THIẾT KẾ THIẾT BỊ SẢN XUẤT THÂN KHẨU TRANG Y TẾ 4 LỚP SỬ DỤNG CÔNG NGHỆ HÀN SIÊU ÂM

DESIGN FACE MASK'S 4-LAYER BODY PRODUCTION MACHINES USING ULTRASONIC WELDING TECHNOLOGY

Nguyễn Thanh Hải[1,2*], Võ Tấn Thiện[1,3]

[1]Trường Đại học Bách khoa Tp. Hồ Chí Minh (HCMUT)
[2]Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh (VNU-HCM)
[3]Công ty TNHH Thiết bị siêu âm Việt Nam

*Tác giả liên hệ: haint@hcmut.edu.vn

(Nhận bài: 19/8/2021; Chấp nhận đăng: 08/12/2021)

Tóm tắt - Khẩu trang y tế được tạo ra từ vải không dệt và vải lọc kháng khuẩn xếp chồng lên nhau theo thứ tự. Vải không dệt là các sợi polypropylene phun phủ trên băng tải di chuyển với tốc độ cố định nhằm tạo ra chiều dày màng mỏng ổn định. Vải lọc kháng khuẩn được dùng làm lớp lót ở giữa, có chức năng lọc sạch các loại bụi mịn. Khẩu trang y tế hình chữ nhật, thông thường có 3 lớp vải không dệt và 1 lớp giấy lọc. Kích thước phần thân khẩu trang 175 x 95 mm. Các lớp vải này được liên kết với nhau bằng công nghệ hàn siêu âm. Trong bài báo này, nhóm nghiên cứu thiết kế và chế tạo thiết bị tạo ra thân khẩu trang y tế 4 lớp bằng hàn siêu âm, tần số 20 kHz và 1500 W. Năng suất sản xuất tối đa 120 cái/phút. Thiết bị được lắp đặt và vận hành trong thực tế, đáp ứng nhu cầu khẩu trang y tế trong mùa dịch Covid – 19.

Từ khóa - khẩu trang y tế; thân khẩu trang; hàn siêu âm; 20 kHz; vải không dệt; giấy lọc.

Abstract - Medical face mask is made of nonwoven and melt blown fabrics stacked in order. Nonwovens are basically polypropylene sprayed on a moving belt at a certain speed to generate stable thickness. Antibacterial filter cloth is used as the middle lining of which function is to filter out fine dust. Medical face mask which is usually rectangular includes 3 nonwovens and 1 melt blown fabrics. The normal dimension is 175 x 95 mm. These layers are linked by ultrasonic welding technology. In this paper, the authors design and manufacture an equipment producing 4-layer body of face mask by ultrasonic welding technology at the frequency of 20 kHz and 1500 W. The maximum capacity is 120 pcs/min. The equipment is assembled and operated in industry, providing medical face mask for people in Covid – 19 period.

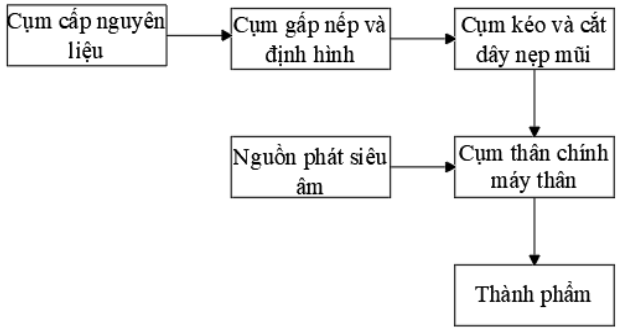
Key words - Medical face mask; body mask; ultrasonic frequency; 20 kHz; nonwoven; melt blown.

1. Giới thiệu

Khẩu trang y tế thông thường gồm các lớp vải được sắp xếp như Hình 1.

Hình 1. *Khẩu trang y tế 4 lớp*

Trên thế giới có nhiều công ty đã chế tạo máy thân khẩu trang y tế như South Nekon, Wuxi Wondery, Shanghai Shiyu (Trung Quốc). Các dòng máy này sử dụng hai hệ siêu âm để hàn đường biên và đường ngang của khẩu trang y tế. Trong nghiên cứu này, máy sản xuất thân khẩu trang y tế chỉ dùng một hệ siêu âm để hàn cả đường biên và đường ngang. Để sản xuất thân khẩu trang y tế, các cuộn vải không dệt [1] và giấy lọc kháng khuẩn meltblown [2] được trải chồng lên nhau theo thứ tự. Sau đó, bốn lớp vải sẽ được tạo nếp gấp trên bề mặt với mục đích giảm chiều rộng thân khẩu trang y tế khi đóng gói và tạo bẫy chống đọng nước (mặt ngoài) và bẫy hấp thụ nước, giọt bắn (ở mặt trong). Bốn lớp vải tiếp được ghép biên, hàn mép, vô dây nẹp mũi, hàn viền, cắt theo quy cách. Nẹp mũi giúp khẩu trang cố định trên sống mũi người dùng.



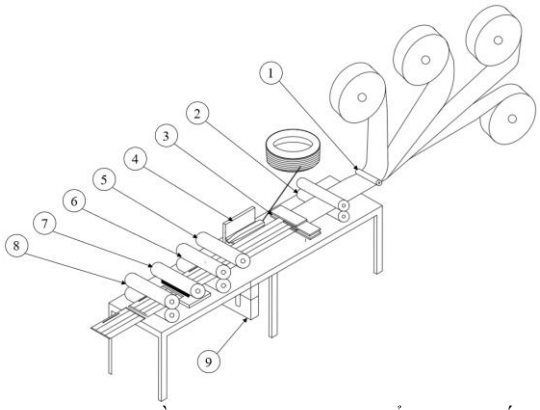
Hình 2. *Quy trình sản xuất thân khẩu trang y tế*

Quy trình sản xuất thân khẩu trang được thể hiện như Hình 2 được mô tả như sau: Nguyên liệu gồm vải không dệt, vải lọc, nẹp mũi được gấp nếp và định hình, để tạo thành hình chữ nhật có ba nếp gấp. Sau đó, nẹp mũi được cắt thành từng đoạn và đưa vào vị trí mũi. Từng phần hình chữ nhật của khẩu trang được cắt nhờ cụm dao cắt ở thân máy sau khi được hàn siêu âm đường biên và đường ngang.

[1] Ho Chi Minh City University of Technology (Nguyen Thanh Hai, Vo Tan Thien)
[2] Viet Nam National University Ho Chi Minh City (Nguyen Thanh Hai)
[3] Viet Nam Ultrasonic Equipment Company Limited (Vo Tan Thien)

2. Tính toán và thiết kế các bộ phận chính

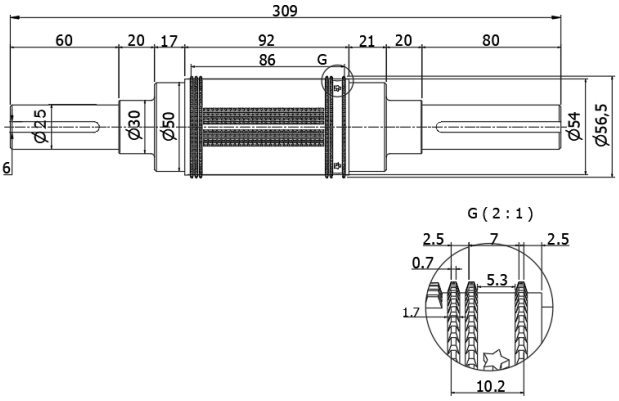
Nguyên lý máy thân khẩu trang y tế được thể hiện trong Hình 3. Cặp trục rulo (6) kéo bốn lớp vải qua cụm con lăn dẫn vải (1), sau đó qua cụm con lăn xếp ly (2) để tạo hình ban đầu, vải tiếp tục tiến vào bộ lược xếp ly (3), nhằm tạo được 3 đường xếp ly. Vải đi qua cụm trục in và khuôn hàn siêu âm (5) để hàn đường biên và đường ngang. Tại đây nẹp mũi sẽ được đưa vào. Dây mũi từ cuộn được cắt (4) và vào đúng vị trí. Phôi thân khẩu trang sau khi qua cụm tạo hình sẽ được cụm trục rulo (6) đưa vào cụm cắt phôi (7) theo đúng kích thước. Phôi thân khẩu trang sẽ được cặp rulo (8) kéo đưa ra ngoài.



Hình 3. *Sơ đồ nguyên lý máy thân khẩu trang y tế*

Thông số thiết kế:

- Năng suất: 80 ÷ 120 cái/phút.
- Tốc độ: 0,5 ÷ 0,75 giây/cái.
- Kích thước thân khẩu trang: Dài x rộng 175 x 95mm.



Hình 4. *Thiết kế 2D của trục in*

Để ra được 1 phôi khẩu trang có chiều dài chuẩn là 175 mm thì trục in được thể hiện trong Hình 4 sẽ chuyển động quay tròn tạo ra đường hàn viền, ngang và tạo hình logo. Đường kính cần thiết của trục hàn viền tạo hình là:

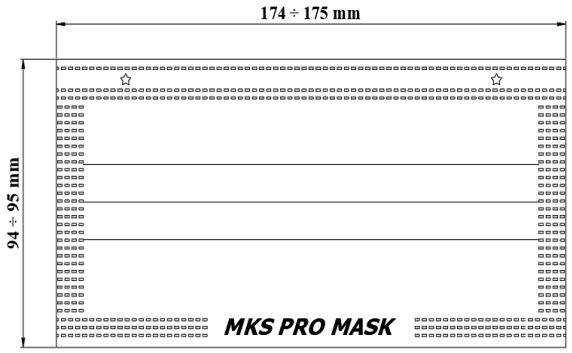
$$D = \frac{C}{\pi} \qquad (2.1)$$

Trong đó: D là đường kính cần thiết của trục; C là chiều dài phôi thân khẩu trang.

Với phôi thân khẩu trang thành phẩm có bề dày từ 1 ÷ 1,5 mm nên khi tính đường kính trục in phải tính thêm phần bề dày khẩu trang thành phẩm thì mới đảm bảo khi trục tạo hình quay 1 vòng sẽ cho ra khẩu trang đúng kích thước. Ta chọn bề dày 1,25 mm để tính đường kính trục tạo hình. Theo công thức (2.1), ta có:

$$D = \frac{C}{\pi} = \frac{175+1,25\times2}{\pi} = 56,5\text{mm}$$

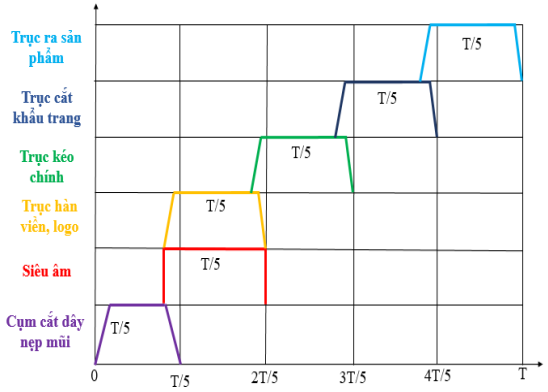
Khi trục quay 1 vòng thì sẽ tạo ra đường viền bao xung quanh và logo nhà sản xuất cho phôi thân khẩu trang được thể hiện trong Hình 5.



Hình 5. *Thiết kế 2D thân khẩu trang y tế 4 lớp*

Chu kỳ tạo hình của phôi thân khẩu trang y tế 4 lớp được thể hiện trong Hình 6.

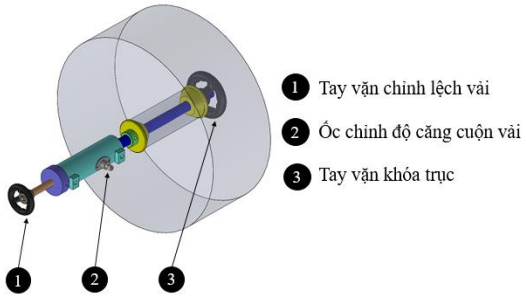
- Cụm cắt dây nẹp mũi T ≈ 0,1 – 0,15 giây.
- Cụm siêu âm T ≈ 0,1 – 0,15 giây.
- Trục in và tạo logo T ≈ 0,1 – 0,15 giây.
- Trục kéo chính T ≈ 0,1-0,15 giây.
- Trục cắt T ≈ 0,1 – 0,15 giây.
- Trục ra sản phẩm T ≈ 0,1 – 0,15 giây.



Hình 6. *Giản đồ trạng thái hoạt động 1 chu kì T*

2.1. Cụm cấp vải

Trục gá vải Hình 7, gồm các cuộn vải làm khẩu trang, được thiết kế với tay vặn chỉnh cuộn vải ra vào, ốc chỉnh độ căng cuộn vải (2) giữ mặt vải luôn thẳng, tay vặn (3) cố định cuộn vải vào trục gá vải.

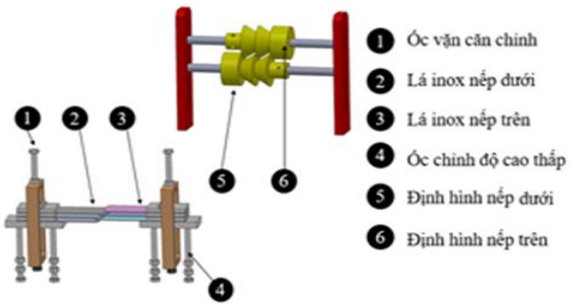


Hình 7. *Khung gá vải (3D)*

2.2. Cụm tạo nếp gấp

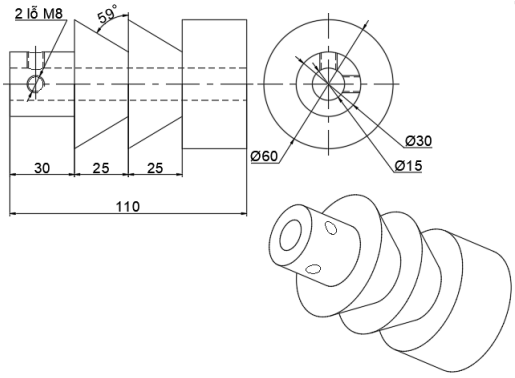
Cụm tạo nếp gấp Hình 8, gồm: Cặp con lăn tạo nếp

(forming roller), cụm lá inox.



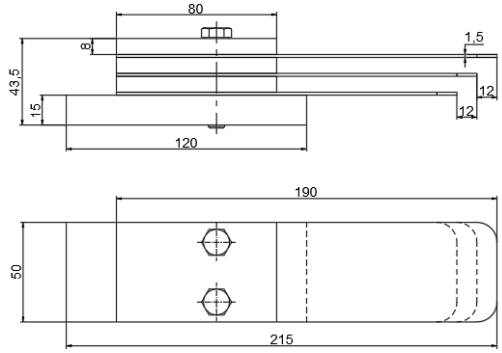
Hình 8. *Cụm tạo nếp gấp 3D*

Cặp con lăn tạo nếp, Hình 9, định hình nếp gấp trên bề mặt khẩu trang và tạo ra 3 đường ly trên mặt ngoài phôi thân khẩu trang.



Hình 9. *Con lăn tạo nếp gấp 2D*

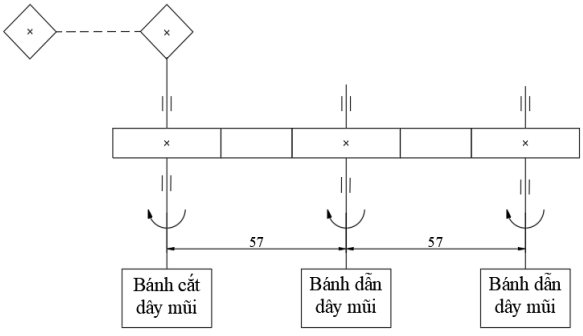
Cụm lá inox, Hình 10, là bộ phận chính tạo ra 3 đường nếp gấp cho khẩu trang và quyết định bề rộng của từng đường ly.



Hình 10. *Bộ lược bên trái 2D*

2.3. Cụm cắt nẹp mũi

Sơ đồ truyền động của cụm cắt mũi được thể hiện trong Hình 11.



Hình 11. *Sơ đồ truyền động cụm cắt dây mũi*

Để 3 bánh răng chủ động quay cùng chiều ta cần dùng 2 bánh răng trung gian ăn khớp. Ta chọn vật liệu 5 bánh răng như nhau. Theo Bảng 6.1 [3], chọn:

Bánh răng: Thép 45 tôi cải thiện đạt độ rắn HB 241.285 có σ_b = 850MPa, σ_{ch} = 580MPa. Để cắt dây nẹp mũi đều nhau thì tỷ số truyền của bánh răng u = 1.

Mô đun m= 2 theo bảng trị số tiêu chuẩn mô đun bánh răng [4].

Tổng số răng bánh răng 1 và 2:

$$z = \frac{2 \times a}{u} \quad (2.2)$$

Trong đó: z là số răng bánh răng cần tính; u là tỷ số truyền của bánh răng; a là khoảng cách trục.

Theo công thức (2.2) ta có $z = \frac{2 \times 57}{2} = 57$ răng

Do bánh răng 1 và 2 ăn khớp nhau nhờ bánh răng trung gian nên

$z_1 = z_2 = z_{tg1} = 19$ răng.

Mặt khác: $a_{w1} = a_{w2} = 57$ mm và u = 1

nên: $z_1 = z_2 = z_{tg1} = 19$ răng.

Chiều rộng bánh răng:

$$b = \psi \times a \quad (2.3)$$

Trong đó: b là chiều rộng bánh răng; ψ_a là hệ số chiều rộng vành răng; a là khoảng cách trục.

Với $\psi_a = 0,3 \div 0,45$, theo công thức (2.3) ta có:

$b = 17,1 \div 25,65$

Ta chọn b = 20 mm

Dây nẹp nhựa tiêu chuẩn dài 104 ÷ 106 mm, ta tính được đường kính của bánh kéo dây mũi:

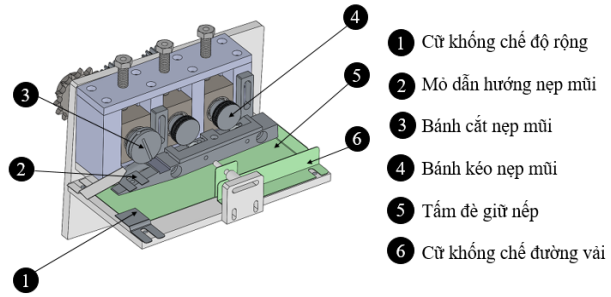
$$D = \frac{C}{\pi} = 33,4 \div 34,1 \text{ mm}$$

Suy ra: d_k = 34 mm

Để dây nẹp mũi dễ vào ta thiết kế thanh dẫn nghiên nên muốn cắt dây mũi đúng kích thước ta phải chọn:

d_c = 42 mm.

Cụm cắt nẹp mũi Hình 12, được thiết kế dùng cụm rulo kéo và rulo cắt để cắt thanh nẹp mũi đúng kích thước sẽ đưa nẹp mũi vào đúng vị trí.



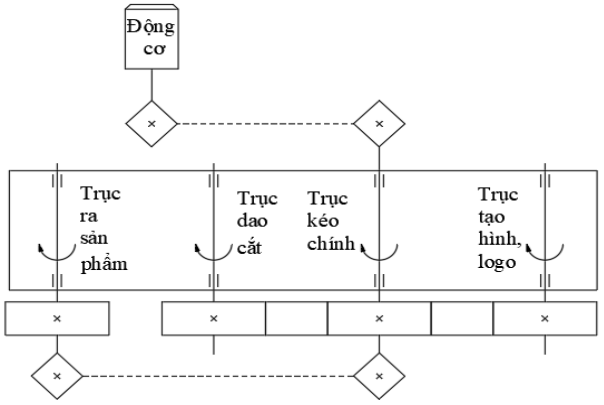
Hình 12. *Cụm cắt nẹp mũi (3D)*

2.4. Cụm thân chính

Sơ đồ truyền động của cụm thân chính, Hình 13.

Do không có yêu cầu gì đặc biệt ta chọn vật liệu cho các cặp bánh răng theo Bảng 6.1 (trang 92, [3]), như sau:

Thép 45 tôi cải thiện đạt độ rắn HB 241..285 có σ_b = 850MPa, σ_{ch} = 580MPa**.** Bộ truyền lực là chủ yếu nên ta không được chọn môđun nhỏ hơn 1,5 ÷ 2, nếu không khi quá tải sẽ bị gẫy. Chọn m = 2 theo bảng trị số tiêu chuẩn mô đun bánh răng [4].



Hình 13. *Sơ đồ truyền động của cụm thân chính*

Dựa vào chiều dài tiêu chuẩn phôi thân khẩu trang là 175 mm nên $a_w = d_{th}$ = 56,5 mm. Để đạt năng suất 120 cái/phút ta chọn tỉ số truyền động u = 1.

$$z = \frac{2 \times a}{m(u+1)} \quad (2.4)$$

Trong đó: z là số răng bánh răng cần tính; u là tỷ số truyền của bánh răng; m là môđun bánh răng; a là khoảng cách trục.

Theo công thức (2.4) $z = \frac{2.56,5}{(2(1+1)} = 28,25$ răng

Số răng z_1 là số nguyên nên ta chọn $\mathbf{z_1}$= 28 răng.

Do u = 1 nên $z_1 = z_2 = z_3 = z_4$ = 28 răng.

Xác định sơ bộ đường kính trục:

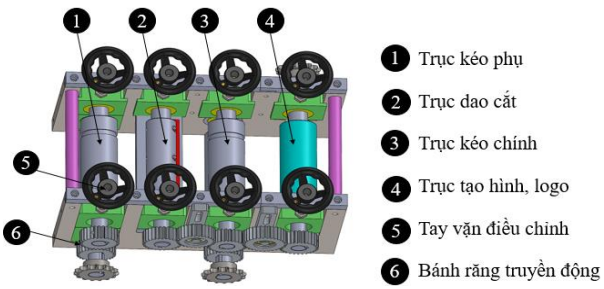
$$d = \sqrt[3]{\frac{T}{0,2 \times [\tau]}} \quad (2.5)$$

Trong đó: d là đường kính trục; T là moment xoắn; $[\tau]$ là ứng suất cho phép.

Với P_1 = 0,477 kW, n_1 = 120 vòng/phút, $T_1 = 9,55.10^6$. P_1/ n_1 = 37961 Nmm, u = 1

Đường kính gắn bánh răng, bánh xích và ổ lăn d_1 = 25 mm. Đường kính phần làm việc của các trục sẽ bằng đường kính trục in là 56,5 mm.

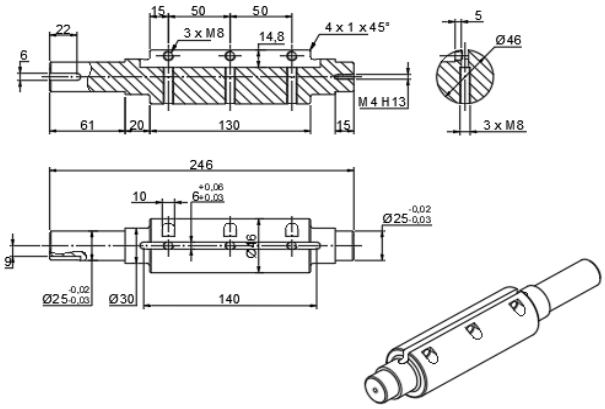
Với d_1 = 25 mm, b_0 = 12 mm, ta chọn ổ lăn 6005z.



Hình 14. *Cụm thân chính (3D)*

Cụm thân chính, Hình 14, có trục in thường được gia công sẵn các kí tự, mã khẩu trang. Trục cắt có lưỡi cắt để cắt thân khẩu trang đúng kích thước.

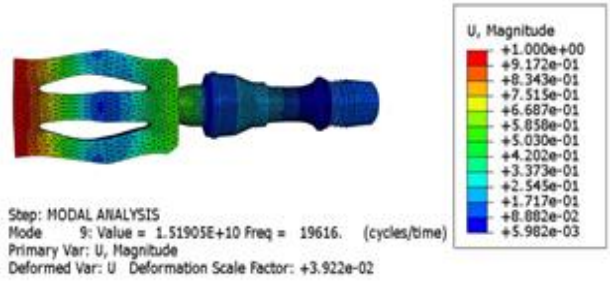
Để cắt thành từng phôi thân khẩu trang y tế thì cụm cắt sẽ gồm trục gá dao cắt, Hình 15, dao cắt thép gió và thớt.



Hình 15. *Thiết kế 2D trục gá dao cắt*

2.5. Cụm hệ siêu âm

Dao động rung siêu âm được tính toán sử dụng phần mềm Abaqus với tần số 20 kHz, vật liệu thép. Tại bề mặt làm việc, biên độ dao động đạt giá trị cao nhất tương ứng với màu đỏ được, Hình 16.

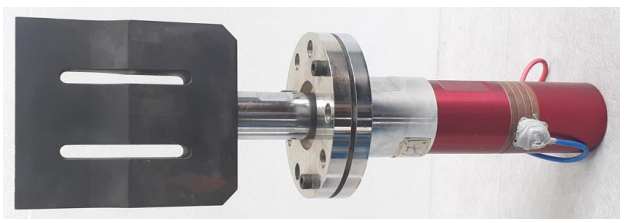


Hình 16. *Biên độ dao động siêu âm 20 kHz*

Tại bề mặt làm việc, ứng suất dao động đạt giá trị nhỏ nhất tương ứng với màu xanh được, Hình 17.

Hình 17. *Ứng suất dao động siêu âm 20 kHz*

Do trục in có bề mặt làm việc là 175 x 95 mm nên ta sử dụng khuôn thép làm khuôn hàn siêu âm để đảm bảo độ bền cho khuôn hàn siêu âm. Với sản lượng đầu ra của máy thân khẩu trang thì hệ siêu âm 20 kHz, Hình 18, bên dưới sẽ phù hợp.



Hình 18. *Hệ siêu âm 20 kHz thực tế*

3. Chế tạo và lắp ráp

Máy sau khi được gia công, lắp ráp và lắp đặt hoàn chỉnh sẽ cho ra thành phẩm, Hình 19, bao gồm: Phần cơ khí, tủ điện điều khiển và cụm hệ phát siêu âm.

Hình 19. *Mô hình máy thân khẩu trang y tế 4 lớp*

4. Kết luận

Nhóm nghiên cứu đã thiết kế và chế tạo thành công máy sản xuất thân khẩu trang y tế 4 lớp sử dụng công nghệ hàn siêu âm. Năng suất tối đa 120 cái / phút. Tần số siêu âm là 20 kHz và công suất 1500 W. Nhóm nghiên cứu đã tiến hành vận hành thử máy, cho ra thành phẩm phôi thân khẩu trang của khẩu trang MKS PROMASK. Khẩu trang này góp phần hỗ trợ phòng chống dịch Covid 19 theo quy định của Bộ y tế về tiêu chuẩn 5k.

Lời cảm ơn: Chúng tôi xin cảm ơn Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia – Hồ Chí Minh đã hỗ trợ thời gian và phương tiện vật chất cho nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Kansal, H., "Experimental investigation of properties of polypropylene and non-woven spunbond fabric", *IOSR Journal of polymer and textile engineering (IOSR-JPTE)*, Vol. 3, No. 5, 2016.

[2] Brochocka, Agnieszka, et al, "Multifunctional polymer composites produced by melt-blown technique to use in filtering respiratory protective devices", *Materials*, Vol. 13, No. 3, 2020.

[3] Trịnh Chất, Lê Văn Uyển, *Tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí (Tập một)*, Nhà xuất bản Giáo dục, 2006.

[4] Nguyễn Hữu Lộc, *Cơ sở thiết kế máy,* Nhà xuất bản Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh, 2008.