method in finding stress state in mechanisms elements*, *Fiability & Durability* No.2 (6).
- [3] Botean A.I.(2006), *Studiul solicitărilor termomecanice în motoarele cu ardere internă utilizând metode moderne de cercetare*, Raport final grant de cercetare.
- [4] Gardyński L., Weroński A.(1998), *Examination of diesel engine pistons' cracking reasons*, Proc. 10th International Scientific Conference "Communications on the edge of the milleniums", Sîlina, SK, pp. 69-72.
- [5] Nguyen Duy Vinh, Nguyen Tien Han, Khong Vu Quang, Pham Minh Tuan (2011), *Supercharging Study for Diesel Engine by Using AVL Boost Software*, The 4th AUN/SEED - Net Regional Conference on New and Renewable Energy 2011; ISBN 978-604-73-0661-9.
- [6] <https://www.avl.com/visiolution-optical-combustion-analysis-systems>.

DETERMINATION OF DRILLING LOCATION FOR INSTALLATION OF COMBUSTION CHAMBER FIBER CONNECTOR ON CYLINDER HEAD OF AVL 5402 ENGINE BY CATIA SOFTWARE

Nguyen Duc Khanh, Nguyen Duy Vinh
Hanoi University of Science and Technology

Abstract. *This paper presents results on determination of drilling location for installation of combustion chamber fiber connector on cylinder head of AVL 5402 engine. The study process was conducted on structural analysis modul of Catia software, which was based on Finite Element Module (FEM). The subject of this study is one cylinder research engine AVL 5402 manufactured by AVL, Republic of Austria. Location for fiber connector M14 type was determined with diameter of 8mm. The drilling location did not affect other part in cylinder head such as cooling, intake, exhaust and timing system... Simulation results show that, maximum total stress on cylinder head was $3,91.10^7 \text{ N/m}^2$ and maximum total deformation was 0,0197mm. The results show suitable location for drilling while ensuring requirements of strength.*

Keywords: *Finite element method, catia, cylinder head, compression ignition engine, internal combustion engine.*