

Nghiên cứu, thiết kế, mô phỏng và chế tạo bộ thay dao tự động của máy CNC nhiều trục

Researching, designing, simulating, and manufacturing automatic knife changers of multiple-axed CNC machines

Nguyễn Xuân Đạt, Nguyễn Ngọc Hào, Nguyễn Trương Công Thắng,
Nguyễn Quang Thành*, Ngô Kiều Nhi

PTN Cơ học Ứng dụng, Đại học Bách khoa TP HCM

**Email: nqthanh@hcmut.edu.vn*

Tel: +84-838367868; Mobile: 0973 184 199

Tóm tắt

Từ khóa:

Bộ điều khiển CNC, hệ thống thay dao tự động, bộ thay dao, phôi.

Máy điều khiển CNC ngày càng được sử dụng rộng rãi trong các nhà máy công nghiệp, xưởng công nghiệp ở nước ta. Điều này giúp tăng năng suất, cải tiến hiệu quả công việc, cải thiện mẫu mã sản phẩm. Vì vậy, việc phát huy hiệu quả sử dụng, vận hành và bảo dưỡng máy CNC là vấn đề đang được quan tâm. Muốn phát huy hiệu quả sử dụng cũng như cải tiến máy CNC cho phù hợp đòi hỏi phải có sự hiểu biết sâu sắc. Như trong quá trình vận hành trước đây, hầu hết một máy chỉ chạy trên một giao và gia công trên cùng một dạng sản phẩm, nếu muốn sử dụng nhiều hơn một loại dao để gia công sản phẩm nhiều biên dạng khác nhau thì quá trình thay đổi giữa các dao cần có sự can thiệp của con người. Vì lý do đó, nhóm nghiên cứu đưa ra biện pháp chế tạo hệ thống thay dao tự động cho máy CNC dạng dao đứng. Kết quả từ nghiên cứu này cho thấy khả năng tự chủ động trong việc thiết kế, chế tạo và lắp đặt hệ thống thay dao tự động tại Việt Nam.

Abstract

Keywords:

CNC remote control; automatic knife changing systems; knife changers; billet.

CNC control machines are gradually being widely used in many industrial factories and workshops in Vietnam. This helps increase productivity, improving work performance and products' designs. Therefore, promoting the effectiveness, operation, and maintenance of CNC machines is attracting particularly significant attention. Promoting the effectiveness as well as improving CNC machines accordingly requires much profound knowledge. As in previous operating process, it is likely that one machine only runs on a single cutting tool and processes the same product model. If we want to use more than one type of cutting tool to process products of different patterns, the changing process among knives requires human's intervention. Because of this, the research team has figured out methods for manufacturing automatic knife changing systems for CNC vertical machines. The findings show the initiative possibility in designing, manufacturing, and assembling automatic cutting tool changing systems in Vietnam.

Ngày nhận bài: 03/07/2018

Ngày nhận bài sửa: 12/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

1. GIỚI THIỆU VỀ HỆ THỐNG THAY DAO TỰ ĐỘNG

Một trong những thành tựu lớn của tiến bộ khoa học kỹ thuật là tự động hóa sản xuất. Trong dây chuyền sản xuất linh hoạt thì máy điều khiển số CNC đóng một vai trò rất quan trọng. Máy CNC cho phép giảm khối lượng gia công chi tiết, nâng cao độ chính xác gia công và hiệu quả kinh tế, đồng thời cũng rút ngắn được chu kỳ sản xuất. Chính vì vậy hiện nay nhiều nước đã và đang ứng dụng rộng rãi các máy CNC vào quá trình sản xuất. Ở Việt Nam cũng vậy, các máy CNC đang được sử dụng rộng rãi để chế tạo các chi tiết cơ khí đặc biệt là chế tạo các khuôn mẫu chính xác. Ngoài ra máy CNC còn được sử dụng phổ biến trong nghiên cứu khoa học, đào tạo đại học, học nghề ở các trường kỹ thuật. Trước những đòi hỏi của thực tế khi yêu cầu về chất lượng và số lượng khi gia công. Nhiều máy CNC đã nâng cấp những hệ thống để đạt được hiệu quả gia công cao hơn. Một trong những hệ thống được sử dụng đó là bộ thay dao tự động. Thông thường, quá trình gia công các chi tiết được thực hiện tuần tự bằng nhiều công đoạn khác nhau, mỗi một nguyên công sẽ được sử dụng một loại dao mà tại đó mũi dao là tối ưu nhất với sản phẩm gia công. Do đó, trên thiết bị tự động hóa yêu cầu dụng cụ tương ứng đã được lắp và điều chỉnh sẵn trong các đài dao. Việc gá đặt dụng cụ vào bộ phận công tác của máy có thể thực hiện bằng tay hoặc thay thế tự động. Tuy nhiên, khi thay thế bằng tay, quá trình điều chỉnh và lắp đặt dụng cụ phụ như chuôi côn, đài dao được tiến hành trực tiếp trên máy, điều này tốn nhiều thời gian và đôi khi gây ra những sai sót, sai số không đáng có trong quá trình gia công sản phẩm. Còn khi thay thế bằng phương pháp tự động, việc điều chỉnh và lắp đặt dụng cụ phụ được tiến hành bên ngoài máy trước khi lắp vào máy nhờ các dụng cụ chuyên dùng, phương pháp này dùng phổ biến trên các máy điều khiển số CNC, bao gồm các giai đoạn chính như lựa chọn các dụng cụ phù hợp, đồng thời lắp ráp, điều chỉnh kích thước dụng cụ phụ trên các thiết bị chuyên dụng. Bước cuối cùng là thay thế và kẹp tự động và đưa nó về đài dao [1-6].

Tầm quan trọng và lợi ích của bộ thay dao tự động cho máy CNC là khá hiệu quả. Bộ thay dao tự động cho máy CNC sẽ làm cho quá trình gia công sản phẩm là quá trình hoàn toàn khép kín không cần tới sự can thiệp của con người. Tránh được một số rủi ro an toàn. Ngoài ra, bộ phận thay dao tự động sẽ hạn chế được những sai số không cần thiết trong gia công do tác động bên ngoài gây ra. Đồng thời bộ phận này sẽ giúp tiết kiệm thời gian hơn nữa người vận hành không phải bận tay cho việc thay dao trong một số nguyên công phức tạp và dao sẽ được gá chặt và đài dao trên máy CNC. Việc làm này rút ngắn được thời gian gia công và tăng hiệu suất quá trình sản xuất.



Hình 1. Bộ thay dao dạng bàn ngang

Mục tiêu của nghiên cứu này là lựa chọn thiết kế được hệ thống thay dao tự động cho máy CNC có sẵn, chế tạo thành công hệ thống thay dao tự động cho máy CNC và vận hành mô hình trong thực tế.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT THIẾT KẾ HỆ THỐNG THAY DAO TỰ ĐỘNG

2.1. Các thông số của hệ thống kỹ thuật của hệ thống

2.1.1. Thông số của khung máy và trục chính

Các thông số của máy CCN để thiết kế hệ thống thay dao tự động:

Bảng 1. Thông số khung máy

Thông số	Chiều dài (mm)
Chiều cao	1390
Chiều ngang	1800
Chiều rộng	1100

Bảng 2. Thông số động cơ trục chính

Động cơ trục chính	Kí hiệu	Hiệu điện thế	Cường độ dòng điện	Khối lượng	Số vòng quay lớn nhất
Spindle 1.5kW	ZHEN YU ϕ 80*190	220V	4A	4kg	24000rpm



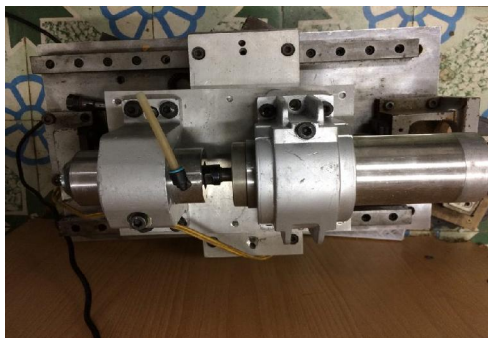
Hình 2. Spindle trục chính

Bảng 3. Thông số trục vitme

Trục	X	Y	Z
Đường kính (mm)	25	16	16
Bước ren (mm)	5	4	4

2.1.2. Thông số của bộ thay dao tự động

Bộ thay dao sử dụng spindle NR50-5100 ATC-RS dùng để thay dao. Spindle NR50-5100 ATC-RS được gắn trực tiếp với spindle trục chính và có cùng tốc độ với spindle trục chính.



Hình 3. Spindle thay dao được gắn với động cơ trục chính

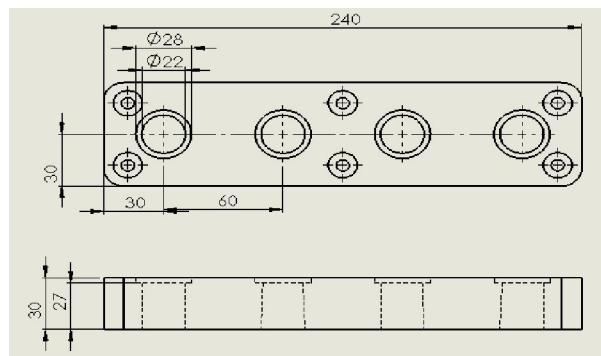
Bảng 4. Thông số động cơ spindle thay dao

Kí hiệu spindle thay dao	Đường kính spindle	Hiệu điện thế	Cường độ dòng điện	Khối lượng	Số vòng quay lớn nhất	Sai số	Áp suất cần để mở đầu kẹp dao
NR50-5100 ATC-RS	Ø50 mm	220V	4A	1,37kg	50000 rpm	1e ⁻⁶ m	0,55 - 0,6 MPa

Hệ thống bàn gá dao (Hình 5) được thiết kế theo spindle thay dao như Hình 4.



Hình 4. Spindle NR50-5100 ATC-RS thay dao

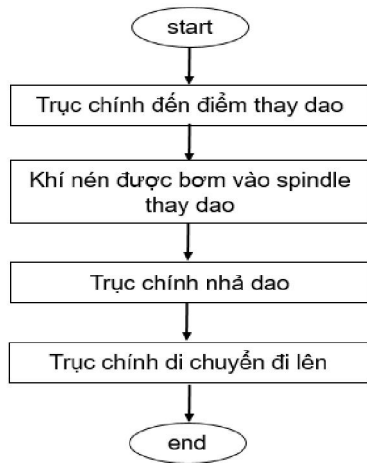


Hình 5. Kích thước bàn gá dao

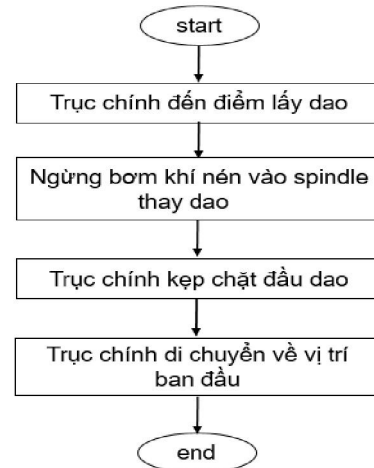
2.2. Các nguyên lý hoạt động của bộ thay dao tự động [10]

Khi chương trình gia công đến dòng lệnh thay dao, thì bộ phận điều khiển lập tức phát lệnh dừng các chuyển động chạy dao X, Y và dừng động cơ trục chính Z. Động cơ dẫn động trục chính quay về vị trí thay dụng cụ đã được xác định (vị trí chốt của dao trên trục chính đúng hướng với chốt của giá kẹp dao). Trục chính dừng quay. Bộ điều khiển phát lệnh điều khiển cho trục Z đi xuống vị trí thay dao (Vị trí mà giá kẹp giao nằm trong giá đỡ kẹp dao). Bộ điều khiển phát lệnh điều khiển bơm khí nén vào động cơ spindle thay dao, giá kẹp dao mở ra sao cho đai dao rời khỏi trục động cơ nằm gọn trong giá đỡ kẹp dao. Sau đó, bộ điều khiển phát lệnh điều khiển cho trục Z đi lên rồi di chuyển tới vị trí dao cần thay đã được xác định trước. Sau đó, bộ điều khiển phát lệnh điều khiển cho trục Z đi xuống vị trí lấy dao sao cho đầu trục động cơ spindle thay dao ngang với giá kẹp dao. Bộ điều khiển phát lệnh điều khiển ngừng bơm khí nén vào động cơ spindle thay dao, giá kẹp dao đóng lại kẹp chặt đai dao, lấy dao ra khỏi giá đỡ kẹp dao. Trục Z đi lên lấy dao ra khỏi giá đỡ kẹp dao kết thúc quá trình thay thế dao tự động.

2.3. Sơ đồ điều khiển



Hình 6. Sơ đồ thuật toán trả dao



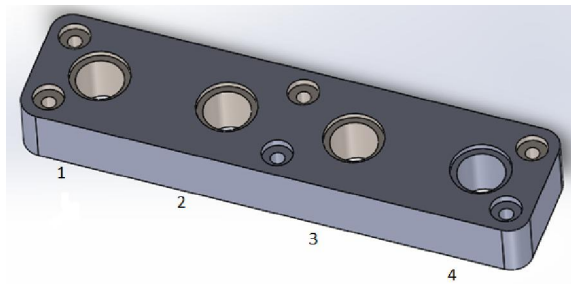
Hình 7. Sơ đồ lấy dao mới

3. TÍNH BỀN CHO CƠ CẤU THAY DAO

Cụ thể nghiên cứu sẽ tính bền bộ phận kẹp dao và bàn gá dao. Trong đó, tính toán lực tác dụng lên bộ phận kẹp dao và bàn gá dao. Độ cứng của lò xo: $k = 2200\text{N/m}$; Chiều dài ban đầu của lò xo: $l_0 = 3\text{cm} = 0,03\text{m}$; chiều dài lò xo sau khi bị cơ cấu trục z tác dụng lực nén: $l = 2\text{cm} = 0,02\text{m}$; Vận độ biến thiên của lò xo: $\Delta l = 0,01\text{mm}$. Vận lực đàn hồi của lò xo: $F_{dh} = k \cdot \Delta l = 2200 \cdot 0,01 = 22\text{N}$. Để đầu kẹp dao mở ra và có thể lấy dao thì lực tác dụng của bộ thay dao lên bộ phận kẹp dao phải lớn hơn lực đàn hồi của của lò xo. Trọng lực của trục Z tác dụng lên bộ phận kẹp dao bao gồm khối lượng của spindle trục chính (4kg), spindle thay dao (1,37kg) và các bộ phận gá spindle là: $P = 58,7\text{ N}$. Vận để tính bền cho bộ phận thay dao, chọn lực tác dụng lên bộ phận kẹp dao và bàn gá dao là $P = 60\text{N}$. Vì tính chất đối xứng giữa các dao, trong đó dao 1 và dao 4 có điều kiện biên giống nhau khi có cùng vị trí giống nhau, phân bố lực giống nhau. Nên chúng có cùng phân bố ứng suất, chuyển vị và biến dạng giống nhau. Tương tự cho dao 2 và 3.

Bảng 5. Bảng thông số cho bộ gá dao.

Thông số	Giá trị	Đơn vị
Modul đàn hồi	2,1e+11	N/m ²
Hệ số Poisson	0,28	N/A
Khối lượng riêng	7800	Kg/m ³
Giới hạn ứng suất	6,204e+8	N/m ²

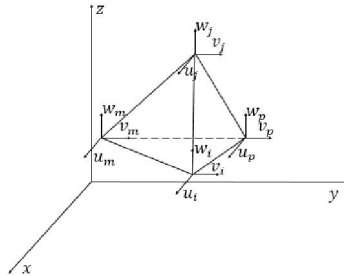


Hình 8a. Cấu tạo của bộ phận thay dao

Phần mềm mô phỏng được dùng trong nghiên cứu này là phần mềm ansys workbench. Đặc trưng bởi các phương trình ma trận độ cứng và khối lượng, mô hình được tính toán bằng cách ghép những ma trận phần tử cùng loại lại với nhau và được thể hiện bởi công thức sau:

$$[M]\{\ddot{U}\} + [K]\{U\} = 0$$

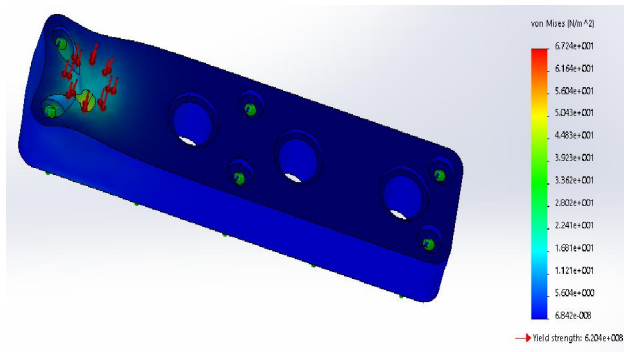
Trong đó $[M]$ và $[K]$ lần lượt là ma trận khối lượng và ma trận độ cứng tổng thể. Ta sử dụng phần tử khối tứ diện làm phần tử chủ đạo cho mô hình số ba chiều như (Hình 8b).



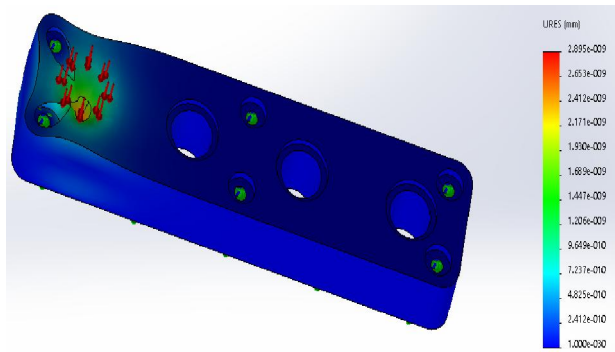
Hình 8b. Phần tử tứ diện của phần mềm ansys workbench

3.1. Tính bền cho dao 1 và dao 4

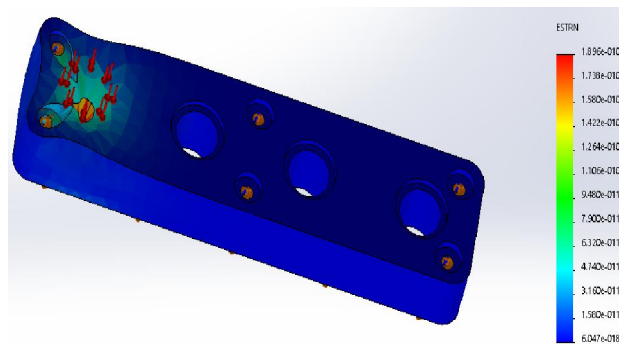
Lực tác dụng vào bộ gá dao chủ yếu là trọng lực của spindle trục chính và spindle thay dao tác dụng khoảng 60N.



Hình 9. Kết quả tính bền ứng suất theo Von Mises lỗ dao 1



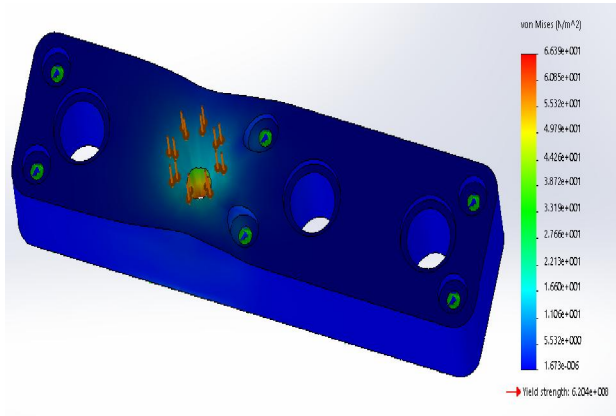
Hình 10. Kết quả chuyển vị lỗ dao 1



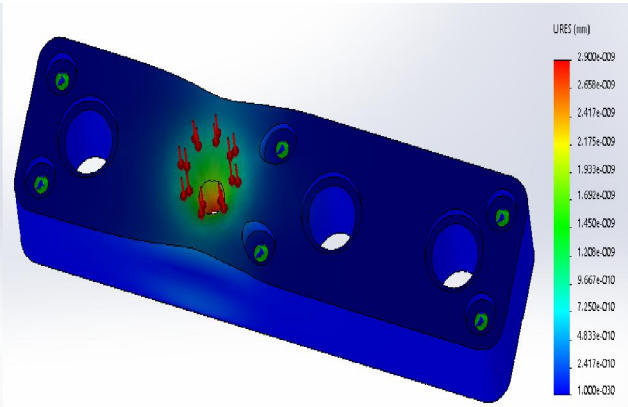
Hình 11. Kết quả biến dạng lỗ dao 1

Ta thấy ứng suất lớn nhất của khối thay dao tự động này với $\sigma_{\max} = 6,724e^{+1} \text{ N/m}^2$ bé hơn rất nhiều ứng suất của thép là $[\sigma] = 6,204e^{+8} \text{ N/m}^2$. Ngoài ra, ta thấy chuyển vị lớn nhất là $2,895e^{-9} \text{ (mm)}$ và biến dạng lớn nhất là $1,896e^{-10} \text{ (mm)}$. Các giá trị đều rất nhỏ nên bộ gá dao thỏa bền.

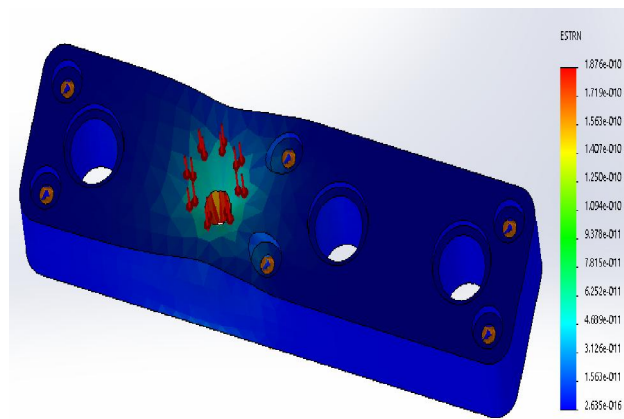
3.2. Tính bền cho dao 2 và dao 3



Hình 12. Kết quả tính bền ứng suất theo Von Mises lỗ dao 2



Hình 13. Kết quả chuyển vị lỗ dao 2

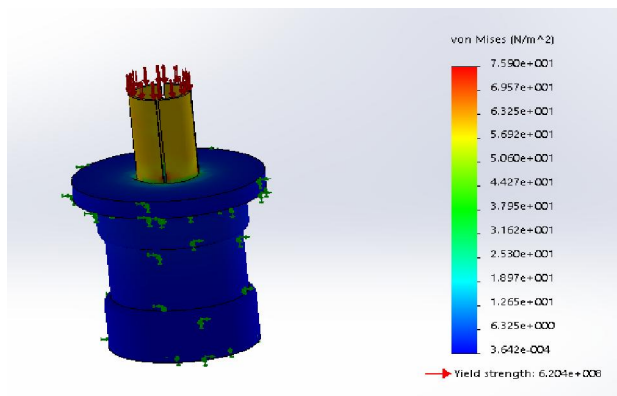


Hình 14. Kết quả biến dạng lỗ dao 2

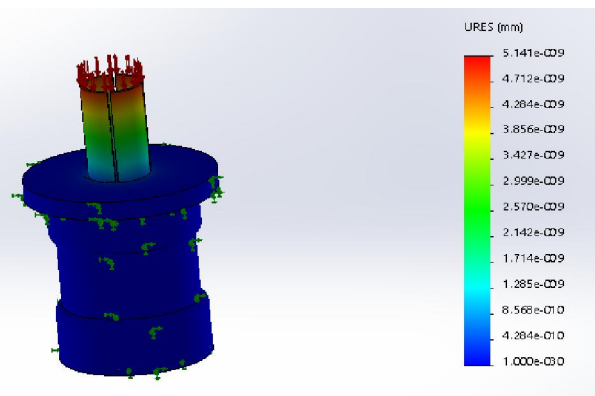
Tương tự như kết quả mô phỏng từ lỗ dao 1, kết quả mô phỏng từ lỗ dao 2 như Hình 12, 13, 14. Ứng suất lớn nhất của vật này là $6,639e^{+1} \text{ N/m}^2$ bé hơn rất nhiều ứng suất của thép là $6,204e^{+8} \text{ N/m}^2$. Ta thấy chuyển vị lớn nhất là $2,9e^{-9} \text{ (mm)}$ và biến dạng lớn nhất là $1,876e^{-10} \text{ (mm)}$. Các giá trị đều rất nhỏ nên bộ gá dao thỏa bền.

3.3. Tính bền cho bộ phận kẹp dao

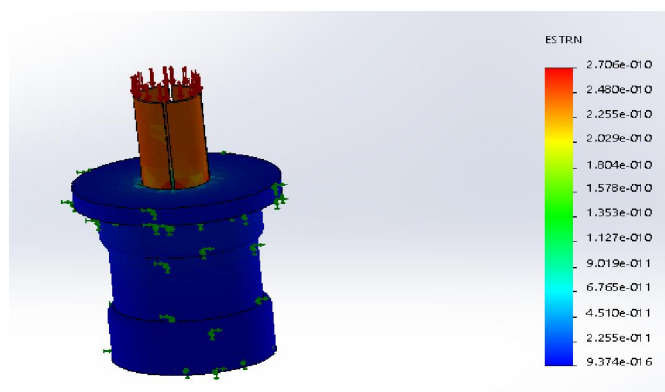
Lực tác dụng lên bộ phận kẹp dao chủ yếu cũng là trọng lực của 2 spindle trục z có giá trị khoảng 60N, ta thấy ứng suất lớn nhất của vật này là $7,59e^{+1} \text{ N/m}^2$ bé hơn rất nhiều ứng suất của thép là $6,204e^{+8} \text{ N/m}^2$, chuyển vị lớn nhất là $5,141e^{-9} \text{ (mm)}$ và biến dạng lớn nhất là $2,706e^{-10} \text{ (mm)}$. Các giá trị đều rất nhỏ nên bộ gá dao thỏa bền.



Hình 15. Kết quả tính bền ứng suất bộ phận kẹp dao



Hình 16. Kết quả chuyển vị bộ phận kẹp dao



Hình 17. Kết quả biến dạng bộ phận kẹp dao

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã lựa chọn trong thiết kế được hệ thống thay dao tự động cho máy CNC có sẵn, chủ động chế tạo trong điều kiện làm việc trong nước. Chế tạo hệ thống thay dao tự động và đã vận hành trong môi trường thực tế. Các kết quả từ nghiên cứu cho thấy hầu hết các chi tiết trong bộ thay dao tự động thỏa điều kiện bền tuy nhiên việc lắp đặt còn nhiều hạn chế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Ngọc Cần. *Máy cắt kim loại*. NXB ĐHQG Tp. Hồ Chí Minh, 2005.
- [2]. Trần Văn Địch. *Công nghệ CNC*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2004.
- [3]. Nguyễn Hồng Sơn. *Chuyên đề công nghệ CNC*.
- [4]. Karlo Apro. *Secrets of 5-Axis Machining*, 2008.
- [5]. Nguyễn Văn Khang. *Bài giảng động lực học nhiều vật*. ĐHBK Hà Nội, 2002.
- [6]. Trần Hoàng Nam. *Giải bài toán ngược động học, động lực học và điều khiển trượt Robot dư dẫn động dựa trên thuật toán hiệu chỉnh gia lượng vec-tơ tọa độ suy rộng*, 2010.