

NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ, MÔ PHỎNG KẾT CẤU HỢP LÝ CỦA GÀU GẤP RÁC THỦY LỰC 0,5M³ BẰNG PHẦN MỀM SOLIDWORKS

RESEARCH, DESIGN, AND SIMULATE THE REASONABLE STRUCTURE OF 0.5M³ HYDRAULIC GARBAGE BUCKET USING SOLIDWORKS SOFTWARE

Lương Văn Tới, Huỳnh Công Lớn

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Một trong các quy trình xử lý rác thải sinh hoạt, sau khi rác thải được băm nhỏ thì sẽ được tập kết lại thành đống và sau đó được đưa đến các thiết bị xử lý ở các công đoạn tiếp theo. Để thực hiện việc này có thể dùng xe xúc lật hoặc dùng gầu gấp rác, trong đó gầu gấp được sử dụng phổ biến hơn vì tiết kiệm được không gian mặt bằng, thuận tiện cho việc đưa rác vào các máy có chiều cao lớn,... Trên thực tế có nhiều loại gầu gấp khác nhau với kết cấu và nguyên lý làm việc khác nhau. Trong bài báo này sẽ đưa ra phân tích các loại gầu gấp thường dùng để vận chuyển vật liệu, từ đó sẽ đưa ra lựa chọn loại phù hợp để vận chuyển rác sau khi băm nhỏ, đồng thời sẽ phân tích các thành phần lực tác dụng lên gầu trong quá trình gầu làm việc. Dựa vào sự phân tích này, bài báo đưa ra các thông số kết cấu hợp lý của gầu để tiết kiệm vật liệu chế tạo gầu nhưng vẫn đảm bảo gầu làm việc ở trạng thái tốt nhất.

Từ khóa: Gầu gấp rác; Gầu ngoạm; Gầu thủy lực.

ABSTRACT

One of the municipal solid waste treatment process, after the waste is shredded, is to gather it into piles and then convey it to treatment equipment for next steps. This task can be performed using a wheel loader or a grab bucket, with the latter being more commonly used because it saves space and facilitates loading waste into high-rise machines, among other advantages. In practice, there are various types of grab buckets with different structures and operating principles. This paper analyzes common types of grab buckets used for material handling, identifies the most suitable type for transporting shredded waste, and examines the forces acting on the bucket during operation. Based on this analysis, the paper proposes reasonable structural parameters for the bucket to reduce manufacturing material while ensuring optimal performance.

Keywords: Garbage bucket; Grab bucket; Hydraulic bucket.

1. TỔNG QUAN

Hiện nay, mỗi ngày cả nước ta phát sinh khoảng 60.000 tấn chất thải sinh hoạt (thường gọi là rác thải), trong đó chất thải đô thị chiếm khoảng 60%. Theo dự báo, đến năm 2025, tỷ lệ phát sinh chất thải rắn sinh hoạt tăng thêm 10-16%. Với bối cảnh hiện tại, việc xử lý và tái chế rác thải được quan tâm đặc biệt nhằm bảo vệ môi trường và tái sử dụng các thành phần của rác thải để mang lại lợi ích kinh tế. Phương pháp chôn lấp rác đã không còn được ưu tiên trong các phương pháp xử lý rác, mà thay vào đó là các phương pháp xử lý rác tiên tiến như nhiệt phân khí hoá từ rác, đốt rác phát điện, xử lý rác thành phân hữu cơ phục vụ nông nghiệp,... Trong các quy trình xử lý rác tiên tiến thì gầu gắp rác là một bộ phận đóng vai trò quan trọng trong cả dây chuyền xử lý, nó giúp vận chuyển rác từ đồng đã tập kết sang các thiết bị xử lý tiếp theo. Tuy nhiên, việc đảm bảo độ bền, độ ổn định làm việc của gầu gắp rác cũng gặp nhiều thách thức vì môi trường làm việc dễ bị ăn mòn, các thành phần lực sinh ra trong quá trình gầu làm việc cũng tương đối phức tạp. Trong bài báo này, một mô hình gầu gắp rác thủy lực có dung tích gầu 0,5m³ được xây dựng trên phần mềm Solidworks và mô phỏng bằng phần mềm Ansys Workbench nhằm phân tích tác động của các thành phần ngoại lực lên gầu trong quá trình gầu làm việc, từ đó xác định thông số hợp lý của gầu.

2. THIẾT KẾ HỆ THỐNG THIẾT BỊ

2.1. Thông số ban đầu

Rác đầu vào là loại rác được băm nhỏ có kích thước từ 5cm – 10cm và được loại bỏ các sợi dây, sợi chỉ dài.

Tỷ trọng của rác là $\gamma = 0,6\text{T/m}^3$.

Dung tích gầu của mô hình mô phỏng là 0,5m³.

2.2. Phân tích lựa chọn phương án

Trên thực tế, có nhiều loại gầu dùng để vận chuyển nhiều dạng vật liệu khác nhau: vật liệu dạng bột, dạng viên, dạng thanh,...

Các loại gầu thường dùng được thể hiện trên hình 1:

- Gầu ngoạm 2 cánh đóng/mở bằng dây (hình 1a): Thường được sử dụng với các thiết bị cần trục cảng, máy dỡ hàng, cổng trục dùng để vận chuyển các vật liệu rời ở dạng hạt, bột. Tải trọng của loại gầu này thông thường từ 5 tấn – 64 tấn. Gầu ngoạm 2 cánh được thiết kế với một trục xoay, lực đóng gầu mạnh và khả năng lấp đầy vật liệu cao.

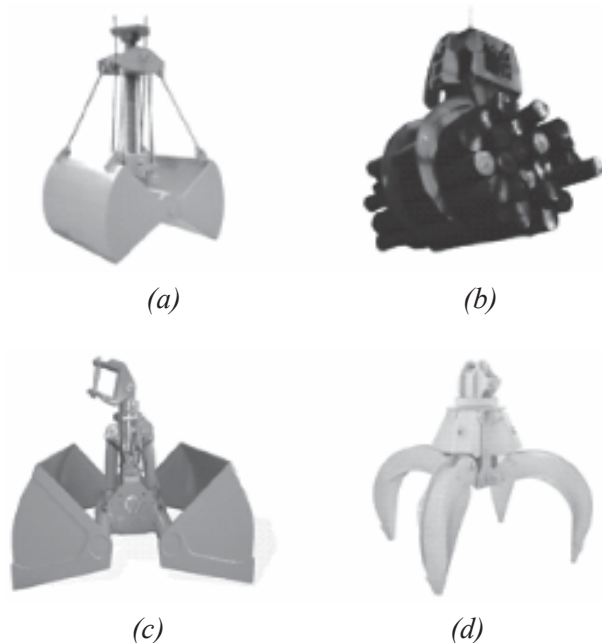
- Gầu ngoạm được thiết kế chuyên biệt để gắp gỗ (hình 1b). Loại gầu này thường được kết hợp với cầu tháp hoặc cầu trục giàn sử dụng trong các bãi gỗ hoặc bốc dỡ tại bến tàu, tải trọng thông thường 5 tấn – 32 tấn.

- Gầu ngoạm 2 má thủy lực (hình 1c) được sử dụng để xử lý các vật liệu rời dạng bột và dạng hạt như phân bón, ngũ cốc, than, than cốc, quặng, cát, vật liệu xây dựng dạng hạt, đá dăm và các vật liệu dạng rời khác. Loại gầu này có thể kết hợp với nhiều loại thiết bị như cần trục tháp, cầu trục cảng và máy dỡ hàng, thích hợp cho việc xử lý hàng rời tại cầu cảng, nhà máy thép, nhà máy đốt chất thải.

- Gầu ngoạm hoa thị thủy lực (hình 1d) thường được sử dụng để xử lý các vật liệu rời dạng khối, dạng hạt và các vật có hình dạng không đều, chẳng hạn như than cốc, gang, thép phế liệu, xỉ, rác và đá,... Gầu ngoạm hoa thị thủy lực có thể được kết nối trực tiếp với móc

cầu. Có hiệu quả gấp cao và hiệu suất làm việc ổn định.

Với đối tượng vật liệu là rác sau khi băm nhỏ có kích thước không đồng nhất, hình dạng không đều thì gầu ngoạm hoa thị thủy lực là lựa chọn phù hợp nhất, nó giúp việc gấp rác được thực hiện dễ dàng, linh động, hiệu quả gấp cao và hiệu suất làm việc ổn định.



Hình 1. Các loại gầu thường dùng để vận chuyển vật liệu

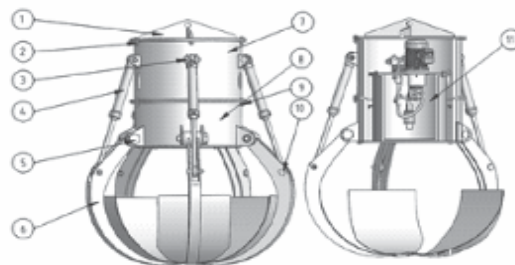
2.3. Cơ sở tính toán

2.3.1. Cấu tạo, nguyên lý làm việc của gầu

Do khối lượng rác mỗi lần gấp không quá lớn, và vật liệu cần gấp là rác đã qua băm nhỏ nên việc lựa chọn gầu 5 cánh sẽ phù hợp và tiết kiệm. Gầu gấp sẽ hoạt động đóng và mở gầu thông qua việc điều khiển sự duỗi ra và thu vào của xylanh trên từng cánh gầu. Hệ thống thủy lực sẽ được đặt bên trong lòng của gầu, việc đặt bên trong lòng của gầu sẽ làm gầu gấp trở nên thẩm mỹ và gọn gàng hơn.

Cấu tạo của gầu (hình 2) bao gồm các bộ phận chính sau: 1 - Nắp gầu; 2 - Bulong liên kết nắp gầu; 3 - Chốt liên kết xylanh và thân gầu; 4 - Xylanh đóng mở gầu; 5 - Chốt liên kết cánh gầu và thân gầu; 6 - Cánh gầu; 7 - Thân trên gầu; 8 - Thân dưới gầu; 9 - Bulong liên kết thân gầu; 10 - Chốt liên kết xylanh và cánh gầu; 11 - Bộ thủy lực.

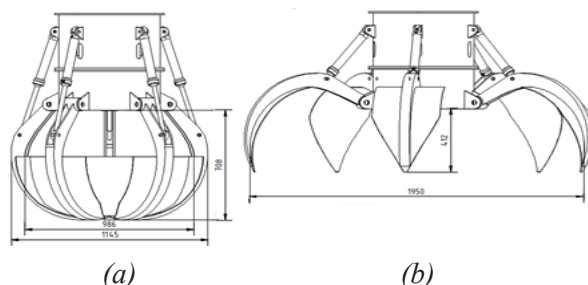
Việc đóng mở gầu được thực hiện bởi các xylanh: khi có tín hiệu đóng gầu (gấp rác) thì các xylanh (4) sẽ duỗi ra và làm cho các cánh gầu xoay quanh chốt 5 và khép lại. Khi có tín hiệu mở gầu (xả rác) thì các xylanh (4) sẽ co lại để các cánh gầu mở ra và rác được giải phóng ra ngoài.



Hình 2. Cấu tạo của gầu gấp rác

2.3.2. Thông số hình học của gầu

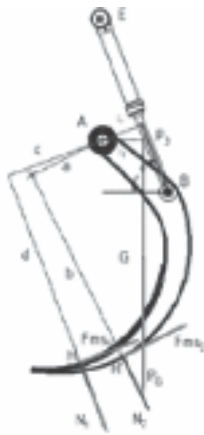
Từ yêu cầu dung tích của gầu là $0,5 \text{ m}^3$ và rác đã được băm sẵn trước thì gầu gấp rác được thiết kế có các kích thước hình học như hình 3. Hình 3a là trạng thái đóng của gầu và hình 3b là trạng thái mở của gầu.



Hình 3. Thông số hình học của gầu

2.3.3. Các thành phần lực tác dụng lên gầu

Trong quá trình gầu làm việc, gầu sẽ nhờ lực đẩy của xylanh nên cánh gầu từ từ đóng lại và rác sẽ được chứa trong cánh gầu và trượt lên mặt trong của gầu, đồng thời mặt ngoài của gầu cũng trượt lên trên khối rác bên ngoài nên sẽ sinh ra các thành phần lực: F_{ms1} là lực ma sát của rác với mặt trong của gầu và F_{ms2} là lực ma sát của rác với mặt ngoài của gầu.



Hình 4. Các thành phần lực tác dụng lên gầu

Trên hình 4, thể hiện các thành phần lực tác dụng lên gầu trong quá trình gầu làm việc.

Trong đó:

- F_{ms1} : Lực ma sát của rác với mặt trong của gầu;
- F_{ms2} : Lực ma sát của rác với mặt ngoài của gầu;
- N_1 : Áp lực của rác tác dụng lên mặt trong của gầu;
- N_2 : Áp lực của rác tác dụng lên mặt ngoài của gầu;
- P_3 : Lực tác dụng của xylanh làm đóng gầu;
- P_G : Trọng lượng của cánh gầu;
- a: Khoảng cách từ tâm quay A đến N_2 ;
- b: Khoảng cách từ tâm quay A đến F_{ms2} ;

F_{ms2} :

- c: Khoảng cách từ tâm quay A đến N_1 ;
- d: Khoảng cách từ tâm quay A đến F_{ms1} ;
- l_1 : Khoảng cách từ tâm quay A đến P_3 ;
- l_2 : Khoảng cách từ tâm quay A đến P_G .

a) Tính toán phản lực N_1 và lực ma sát của rác với mặt trong của cánh gầu F_{ms1} (hình 5a)

Do gầu mỗi lần gắp sẽ có lượng rác tương đương dung tích của gầu là $0,5 \text{ m}^3$ (tính cho trường hợp đầy tải) và tỉ trọng của rác là $0,6 \text{ tấn/m}^3$ nên khối lượng của rác là: $m_{\text{rác}} = 0,5 \cdot 0,6 = 0,3 \text{ tấn} = 300 \text{ kg}$.

Vì gầu có 5 cánh nên khối lượng rác tác dụng lên mỗi cánh được chia đều cho 5:

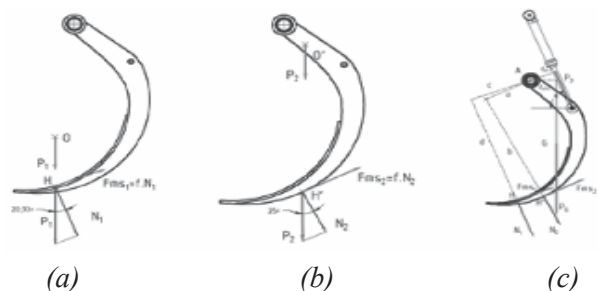
$$P_1 = \frac{m_{\text{rác}} \cdot 9,8}{5} = 588 \text{ N}$$

Để tiện cho việc tính toán các lực, lực tác dụng của rác lên cánh gầu sẽ quy về khối tâm O của 1/5 khối rác, do đó lực tác dụng P_1 sẽ được đặt tại tâm O, điểm H nằm trên cánh gầu sẽ là điểm chịu lực tác dụng của P_1 .

$$N_1 = P_1 \cdot \cos(20,93^\circ) = 588 \cdot \cos(20,93^\circ) = 549,2 \text{ N}$$

$$\Rightarrow F_{ms1} = f \cdot N_1 = 549,2 \cdot 0,45 = 247,14 \text{ N}$$

Trong đó, $f = 0,45$ - Hệ số ma sát của rác với cánh gầu [2].



Hình 5. Sơ đồ tính toán các phản lực N và lực ma sát F_{ms}



b) Tính toán phản lực N_2 và lực ma sát của rác với mặt ngoài của cánh gầu F_{ms2} (hình 5b)

$$m_{gầu} = m_1 + m_2 = 437 + 110 = 547 \text{ kg}$$

Với: $m_1 = 437 \text{ kg}$ là khối lượng sơ bộ của bản thân gầu; $m_2 = 110 \text{ kg}$ là khối lượng sơ bộ của bộ nguồn thủy lực; và $m = m_{rác} + m_{gầu} = 300 + 547 = 847 \text{ kg}$ là khối lượng toàn bộ gầu khi thực hiện gắp rác.

Lực tác dụng lên mỗi cánh gầu:

$$P_2 = \frac{m \cdot 9,8}{5} = 1660,12 \text{ N}$$

Các lực được quy về khối tâm để tính nhưng trong trường hợp này lực N_2 và F_{ms2} được sinh ra khi mặt ngoài của gầu tác dụng với rác dưới tác dụng của trọng lượng toàn bộ cánh gầu và khối rác trong gầu. Như vậy, lực P_2 sẽ được đặt tại tâm của 1/5 gầu và khối rác tại điểm O', điểm H' nằm trên mặt ngoài của gầu là điểm chịu lực tác dụng của lực P_2 .

$$N_2 = P_2 \cdot \cos(26^\circ) = 1660,12 \cdot \cos(26^\circ) = 1492,1 \text{ N}$$

$$\Rightarrow F_{ms2} = f \cdot N_2 = 1492,1 \cdot 0,45 = 671,45 \text{ N}$$

c) Tính toán lực tác dụng của xylanh P_3 (hình 5c)

Sử dụng phương trình cân bằng mô-men quay quanh tâm A: $\sum M_A = 0$.

Chọn sơ bộ chiều dày cánh gầu là 10 mm (chiều dày cánh gầu sẽ được tính toán tối ưu lại sau khi có thành phần các lực) và khối lượng của cánh gầu là: $m_G = 28,5 \text{ kg} \Rightarrow P_G = 28,5 \times 9,8 = 279,3 \text{ N}$.

$$\sum M_A = 0 \Leftrightarrow P_3 \cdot l_1 + P_G \cdot l_2 - F_{ms1} \cdot d -$$

$$F_{ms2} \cdot b - N_1 \cdot c - N_2 \cdot a = 0$$

$$\Rightarrow P_3 = 8943,14 \text{ N}$$

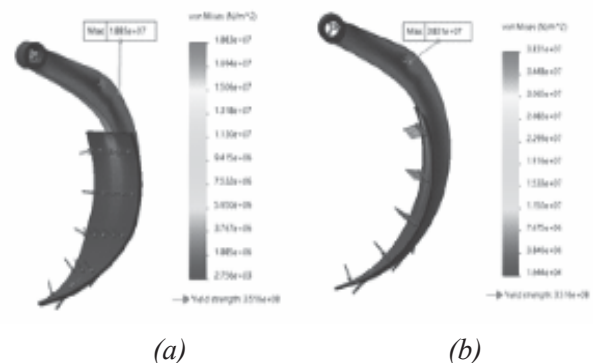
Với: $l_1 = 0,132 \text{ m}$; $l_2 = 0,095 \text{ m}$; $a = 0,3 \text{ m}$; $b = 0,63 \text{ m}$; $c = 0,32 \text{ m}$; $d = 0,65 \text{ m}$.

3. MÔ PHỎNG VÀ KẾT QUẢ

Từ các kết quả tính toán ở trên, sử dụng phần mềm Solidworks để mô phỏng sức bền của cánh gầu. Ban đầu chọn chiều dày cánh gầu sơ bộ là 10mm, sau đó dựa vào kết quả phân tích ứng suất của mỗi lần mô phỏng mà thay đổi chiều dày của cánh gầu cho hợp lý theo kết quả ứng suất đó.

Trên hình 6a, kết quả ứng suất lớn nhất trên cánh gầu tương ứng với chiều dày chọn sơ bộ ban đầu 10mm là $1.883e^7 \text{ (Pa)}$, kết quả này cho thấy kết cấu còn khá dư bền. Do đó, chiều dày cánh gầu được giảm dần cho mỗi lần tính. Mỗi lần giảm chiều dày cánh gầu thì các thành phần lực liên quan đến khối lượng cánh gầu sẽ được tính lại. Sau nhiều lần lặp lại việc tính toán thì kết quả ứng suất (hình 6b) của cánh gầu là $3.8e^7 \text{ (Pa)}$ tương ứng với chiều dày của cánh gầu là 4mm.

Vật liệu được chọn để chế tạo gầu là thép Hardox400.



Hình 6. Kết quả mô phỏng sức bền của gầu

4. KẾT LUẬN

Thông qua bài nghiên cứu, chúng ta tìm hiểu về cấu tạo và nguyên lý hoạt động của gầu gắp rác thủy lực, từ đó xác định các thành phần lực tác dụng lên gầu trong quá trình đóng mở gầu để gắp và đổ rác. Dựa trên kết quả tính toán này, mô hình gầu gắp được xây dựng và được mô phỏng để tìm ra được chiều dày cánh gầu tối ưu là 4mm. Tuy nhiên, trong bài nghiên cứu này chỉ xét trường hợp rác đã được băm nhỏ trước khi gắp. Do đó lực cản sinh ra do các sợi dây, sợi chỉ dài trong rác là không có. Trên thực tế, có nhiều quy trình xử lý rác mà không thực hiện việc băm nhỏ rác từ ban đầu, điều này sẽ làm sinh ra lực cản do các sợi dây, sợi chỉ dài có trong rác tác dụng lên gầu. Trong trường hợp này cần tính toán lại sức bền của gầu. Hơn nữa, việc ảnh hưởng của các chất ăn mòn có trong rác cũng không xét đến trong nghiên cứu này. Đây là các vấn đề cần được xem xét trong các nghiên cứu tiếp theo.❖

Ngày nhận bài: **21/9/2024**

Ngày phản biện: **23/10/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Lê Hoàng Linh, “*Nghiên cứu thiết kế gầu gắp rác thủy lực*”. Luận văn tốt nghiệp, Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh.
- [2]. Yesueneagbe A.K. Fiagbe, “*Friction coefficient of municipal solid waste component*”. Internet: https://www.granthaalayahpublication.org/journals-html-galley/01_IJETMR20_A06_2118.html.
- [3]. Juan Gabriel Glaría Abril, “*Design, analysis and optimization of an orange peel grapple*”, AGH.
- [4]. Hendrik Otto, Arne Zimmermann, Manfred Kleiber, André Katterfeld, “*Optimization of an orange peel grab for wood chips*”, 2019.