

# MÔ PHỎNG VÀ PHÂN TÍCH DÂY CHUYỀN SẢN XUẤT BẰNG PHẦN MỀM TECNOMATIX PLANT SIMULATION

## MODELING AND SIMULATION OF A PRODUCTION LINE USING TECNOMATIX PLANT SIMULATION

Nguyễn Hữu Phần<sup>1</sup>, Nguyễn Đức Quyền<sup>1,\*</sup>, Nguyễn Văn Sơn<sup>1</sup>,  
Nguyễn Tuấn Vũ<sup>1</sup>, Phạm Việt Thành<sup>1</sup>, Đỗ Minh Hiền<sup>1</sup>

DOI: <https://doi.org/10.57001/huih5804.2024.017>

### TÓM TẮT

Quản lý hiệu quả các quy trình sản xuất là một phần không thể thiếu tại các doanh nghiệp hiện đại. Mô hình hóa các quy trình sản xuất là kỹ thuật nhanh nhất để có thể tìm ra giải pháp chính xác để dự báo chính xác và cho phép đánh giá các lựa chọn thay thế khác nhau. Một trong những giải pháp chính của việc lập kế hoạch sản xuất là mô hình mô phỏng quá trình này. Nhiều công cụ mới được sử dụng để hỗ trợ việc ra quyết định khi thiết kế hệ thống sản xuất. Trong bài báo này, nhóm nghiên cứu đã trình bày kết quả thu được khi sử dụng các kỹ thuật mô hình hóa mô phỏng hệ thống sản xuất ống thép không gỉ thực tế bằng phần mềm Tecnomatix Plant Simulation. Kết quả nghiên cứu sẽ cho thấy những ưu và nhược điểm của hệ thống sản xuất hiện tại, đồng thời cho phép đưa ra kết luận về mức độ hiệu quả hay không hiệu quả của một hệ thống được phát triển trong tương lai.

**Từ khóa:** Mô phỏng, 5S, Lean.

### ABSTRACT

Effective management of production processes is an indispensable part of modern businesses. Modeling of manufacturing processes is the fastest technique to be able to find exact solutions, and it allows for accurate forecasting and allows evaluation of different alternatives. One of the main solutions of production planning is the simulation model of this process. Many new tools are used to support decision making when designing manufacturing systems. In this article, the research team presented the results obtained using modeling techniques to simulate a realistic stainless steel pipe production system using Tecnomatix Plant Simulation software. The research results will show the advantages and disadvantages of the current production system, and will also allow conclusions to be drawn about the effectiveness or ineffectiveness of a system developed in the future.

**Keywords:** Simulation, 5S, Lean.

<sup>1</sup>Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

\*Email: [quyena6k43@gmail.com](mailto:quyena6k43@gmail.com)

Ngày nhận bài: 17/6/2023

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 25/9/2023

Ngày chấp nhận đăng: 20/01/2024

## 1. GIỚI THIỆU

Sự phát triển mạnh mẽ và đột biến của thị trường đã dẫn đến các công ty phải giải quyết các vấn đề về tăng sản lượng giao hàng và cập nhật sản phẩm trong thời gian ngắn. Các doanh nghiệp tạo ra sản phẩm cạnh tranh không

thể quyết định những thay đổi nào sẽ mang lại kết quả cần thiết. Mỗi lần chờ đợi là một tổn thất và mỗi tổn thất đều liên quan đến chi phí mà người quản lý nên loại bỏ [1]. Yếu tố chính của sản xuất là các chỉ số mục tiêu (tức thời, tài chính, công nghệ, sản xuất và các yếu tố khác) cho phép mô tả định lượng các hệ thống con, xác định cách chúng ảnh hưởng lẫn nhau và tương tác với nhau ở các giai đoạn khác nhau trong vòng đời của một sản phẩm [2, 3]. Sự gia tăng số lượng thử nghiệm ảo có liên quan đến việc giảm các nguồn vốn và tạm thời thay thế bằng một giải pháp cho các nhiệm vụ công nghệ. Bản sao của một đối tượng thực hoặc dây chuyền sản xuất, tự lưu các thuộc tính của đối tượng thực là một bản sao kỹ thuật số.

Nhờ kỹ thuật số, sản lượng của các sản phẩm mới được đưa ra thị trường tăng nhanh, số lượng lỗi thiết kế và chi phí thiết kế giảm, lợi thế cạnh tranh tăng lên. Doanh nghiệp làm ăn hiệu quả có thể là doanh nghiệp đã loại trừ 7 loại tổn thất trong công việc: tổn thất do sản xuất thừa, tổn thất do chờ đợi, tổn thất do gia công thừa, tổn thất do di chuyển thừa khi thực hiện thao tác, tổn thất khi vận chuyển, tổn thất vì phát hành các sản phẩm bị lỗi. Mô hình mô phỏng sản xuất rất hữu ích cho việc nghiên cứu tất cả các hệ thống sản xuất. Mô hình công việc bao gồm các công việc được kết nối với nhau. Mô hình này dựa trên sự trao đổi tài liệu và thông tin về kết nối của các hoạt động, được xác định trong mô hình hộp đen. Mô hình mô phỏng công việc có thể được sử dụng để đánh giá các kịch bản trong đó các biến của các quy trình riêng biệt tương tác với nhau [3]. Do đó, có thể đánh giá các chỉ số khách quan về tắc nghẽn, thời gian nhàn rỗi trong quá trình tải và dỡ hàng,... Ngoài ra, ở giai đoạn phản ánh có thể thực hiện các thay đổi trong hệ thống sản xuất, vì việc đánh giá ở giai đoạn quan sát đã hoàn tất. Các sửa đổi của một hệ thống sản xuất có thể thay đổi từ việc thêm người vận hành trước khi thay đổi cấu hình của máy móc.

Ngoại trừ những yếu tố mang tính chất dự đoán được, còn có những quá trình ngẫu nhiên mang yếu tố may rủi. Có thể mô tả các quá trình này bằng cách sử dụng các phương pháp xác suất. Việc mô tả các phương pháp này mà không sử dụng các thiết bị có thể lập trình chiếm một lượng lớn thời gian ở đầu ra của doanh nghiệp với thị trường là rất quan trọng.

Các mô hình mô phỏng cho phép đánh giá các phương án sản xuất khác nhau và hiệu quả của chúng. Ngoài ra, mô phỏng cho phép sử dụng các chiến lược và quy trình mới, xác minh sản xuất trong hệ thống sửa đổi, xác định vị trí tắc nghẽn trong dòng nguyên liệu, tăng năng suất đồng thời giảm hàng tồn kho và giảm chi phí của những thay đổi đã thực hiện. Qua khảo sát thực tế tại nhà máy sản xuất ống thép không gỉ, nhóm để tài các có nhận thấy những bất cập tại các nhà máy sản xuất hiện nay như: nút thắt cổ chai, thời gian sản xuất chưa hiệu quả, công tác 5S, Lean,...

**2. PHẦN MỀM TECNOMATIX PLAN SIMULATION**

Tecnomatix Plant Simulation là một hệ thống mô phỏng được phát triển bởi Siemens PLM Software. Công cụ mô phỏng này tập trung để mô phỏng quá trình sản xuất rời rạc. Nó cho phép tạo ra mô hình kỹ thuật số của hệ thống sản xuất [1, 14, 15]. Mô hình kỹ thuật số tạo cơ sở cho việc tối ưu hóa đầu ra của hệ thống sản xuất. Các mô hình mô phỏng nhà máy có thể được sử dụng để thực hiện các thí nghiệm và tình huống kiểm tra mối quan hệ nguyên nhân, kết quả trong các hệ thống sản xuất hiện có hoặc để thiết kế các hệ thống sản xuất mới. Phần mềm mô phỏng được trang bị các công cụ phân tích các nút thắt cổ chai của hệ thống sản xuất, đồng thời tạo ra các biểu đồ và phân tích thống kê. Tất cả chúng đều tạo thành cơ sở để thử nghiệm với các tình huống sản xuất khác nhau với các tập dữ liệu đầu vào khác nhau. Kết quả mô phỏng cung cấp thông tin hữu ích có thể được sử dụng tiếp theo trong quá trình ra quyết định ngay cả ở giai đoạn lập kế hoạch và chuẩn bị quy trình sản xuất [1, 5, 16]. Mô phỏng kế hoạch giúp tối ưu hóa dòng nguyên liệu và sử dụng tài nguyên sản xuất ở từng giai đoạn của quy trình sản xuất. Quá trình tối ưu hóa có thể được thực hiện cho cả hệ thống sản xuất hoặc dây chuyền sản xuất đơn lẻ. Phần mềm Tecnomatix Plan Simulation cũng cho phép nhập mô hình hình học 3D từ hệ thống CAD. Nhờ đó, có thể hình dung trong điều kiện ảo toàn bộ nhà máy bao gồm các trạm sản xuất và lắp ráp.



Hình 1. Mô phỏng hệ thống sản xuất bằng phần mềm Technomatix Plan Simulation

Mô phỏng quy trình là giải pháp giảm thiểu rủi ro thay đổi trong quá trình sản xuất và triển khai hệ thống sản xuất mới. Nó cho phép xác minh các kế hoạch từ ý tưởng thiết kế đến khi bắt đầu sản xuất và giảm rủi ro. Khả năng sử dụng

dữ liệu 3D giúp xác thực ảo, tối ưu hóa và vận hành các quy trình sản xuất dễ dàng hơn. Điều này dẫn đến việc ra mắt sản phẩm nhanh hơn và chất lượng sản xuất tốt hơn. Các công cụ như đo lường và phát hiện va chạm cho phép kiểm soát chi tiết và tối ưu hóa quy trình lắp ráp. Công nghệ có thể được tái sử dụng và có thể xác minh các quy trình sản xuất. Giúp mô phỏng dễ dàng hơn các quy trình lắp ráp, hoạt động của con người và phương pháp cơ học của các công cụ, thiết bị và rô bốt [7, 8].

**3. KẾT QUẢ VÀ CUỘC THẢO LUẬN**

**3.1. Phân tích hệ thống thực tế**

**3.1.1. Xây dựng mô hình hệ thống**

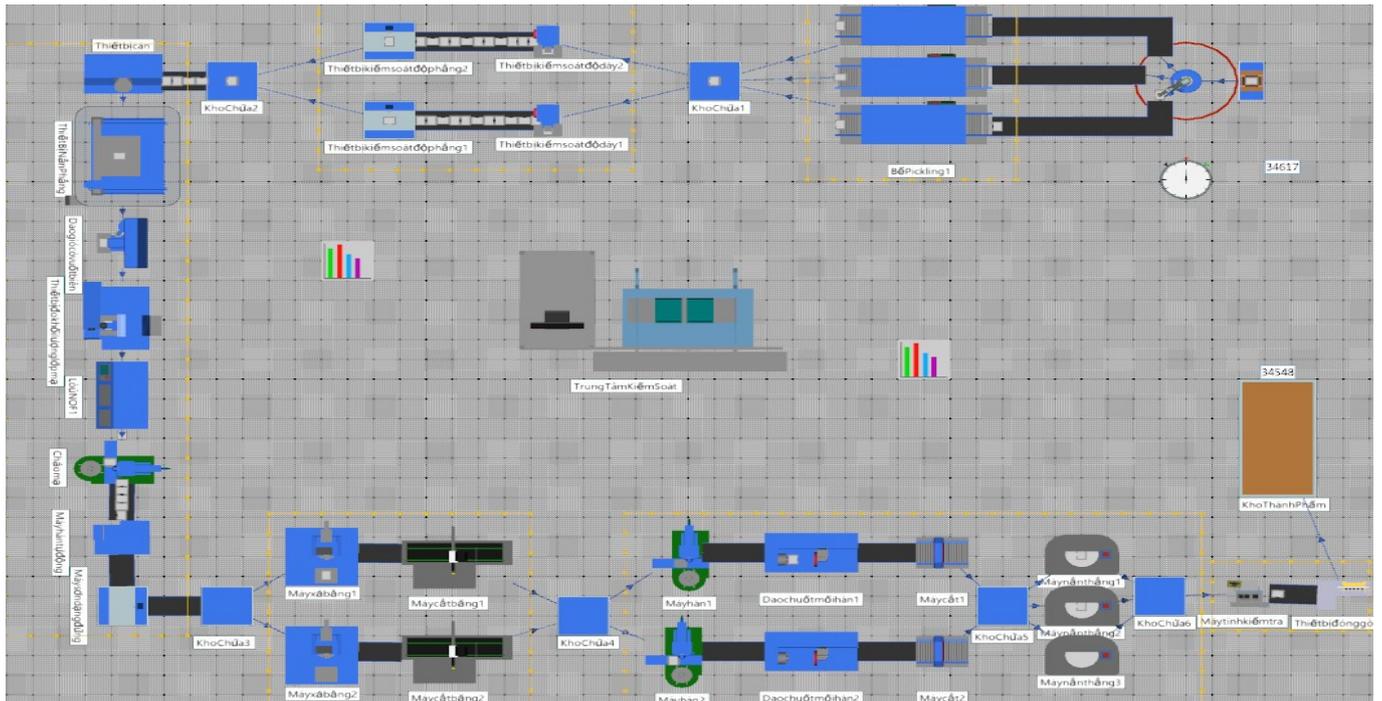
Việc sử dụng mô hình hóa và mô phỏng máy tính trong việc xác định các nút thắt cổ chai sản xuất lưu ý rằng việc tạo mô hình mô phỏng đòi hỏi kiến thức đầy đủ về đối tượng được mô hình hóa. Thành công trong việc áp dụng mô phỏng máy tính để giải quyết các vấn đề nghiên cứu nằm ở việc tạo ra các mô hình phù hợp và thực hiện đầy đủ các thí nghiệm mô phỏng. Việc xây dựng mô hình hệ thống sản xuất và tiến hành thí nghiệm mô phỏng phù hợp giúp người nghiên cứu ứng dụng thành công mô hình mô phỏng để giải quyết các vấn đề nghiên cứu. Để tạo ra một hệ thống sản xuất, cần phải tổng hợp thông tin và dữ liệu cần thiết để thiết lập các phương pháp có thể được sử dụng để giải quyết vấn đề. Ứng dụng mô phỏng cũng phải cẩn thận đã chọn.

Plant Simulation Tecnomatix đã được chọn do có sẵn các tài nguyên cho phần mềm. Ứng dụng này cho phép mô phỏng và phân tích sản phẩm trong toàn bộ quá trình sản xuất. Điều này đảm bảo lập kế hoạch bền vững cho một quy trình sản xuất trước khi triển khai cũng như tiến hành phân tích và tối ưu hóa các quy trình hiện có. Nó kết hợp các lĩnh vực công nghệ, kỹ thuật sản xuất và hậu cần. Nó cũng bao gồm các vấn đề liên quan đến lập kế hoạch và thiết kế, thông qua mô phỏng và xác minh các quy trình.

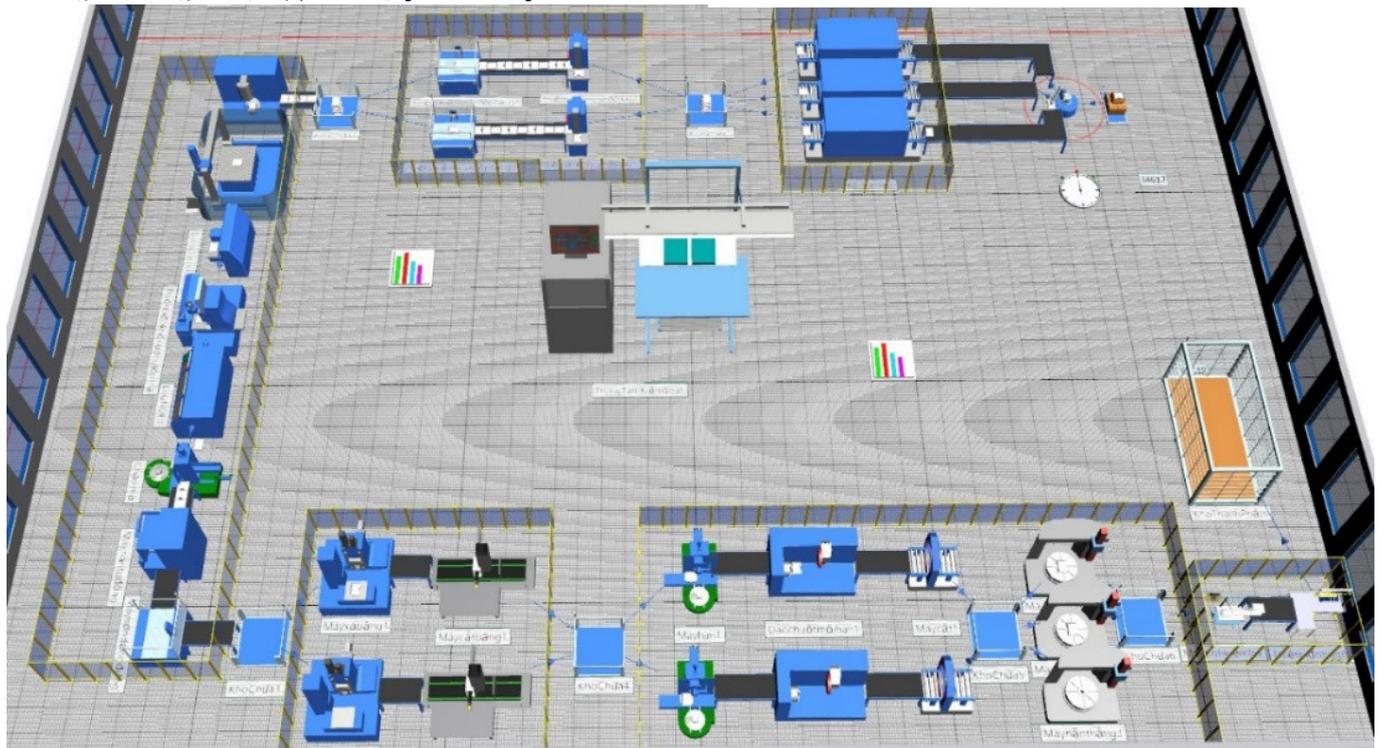
Mục tiêu là đạt được mô hình đơn giản và hiệu quả nhất có thể. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng việc đơn giản hóa quá mức có thể dẫn đến kết quả mô phỏng sai, nghĩa là kết quả khác với trạng thái thực của hệ thống trong một số điều kiện nhất định. Mô phỏng cần bám sát điều kiện thực tế.

Mô hình hệ thống sản xuất ống thép (ảnh) được tạo bằng phần mềm Plant Simulation Tecnomatix. Dữ liệu đầu vào được xác định dựa trên dữ liệu công nghệ đã biết của quy trình và dữ liệu liên quan đến dòng nguyên liệu trong quá trình sản xuất. Điều đặc biệt cần thiết là phản ánh các hoạt động liên quan đến việc xử lý các thành phần riêng lẻ. Hệ thống trên có nhu cầu thành phẩm trung bình sản lượng trong một tháng là 23000 sản phẩm, lượng phế phẩm đạt dưới 5%.

Xác định đúng các thuộc tính cơ bản của hệ thống là rất quan trọng để đạt được kết quả phân tích đúng. Thông tin thu thập được sử dụng để tạo các quy trình sản xuất ảo và xác định các nhiệm vụ cơ bản của chúng. Việc tạo ra các mô hình mô phỏng dựa trên các giả định đã được phê duyệt về mô phỏng.



a) Lập mô hình lập kế hoạch quy trình ở dạng 2D Môi trường



b) Lập mô hình lập kế hoạch quy trình trong 3D Môi trường

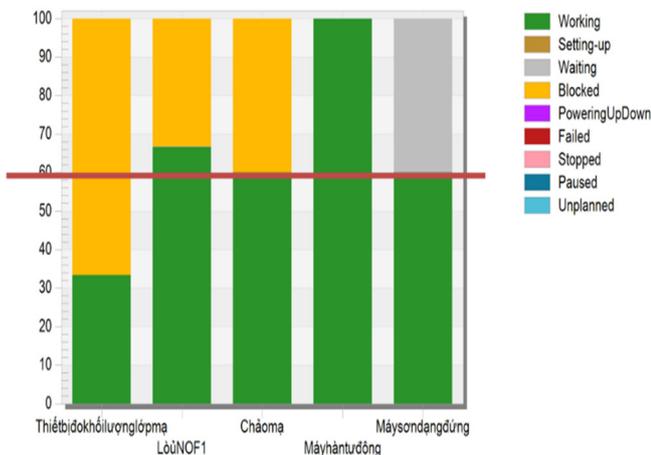
Hình 2. Mô hình sản xuất ống thép tạo bởi Plant Simulation Tecnomatix

**3.1.2. Xác định điểm nghẽn trong mô hình sản xuất**

Sau khi đưa các số liệu được thu thập tại Nhà máy vào trong mô hình mô phỏng bằng phần mềm mô phỏng Plant Simulation Tecnomatix, nhóm nghiên cứu đã nhận thấy thực trạng máy đang hoạt động hết 100% công suất sẵn có nhưng lượng hàng sản xuất ra không được như kì vọng. Trong khi lượng hàng đầu vào là rất nhiều nhưng lượng

hàng thành phẩm lại rất ít tiến hành đưa vào mô phỏng nhóm nghiên cứu có thu được kết quả như hình 3.

Sau khi chạy thử nghiệm, ta thấy rằng vị trí máy hàn tự động đang gặp vấn đề nút thắt cổ chai với mức làm việc 100% nhưng lượng hàng bị nghẽn ở trên là khoảng 38%, lượng phế phẩm tại bộ phận mạ lên tới 33% tương đối lớn vì vậy phải tiến hành xử lý để lưu lượng sản xuất đạt hiệu quả cao hơn. Việc gây ra ùn hàng kéo dài như vậy gây ảnh hưởng đến thời gian và kinh tế của hệ thống.



Hình 3. Thời gian hoạt động của máy trong quá trình sản xuất ban đầu

Qua thống kê thời gian làm việc và lưu lượng của từng trạm ta có hai bảng thống kê như trong bảng 1.

Bảng 1. Thời gian làm việc của từng máy

Máy làm việc	Thời gian xử lý (s)
Thiết bị đo khối lượng lớp mạ	25
Lò ủ NOF1	50
Chảo mạ	45
Máy hàn tự động	75
Máy sơn dạng đứng	45

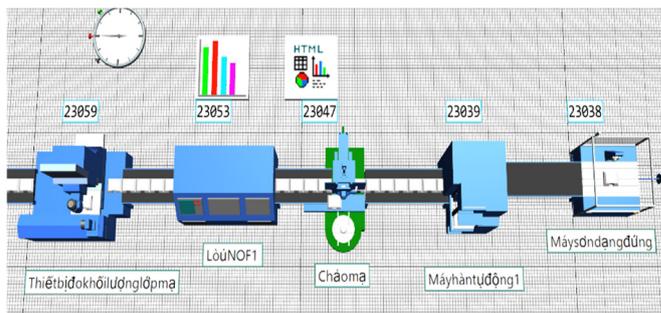
Quá trình nghiên cứu bao gồm năm máy trạm và cơ sở hạ tầng phụ trợ được sử dụng để vận chuyển bán thành phẩm. Phân tích được thực hiện trong một ca làm việc (6:00 - 14:00).

Bảng 2. Phần trăm thực hiện trong mỗi ca làm việc

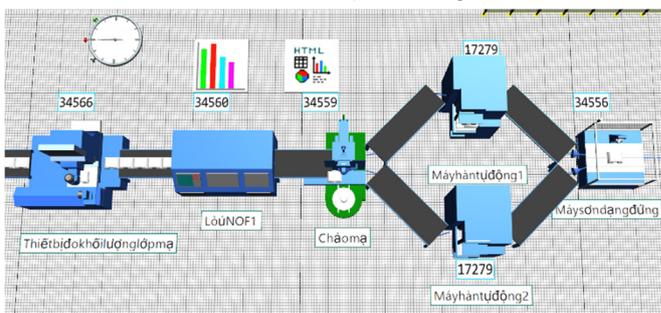
Trạm làm việc	Thời gian làm việc (%)	Thời gian chờ (%)	Thời gian bị nghẽn (%)
Thiết bị đo khối lượng lớp mạ	33,53	0,2	66,2
Lò ủ NOF1	66,8	0,1	32,9
Chảo mạ	60,0	0,2	39,7
Máy hàn tự động	99,7	0,2	0,0
Máy sơn dạng đứng	59,8	40,1	0,0

Phân tích dữ liệu chi tiết xác nhận rằng nút cổ chai trong ví dụ được nghiên cứu là trạm “Máy hàn tự động”, được sử dụng với cường độ 99,7%, trong khi thời gian còn lại dành cho các khoảng thời gian nghỉ trong quá trình sản xuất đã được lên kế hoạch trước. Có thể quan sát thấy rằng trạm “Máy hàn tự động” gây ra bế tắc đáng kể tại trạm “Chảo mạ”, đạt 39,7% thời gian mô phỏng. Hơn nữa, nút cổ chai được xác định gây ra lượng hàng dự trữ đang hoạt động tăng lên cũng như việc chặn dẫn nhà ga “Chảo mạ”. Nó cũng thực thi thời gian chờ bán thành phẩm tại trạm Máy sơn dạng đứng.

Sau khi đánh giá các kết quả với lượng sản phẩm ta có thể đưa ra phương án để giải quyết là việc đặt thêm một máy nữa vào trạm hàn tự động kết quả sẽ có như hình 5.



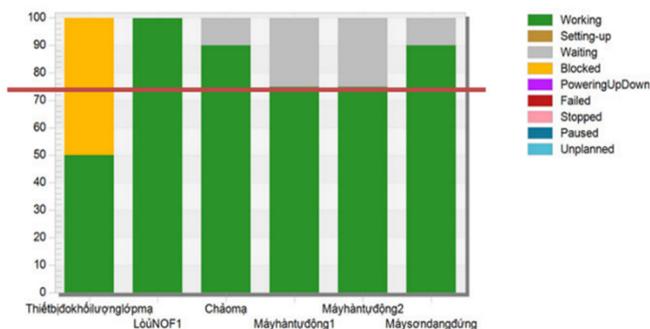
Hình 4. Quá trình sản xuất với một máy hàn tự động



Hình 5. Quá trình sản xuất khi thêm máy hàn tự động

Sau khi lắp đặt và cải tiến ta đã thu được đánh giá các kết quả với lượng sản phẩm của Lò Ủ NOF1 là 34560, Chảo Mạ là 34559 và máy Hàn là 34558 sản phẩm, nhìn lại hình 4 ta có thể thấy lượng sản phẩm được tăng lên rõ rệt tại máy Chảo mạ, Lò ủ NOF1 và Hàn tự động. Nút thắt chính là máy Hàn tự động đã được giải quyết và tỷ lệ hoạt động, lượng phế phẩm và thời gian trễ được cải thiện theo hình 6.

Tiến hành đo thông số và đánh giá lại ta có bảng báo cáo như trong hình 6.



Hình 6. Thời gian hoạt động của máy trong quá trình sản xuất sau cải tiến

Đường kẻ đỏ cho thấy việc mở rộng mô hình đã giúp chúng ta giải quyết nút thắt cổ chai. Thời gian hoạt động thực của mô hình so với thời gian sẵn có đã tăng lên hơn 70%, các vị trí bị nghẽn đã được giải quyết (trừ vị trí Thiết bị đo khối lượng: đây là khu vực thời gian làm việc ngắn hơn rất nhiều so với các vị trí khác nên nó luôn kết thúc sớm hơn so với các công việc khác).

### 3.1.3. Đánh giá hệ thống sản xuất

Sau quá trình vận hành nhà máy với điều kiện sản xuất thực tế thì ta có các số liệu thống kê và đánh giá như Hình 3. Hệ thống làm việc liên tục và quá tải ở công đoạn hàn tự

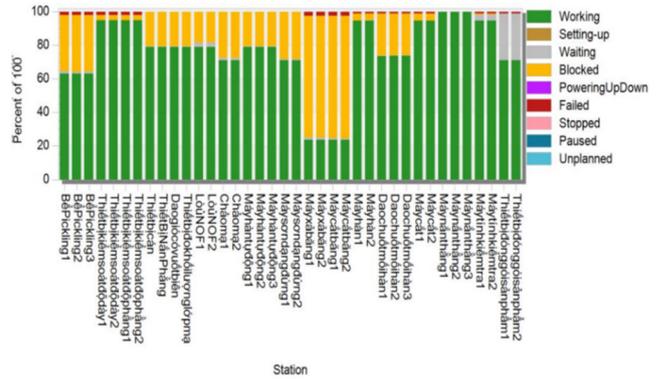


**3.2.2. Phương án 2: bổ sung thiết bị vào hệ thống**

Theo như biểu đồ tình trạng làm việc của hệ thống dây chuyền chính, ta có thể thêm các máy công cụ sau: lò ủ NOF 2, chảo mạ 2, máy sơn dạng đứng 2, máy hàn tự động 2 và 3, dao chuốt mỗi hàn 3 (hình 10).

Hình 11 đã chỉ ra rằng: công đoạn làm việc hết công suất là công đoạn nắn thẳng. Mọi máy có tỷ lệ hoạt động cao (> 85%), giảm thời gian nghẽn và độ trễ ở mọi công đoạn xuống dưới 20%. Thời gian nghẽn cao nhất là tại vị trí xả, cắt băng do thời gian làm việc của công đoạn đó khá nhanh. Sản lượng nhờ đó cũng tăng lên, đổi lại phương án này nâng cao vốn đầu tư ban đầu của nhà xưởng.

Hình 12 biểu thị % thời gian hoạt động thực tế so với lượng thời gian sẵn có trong phương án sản xuất 2. Theo đánh giá sơ bộ thì dây chuyền đang được hoạt động tối đa công suất trong điều kiện lí tưởng và gấp 3 lần sản lượng yêu cầu để ra của nhà máy đạt đến khoảng 6000 sản phẩm một tháng. Công đoạn hoạt động tốt nhất lên đến 99%. Hai công đoạn hoạt động ít nhất là xả băng và cắt băng với 85,6%. Độ nghẽn của dây chuyền cũng được tối ưu, bắt đầu từ công đoạn chuốt mỗi hàn trở lại (màu vàng). Thời gian chờ được giảm đi đáng kể, chỉ còn công đoạn đóng gói là có thời gian chờ (nhỏ hơn 20%) (màu xám). Từ các thống kê số liệu tắc nghẽn cho đến dây chuyền thiết bị bước đầu nhận định đánh giá hệ thống sản xuất có tính khả thi và đạt yêu cầu của bài toán sản xuất.



Hình 11. Thống kê làm việc của các bộ phận

**4. KẾT LUẬN**

Phương pháp tiếp cận sản xuất kỹ thuật số tổng thể bằng cách sử dụng phần mềm Tecnomatix Plant Simulation giúp nhà sản xuất tăng năng suất và tối đa hóa việc sử dụng tài nguyên. Nghiên cứu cho thấy sự cải thiện dần dần hiệu suất của hệ thống sản xuất. Hai phương án cải tiến của mô hình cho phép loại bỏ các tắc nghẽn và làm nổi bật sự gia tăng đáng kể về năng suất (thời gian làm việc thấp nhất là tại máy xả băng là 9,99% đã tăng lên 19,9% với phương án 1 và 23,7% với phương án 2; độ nghẽn lớn nhất tại máy nắn thẳng là 66% thì giảm xuống 64% ở phương án 1 và 20,39% ở phương án 2). Với việc áp dụng 5S, chuỗi giá trị hiện tại và mô phỏng đưa phương án cải thiện mặt bằng hệ thống.



Hình 10. Sơ đồ hệ thống theo phương án 2

Object	Working	Set-up	Waiting	Blocked	Powering up/down	Failed	Stopped	Paused	Unplanned	Portion
BéPickling1	63.24%	0.00%	1.23%	33.54%	0.00%	1.99%	0.00%	0.00%	0.00%	
BéPickling2	63.24%	0.00%	0.83%	33.91%	0.00%	2.02%	0.00%	0.00%	0.00%	
BéPickling3	63.25%	0.00%	1.17%	33.67%	0.00%	1.92%	0.00%	0.00%	0.00%	
Thiếtbikiểmsoátdộdày1	94.85%	0.00%	0.00%	3.13%	0.00%	2.02%	0.00%	0.00%	0.00%	
Thiếtbikiểmsoátdộdày2	94.85%	0.00%	0.00%	3.17%	0.00%	1.98%	0.00%	0.00%	0.00%	
Thiếtbikiểmsoátdộphẳng1	94.83%	0.00%	0.02%	3.29%	0.00%	1.87%	0.00%	0.00%	0.00%	
Thiếtbikiểmsoátdộphẳng2	94.82%	0.00%	0.01%	3.29%	0.00%	1.87%	0.00%	0.00%	0.00%	
Thiếtbícán	79.01%	0.00%	0.61%	20.39%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
ThiếtBịNánPhẳng	79.01%	0.00%	0.61%	20.39%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Daogiáocổvuốtbiên	79.01%	0.00%	0.61%	20.39%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Thiếtbídòkhóilựcnglópma	79.00%	0.00%	0.61%	20.39%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
LòuNOF1	79.00%	0.00%	2.57%	18.43%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
LòuNOF2	79.00%	0.00%	2.56%	18.44%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Chàomạ1	71.10%	0.00%	1.50%	27.40%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Chàomạ2	71.10%	0.00%	1.50%	27.40%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Máyhàn tự động 1	78.99%	0.00%	0.53%	20.48%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Máyhàn tự động 2	78.99%	0.00%	0.53%	20.48%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Máyhàn tự động 3	78.99%	0.00%	0.53%	20.48%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Máysondạng đứng 1	71.08%	0.00%	0.66%	28.26%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Máysondạng đứng 2	71.08%	0.00%	0.66%	28.26%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Máyxá băng 1	23.70%	0.00%	1.35%	72.47%	0.00%	2.48%	0.00%	0.00%	0.00%	
Máyxá băng 2	23.68%	0.00%	1.38%	72.54%	0.00%	2.39%	0.00%	0.00%	0.00%	
Máycátbăng 1	23.70%	0.00%	0.85%	73.02%	0.00%	2.43%	0.00%	0.00%	0.00%	
Máycátbăng 2	23.68%	0.00%	0.84%	72.97%	0.00%	2.51%	0.00%	0.00%	0.00%	
Máyhàn 1	94.72%	0.00%	0.03%	4.20%	0.00%	1.05%	0.00%	0.00%	0.00%	
Máyhàn 2	94.77%	0.00%	0.03%	4.19%	0.00%	1.01%	0.00%	0.00%	0.00%	
Daochuốt môi hàn 1	73.58%	0.00%	0.19%	25.13%	0.00%	1.10%	0.00%	0.00%	0.00%	
Daochuốt môi hàn 2	73.73%	0.00%	0.20%	25.13%	0.00%	0.94%	0.00%	0.00%	0.00%	
Daochuốt môi hàn 3	73.73%	0.00%	0.20%	25.11%	0.00%	0.97%	0.00%	0.00%	0.00%	
Máycát 1	94.70%	0.00%	0.03%	4.25%	0.00%	1.01%	0.00%	0.00%	0.00%	
Máycát 2	94.74%	0.00%	0.04%	4.28%	0.00%	0.94%	0.00%	0.00%	0.00%	
Máynánthang 1	99.97%	0.00%	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Máynánthang 2	99.97%	0.00%	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Máynánthang 3	99.97%	0.00%	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Máytinhkiểmtra 1	94.63%	0.00%	3.59%	0.76%	0.00%	1.02%	0.00%	0.00%	0.00%	
Máytinhkiểmtra 2	94.77%	0.00%	3.58%	0.71%	0.00%	0.93%	0.00%	0.00%	0.00%	
Thiếtbídònggổisảnphẩm 1	70.97%	0.00%	28.01%	0.00%	0.00%	1.01%	0.00%	0.00%	0.00%	
Thiếtbídònggổisảnphẩm 2	71.08%	0.00%	27.97%	0.00%	0.00%	0.95%	0.00%	0.00%	0.00%	

Hình 12. Thống kê làm việc của các máy

Tiết kiệm chi phí về số lượng có thể là một công việc nghiên cứu cho các nghiên cứu tiếp theo. Phân tích áp dụng các công cụ tinh gọn và nhận được các giá trị chính xác của việc giảm thời gian thực hiện

**LỜI CẢM ƠN**

Nhóm tác giả cảm ơn sự hỗ trợ của Công ty TNHH kim khí Nam Cường (Thượng Bùi, Yên Mỹ, Hưng Yên); Trung tâm Nghiên cứu Công nghệ và sản xuất thông minh, Trường Cơ khí - Ô tô, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1]. Oberhausen, Plapper, "Value Stream Management in the "Lean Manufacturing Laboratory," *Procedia CIRP*, 32, 144-149, 2015.

[2]. P. Periyasamy, *Enhancing production through cycle time reduction using various lean techniques*. Department of Mechanical Engineering, St. Peter's, Chennai, Tamilnadu.

[3]. Identification of production bottlenecks with the use of Plant Simulation software

[4]. <https://vncongnghep.com/danh-muc-san-pham/he-thong-may-can-dinh-hinh/>

[5]. <http://www.bangtaibaotien.com/may-cat-bang-tai>

[6]. L.E.M.W. Brandt, "Design of Industrial Systems," PhD Thesis, Technische Universiteit Eindhoven, 1993.

[7]. Andris Freivalds, Benjamin W. Niebel, *Niebel's methods, standards and work design*. McGraw Hill, 2014

[8]. Yotaro Hatamura, *Decision-Making in engineering design*. Springer, 2006.

[9]. Dileep R. Sule, *Production planning and industrial scheduling: examples, case studies and applications*. CRC Press, 2008.

[10]. Noppadol Sriputtha, Voradon Satuprapakarn, "Implementing value stream mapping as a lean manufacturing tool in the water pipe production," *Academic journal of manufacturing engineering*, vol.19, 4/2021.

[11]. R. Suganthini Rekha, P. Periyasamy, S. Nallusamy, "Manufacturing Enhancement through Reduction of Cycle Time using Different Lean Techniques," *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 225 012282, 2017. doi:10.1088/1757-899X/225/1/012282.

[12]. Betterton C. E., Silver S. J., "Detecting bottlenecks in serial production lines-a focus on interdeparture time variance," *International Journal of Production Research*, 50(15), 4158-4174, 2012.

[13]. Chiang S. Y., Kuo C. T., Meerkov S. M., "c-Bottlenecks in serial production lines: identification and application," *Mathematical Problems in Engineering*, 7(6), 543-578, 2001.

[14]. Chlebus E., *Techniki komputerowe CAX w inżynierii produkcji [CAX computer technology in production engineering]*. Warszawa, Poland: WNT, 2000.

[15]. Cizak O., *Komputerowo wspomagane modelowanie i symulacja procesów produkcyjnych [Computer aided modelling and simulation of production processes]*. Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej, 6, 39-45, 2007.

[16]. Cizak O., "Modelling and Simulation of the final assembly using the Flexsim software," *3th International Conference Virtual Design and Automation - VIDA*, 2007.

[17]. *Innovation in Product and Process Development*, Poznań. Conference materials.

[18]. Ćwikła G., Gołda G., *Modelowanie i symulacja jako narzędzie poprawy wydajności produkcji wyrobów wielkogabarytowych [Modeling and simulation as a tool to improve the efficiency of the largescale production]*. In R. . Knosala, Warszawa, WNT, 235-245, 2005.

[19]. Knosala (Ed.), *Komputerowo zintegrowane wytwarzanie [Computer-integrated manufacturing]*. Warszawa, Poland, 235-245.

[20]. <https://vi.wikipedia.org>

**AUTHORS INFORMATION**

**Nguyen Huu Phan, Nguyen Duc Quyen, Nguyen Van Son, Nguyen Tuan Vu, Pham Viet Thanh, Do Minh Hien**  
Hanoi University of Industry, Vietnam