

# MÔ PHỎNG QUI TRÌNH SẢN XUẤT PIN LITHIUM-ION BẰNG PHẦN MỀM TECNOMATIX PLANT SIMULATION

## LITHIUM-ION BATTERY CELL PRODUCTION PROCESS SIMULATION USING TECNOMATIX PLANT SIMULATION SOFTWARE

Nguyễn Công Hành<sup>1\*</sup>, Nguyễn Châu Quý<sup>2</sup>, Trương Văn Hữu Thành<sup>2</sup>,  
Đoàn Ngọc Chí Công<sup>2</sup>, Lê Viết Trung<sup>3</sup>, Vũ Thị Hạnh<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng, Đà Nẵng, Việt Nam

<sup>2</sup>Sinh viên ngành Kỹ thuật Hệ thống Công nghiệp, Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng, Đà Nẵng, Việt Nam

<sup>3</sup>Trường Đại học Nha Trang, Khánh Hòa, Việt Nam

\*Tác giả liên hệ / Corresponding author: nchanh@dut.udn.vn

(Nhận bài / Received: 03/8/2023; Sửa bài / Revised: 30/11/2023; Chấp nhận đăng / Accepted: 04/12/2023)

**Tóm tắt** - Xây dựng một hệ thống sản xuất trải qua nhiều quá trình như: lập kế hoạch, thiết kế, mô phỏng, thử nghiệm và triển khai thực tế. Trong đó, quá trình quan trọng nhất trước khi triển khai xây dựng nhà máy hoặc phân xưởng là mô phỏng hệ thống để kiểm tra toàn bộ hệ thống sản xuất. Mô phỏng hệ thống sản xuất có thể kiểm tra và tối ưu hóa quá trình kiểm soát mà không cần phải có phần cứng vật lý. Bài báo tập trung nghiên cứu và thực hiện mô phỏng qui trình sản xuất pin lithium-ion trên phần mềm Tecnomatix Plant Simulation. Bằng cách sử dụng công cụ phân tích nút thắt cổ chai (Bottleneck analyzer), các điểm nghẽn trong hệ thống sản xuất đã được xác định. Từ đó, nghiên cứu đã đề xuất các biện pháp cải tiến hệ thống sản xuất bằng cách sử dụng hệ thống kéo Kanban tránh những lãng phí có thể xảy ra, đồng thời trực quan hóa và hợp lý hóa qui trình sản xuất.

**Từ khóa** - Qui trình sản xuất; số hoá; hợp lý hóa qui trình sản xuất; mô hình liên hệ; pin lithium-ion.

### 1. Đặt vấn đề

Hiện nay, ngành công nghiệp ô tô điện đang là xu hướng nổi lên với nhiều thương hiệu lớn trong và ngoài nước. Trong ngành này, giá trị của ô tô điện chủ yếu nằm trong bộ pin tích trữ điện năng, đó là một phần quan trọng trong việc xác định hiệu năng và khả năng di chuyển của xe [1, 2]. Để đáp ứng cho nhu cầu pin của xe điện, Vinfast - một thương hiệu trong lĩnh vực ô tô điện tại Việt Nam - đã đầu tư xây dựng nhà máy sản xuất pin riêng cho hãng xe của mình [3]. Tuy nhiên, trong các nghiên cứu gần đây cho thấy rằng các quá trình sản xuất pin lithium-ion (LIBs) còn nhiều thách thức từ việc chuyển giao từ qui mô phòng thí nghiệm sang sản xuất hàng loạt do số lượng lớn các công đoạn trong sản xuất LIBs và tác động đáng kể của tính chất vật liệu, thành phần điện cực và qui trình sản xuất [4-5]. Do vậy, để đạt được hiệu quả cao trong qui trình sản xuất ô tô và pin xe điện, các nhà máy sản xuất cần phải nghiên cứu tối ưu và cải tiến trong qui trình sản xuất. Để xây dựng, thử nghiệm và vận hành các nhà máy yêu cầu trình độ cao đòi hỏi các chi phí nghiên cứu, thử nghiệm rất lớn trước khi áp dụng trong thực tế. Từ đó, việc mô phỏng qui trình sản xuất LIBs trở nên quan trọng vì nó giúp kiểm

**Abstract** - There are many processes to build an industrial manufacturing system including planning, designing, testing and implementing. In particular, the most important process before deploying to build a factory or workshop is to simulate the system to test the entire production system. In computer-based modeling of a real production system, digitizing manufacturing systems can test and optimize process control without the need for physical hardware. This study focuses on researching and digitizing the lithium-ion battery factory using Tecnomatix Plant Simulation software. By using Bottleneck analyzer tool, bottlenecks were defined. This study proposed a method to optimize the production system by using Kanban pull system to avoid possible waste, visualizing and rationalizing the production process.

**Key words** - Manufacturing process; digitizing; streamline the manufacturing process; contact model; lithium-ion battery.

tra, tối ưu và cải tiến qui trình sản xuất trước khi triển khai trong thực tế hoặc nhằm tối ưu hóa qui trình hiện tại. Mô phỏng sản xuất là việc sử dụng mô hình máy tính để kiểm tra qui trình hoạt động của nhà máy sản xuất bao gồm các qui trình như sản xuất, lắp ráp, quản lý hàng tồn kho, vận chuyển. Khi mô phỏng, người dùng có thể nhận ra và nhận diện các hạn chế, rủi ro và vấn đề tiềm tàng trong qui trình sản xuất. Điều này làm giảm đáng kể thời gian và chi phí thử nghiệm của một hệ thống sản xuất [6-7]. Đồng thời, mô phỏng quá trình sản xuất cho phép dự đoán được hiệu suất của hệ thống sản xuất theo kế hoạch và so sánh các giải pháp cho phép các nhà sản xuất thử nghiệm nhiều kịch bản khác nhau. Từ đó có cơ sở để ra quyết định lập kế hoạch mua sắm vật tư, đầu tư trang thiết bị và điều phối các nguồn lực sản xuất quan trọng khác.

Bài báo tập trung nghiên cứu và thực hiện mô phỏng hệ thống sản xuất pin lithium-ion trên phần mềm mô phỏng Tecnomatix Plant Simulation nhằm kiểm tra hệ thống sản xuất trước khi triển khai thực tế. Nghiên cứu này giúp tránh những lãng phí tiềm tàng, trực quan hóa quy trình sản xuất và đề xuất các biện pháp nhằm tối ưu hóa hệ thống sản xuất, từ đó giảm thiểu rủi ro và đảm bảo hiệu quả sản xuất.

<sup>1</sup> The University of Danang - University of Science and Technology, Danang, Vietnam (Nguyen C. Hanh, Vu T. Hanh)

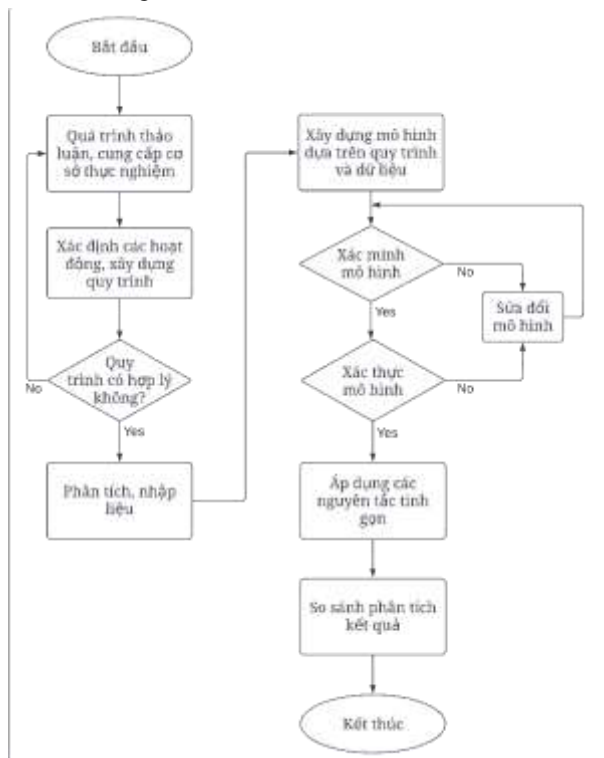
<sup>2</sup> Industrial & Systems Engineering students, UD - University of Science and Technology, Danang, Vietnam (Nguyen C. Quy, Truong V. H. Thanh, Doan N. C. Cong)

<sup>3</sup> Nha Trang University, Khanhhoa, Vietnam (Le V. Trung)

## 2. Nội dung nghiên cứu

### 2.1. Quy trình mô phỏng

Quá trình mô phỏng hệ thống sản xuất được mô tả trong Hình 1. Đầu tiên, các dữ liệu đầu vào được thu thập đầy đủ và được chuẩn hóa để sử dụng cho quá trình mô phỏng [8]. Thứ hai, sử dụng các ứng dụng mô phỏng để mô hình hóa quy trình sản xuất theo các dữ liệu đã được thu thập tại nhà máy. Thứ ba, kiểm tra độ chính xác và xác minh mô hình mô phỏng. Đồng thời, tiến hành các cải tiến cần thiết để giải quyết các vấn đề liên quan đến khả năng áp dụng thực tế của mô hình. Thứ tư, sau khi xác thực, mô hình thực được thiết kế lại để áp dụng các phương pháp tinh gọn. Việc xây dựng mô hình tinh gọn được thực hiện trên ba nguyên tắc cơ bản: đơn giản hóa, sử dụng tối ưu hóa đội ngũ lao động, và cung cấp nguồn nguyên vật liệu đúng lúc. Việc đưa các nguyên tắc tinh gọn vào mô hình dẫn đến một mô hình mới, được gọi là mô hình tinh gọn (Lean manufacturing model).



Hình 1. Sơ đồ thuật toán quá trình mô phỏng

#### 2.1.1. Ứng dụng phần mềm Tecnomatix Plant Simulation

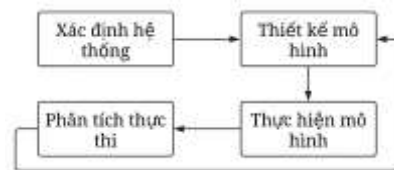
Sử dụng phần mềm Tecnomatix Plant Simulation phiên bản 2201 của hãng Siemens là một trong số các giải pháp kỹ thuật số cho phép số hóa hệ thống sản xuất, cho phép thử nghiệm các ý tưởng sáng tạo trước khi đưa vào sản xuất thực tế. Điều này đảm bảo sự đồng bộ hóa giữa kỹ thuật sản xuất, hoạt động sản xuất và dịch vụ, từ đó tối ưu hóa hiệu quả sản xuất và thúc đẩy cải tiến. Phần mềm Tecnomatix có thư viện chứa các thư mục có cấu trúc phân cấp như: luồng vật liệu, luồng thông tin, tài nguyên, giao diện người dùng, hệ thống vận chuyển vật liệu, công cụ và mô hình. Nhờ các mô đun này, người dùng có thể tạo các mô hình mô phỏng phù hợp với các ngành công nghiệp khác nhau rất hiệu quả. Các mô đun này, chẳng hạn như AGVS, Assembly, 3D, băng tải, EOM 3D, Kanban hay xử

lý dữ liệu nhân sự từ hệ thống RTLS, cho phép người dùng có thể thiết kế các mô hình để mô hình hoá các hệ thống thực tiễn công nghiệp một cách trực quan [9-11].

#### 2.1.2. Phương pháp mô phỏng hệ thống sản xuất

Mô phỏng hệ thống sản xuất là một quá trình với bốn thành phần chính lặp đi lặp lại và liên quan đến nhau được mô tả ở Hình 2, bao gồm:

- Xác định hệ thống: bước đầu tiên tập trung vào xác định hệ thống và thu thập các dữ liệu cần thiết để dùng trong quá trình mô phỏng.
- Thiết kế mô hình: là việc đề xuất các công cụ và cấu trúc của các mô hình sử dụng trong hệ thống để mô phỏng.
- Thực hiện mô hình: bước này tập trung vào sự phát triển và xác định mô hình dựa trên các dữ liệu đã có.
- Phân tích thực thi: các thử nghiệm được thực hiện dựa trên dữ liệu mô phỏng, sử dụng các phân tích các dữ liệu cụ thể. Kết quả từ quá trình này giúp rút ra các kết luận và đề xuất phương án cải tiến ở chu trình tiếp theo.



Hình 2. Phương pháp tiến hành mô phỏng

## 2.2. Mô phỏng hệ thống sản xuất pin lithium-ion

### 2.2.1. Xây dựng quy trình, dữ liệu và mô hình mô phỏng

Nghiên cứu này xây dựng quy trình sản xuất, lắp ráp và phân phối pin lithium-ion cụ thể gồm có ba dạng sản phẩm: Pouch (pin dạng túi), Cylindrical (pin dạng trụ tròn) và Prismatic (pin dạng lăng trụ) minh họa ở Hình 3.

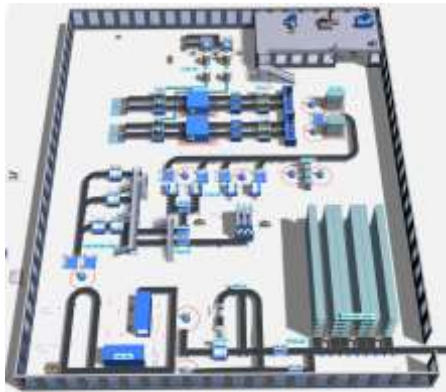


Hình 3. Các loại sản phẩm pin dạng túi, pin dạng trụ tròn và pin dạng lăng trụ

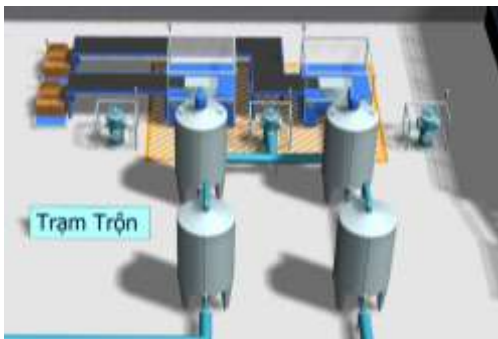
Mục tiêu của nghiên cứu là hướng đến số hoá toàn bộ quy trình sản xuất pin lithium-ion bằng cách sử dụng các chức năng đa dạng của phần mềm mô phỏng Tecnomatix Plant Simulation. Dữ liệu thô từ nhà máy được xử lý để tạo thành dữ liệu đầu vào cho phần mềm mô phỏng. Sau đó, mô hình mô phỏng được thiết lập và tiến hành mô phỏng sản xuất cho một ca làm việc (8 giờ) với yêu cầu đặt ra là phải đạt được lượng sản phẩm nhất định đối với từng loại sản phẩm, cụ thể: 1650 sản phẩm pin dạng túi, 1000 sản phẩm pin dạng trụ tròn và 1750 sản phẩm pin dạng lăng trụ. Phần mềm mô phỏng Tecnomatix Plant Simulation được sử dụng để xác định bảy loại lãng phí trong toàn bộ quy trình sản xuất bao gồm: hàng lỗi, sản xuất thừa, chờ đợi, quy trình bất hợp lý, vận chuyển, tồn kho và động tác thừa. Từ đó, các phương án thay đổi có thể được đề xuất dựa trên kết quả mô phỏng để cải thiện hiệu quả sản xuất.

Bố trí mặt bằng của nhà máy sản xuất được xây dựng mô hình 3D trong phần mềm mô phỏng được thể hiện ở Hình 4. Mặt bằng của nhà máy sản xuất bao gồm các trạm

sản xuất, lắp ráp, kiểm tra, kho chứa vật liệu và sản phẩm. Các trạm làm việc được trang bị các công nghệ hiện đại, trạm trộn với dung tích lớn Hình 5, và cánh tay robot giúp bốc dỡ vật liệu và sản phẩm. Vật liệu được cung cấp bằng xe nâng và băng tải.

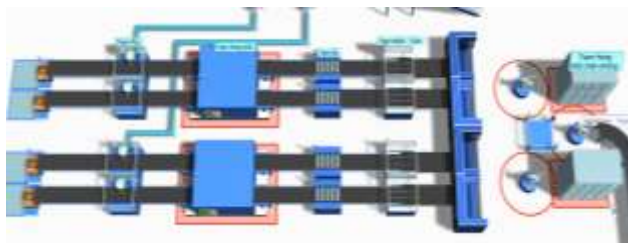


Hình 4. Bố cục tổng thể nhà máy sản xuất



Hình 5. Mô phỏng trạm trộn

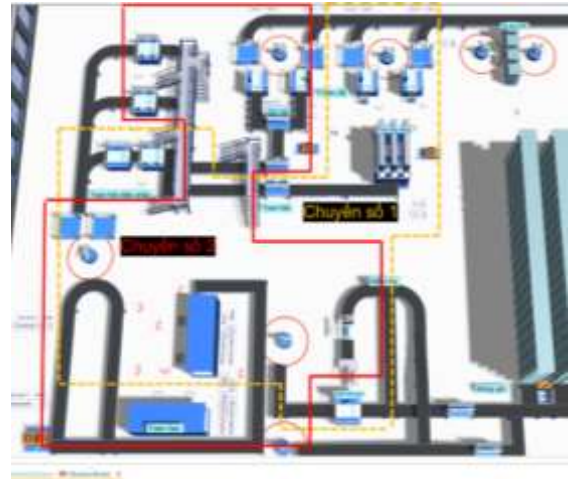
Quy trình sản xuất bao gồm ba quy trình sản xuất chính là sản xuất điện cực, lắp ráp cell và hoàn thiện cell được trình bày ở Hình 8. Các quy trình này được bố trí ở ba dây chuyền sản xuất: dây chuyền số 1 (Hình 6), dây chuyền số 2 và số 3 (Hình 7). Dây chuyền sản xuất số 1 dùng để sản xuất điện cực bao gồm sáu công đoạn chính. Đầu vào gồm thành phần chính là chất điện cực và chất kết dính, sản phẩm là điện cực đã được kiểm tra sau đó đưa đến kho điều phối.



Hình 6. Dây chuyền sản xuất số 1

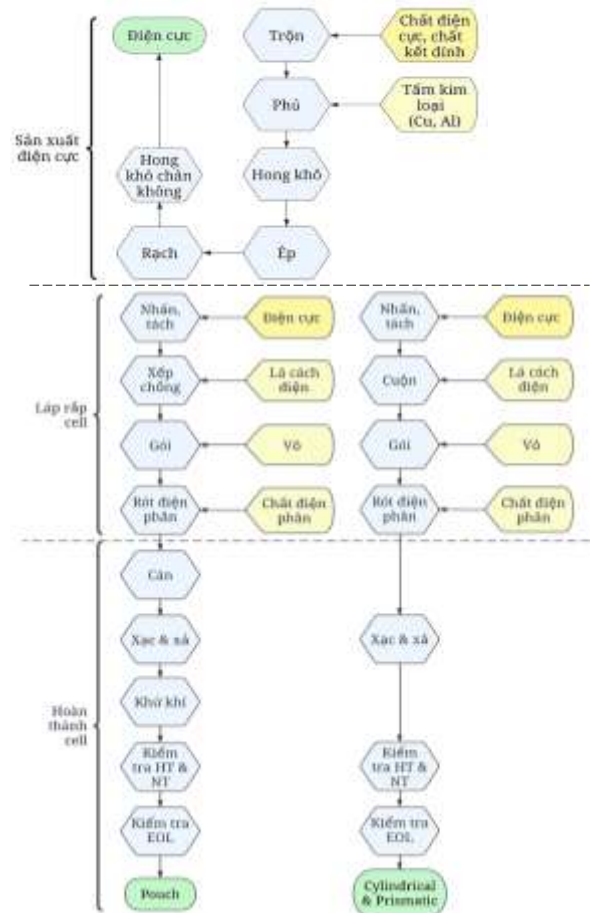
Dây chuyền sản xuất số 2 để sản xuất pin dạng túi, đầu vào là điện cực sản phẩm của dây chuyền sản xuất số 1 bao gồm chín công đoạn chính, đầu ra là sản phẩm đã hoàn thành và được kiểm tra; cuối cùng pin dạng túi đưa sản phẩm tới kho chính. Khác với dây chuyền sản xuất số 2, dây chuyền sản xuất số 3 ngắn hơn bao gồm bảy công đoạn chính, đầu ra là hai sản phẩm của quá trình này bao gồm: pin dạng trụ tròn và pin dạng lăng trụ đã hoàn thành và được kiểm tra; cuối cùng đưa sản phẩm tới kho chính. Hệ thống sản xuất được kết nối với hệ thống vận chuyển vật liệu, phục vụ cho việc vận chuyển các thành phần giữa các

dây chuyền số 1, 2 và 3; và sau đó được chuyển vận chuyển và xử lý các bán thành phẩm và thành phẩm.



Hình 7. Dây chuyền sản xuất số 2 và số 3

Các vật liệu đầu vào cho quá trình sản xuất điện cực cho dây chuyền số 1 được thể hiện cụ thể trong qui trình sản xuất ở Hình 8 bao gồm chất điện cực, chất kết dính và tấm kim loại đầu ra là điện cực. Đầu vào của dây chuyền sản xuất số 2 và dây chuyền số 3 để sản xuất pin dạng túi, pin dạng trụ tròn và pin dạng lăng trụ bao gồm lá điện cực, cách điện, vỏ và chất điện phân. Thời gian hoạt động, tính khả dụng được trình bày trong Bảng 1.



Hình 8. Quy trình sản xuất điện cực, pin dạng túi, pin dạng trụ tròn và pin dạng lăng trụ

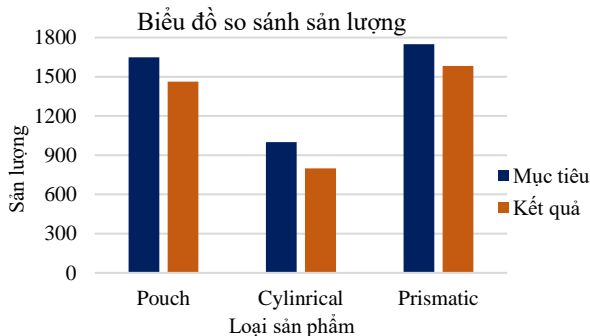


**Bảng 1.** Dữ liệu sản xuất

Quy trình	Công đoạn	Thời gian	Hiệu suất (%)
Sản xuất điện cực	Trộn	1h	95
	Phủ	0,36s	90
	Hong khô	0,36s	90
	Ép	0,3s	90
	Rạch	0,18s	95
	Hong khô chân không	12h	85
Lắp ráp cell	Cắt	0,2s	95
	Xếp chồng	1s	95
	Cuộn	2s – 10s	95
	Gói	4s – 10s	95
	Rót điện phân	2s – 10s	90
Hoàn thành cell	Cán	4s	90
	Xác & xả	5 phút	95
	Khử khí	5s	95
	Kiểm tra HT & NT	1,5 – 3 tuần	90
	Kiểm tra EOL	1,5 – 3 tuần	90

### 2.2.2. Kết quả mô phỏng

Kết quả mô phỏng cho thấy, trong thời gian 8 giờ, hệ thống đã sản xuất được 1464 sản phẩm pin dạng túi, 800 sản phẩm pin dạng trụ tròn và 1584 sản phẩm pin dạng lăng trụ, sản lượng sau khi mô phỏng chưa đạt được mục tiêu đưa ra như biểu đồ mô tả ở Hình 9.

**Hình 9.** Biểu đồ so sánh sản lượng trước cải tiến

### 2.2.3. Phân tích kết quả mô phỏng

Kết quả mô phỏng được phân tích dựa vào công cụ Bottleneck Analyzer, giúp trực quan hóa khi thống kê cơ bản dòng vật liệu của các đối tượng: vận chuyển, sản xuất và lưu trữ. Việc sử dụng công cụ phân tích này đem lại hiệu quả rõ rệt với kết quả mô phỏng dòng vật liệu được mô tả trong Hình 10. Dữ liệu phân tích tắc nghẽn Bottleneck Analyzer có thể cho biết tỉ lệ phần trăm thời gian chờ (waiting) và chặn (blocked) của đầu vào ở Bảng 2 cũng như hiệu suất của các trạm làm việc ở Bảng 3. Số liệu thống kê các trạm sản xuất ở Bảng 3 cho thấy, năng suất giữa các trạm sản xuất là không đồng đều và thời gian sản xuất thấp đáng kể. Tỉ lệ chặn và thời gian chờ đợi trong dòng chảy vật liệu cao. Ví dụ, tỉ lệ thời gian chờ ở công đoạn rót điện phân ở dây chuyền số 1 và dây chuyền số 2 tương ứng là 93,94% và 96,94%. Trong khi đó, tỉ lệ thời gian chờ ở giai đoạn cắt chỉ có 1,75%. Điều này đã tạo ra nút cổ chai làm hạn chế thông lượng chung của toàn bộ quy trình sản xuất. Do đó, quy trình sản xuất hoạt động thiếu hiệu quả, tăng

lượng tồn kho bán thành phẩm, chậm tiến độ công việc. Các vấn đề này cần được giải quyết bằng cách cải tiến quy trình sản xuất và tập trung vào hệ thống lực kéo và số lượng sản phẩm theo yêu cầu của khách hàng.

**Hình 10.** Sử dụng Bottleneck Analyzer**Bảng 2.** Tỷ lệ phần trăm thời gian chờ và chặn của đầu vào

Công đoạn	Chờ (%)	Chặn (%)
root.ip_am	0,00	100,00
root.ip_duong	0,00	100,00
root.ip_cu	0,00	100,00
root.ip_al	0,00	100,00
root.ip_cachdien	2,09	97,91
root.ip_vo	4,15	95,85

**Bảng 3.** Hiệu suất làm việc của các trạm sản xuất

Công đoạn	Làm việc (%)	Chờ (%)	Chặn (%)
root.kiemtra	72,38	27,62	0,00
root.cuon	61,11	38,89	0,00
root.xepchong	53,07	46,93	0,00
root.tron	50,00	50,00	0,00
root.goi_line2	48,61	51,39	0,00
root.phu	36,55	63,31	0,14
root.say	36,39	63,46	0,15
root.xac	33,33	66,25	0,42
root.ep	30,02	69,31	0,68
root.goi_line1	30,00	70,00	0,00
root.can	19,56	80,44	0,00
root.khukhi	15,00	73,39	11,61
root.cat	8,70	1,75	89,55
root.rot_dp_line2	6,06	93,94	0,00
root.rot_dp_line1	3,06	96,94	0,00

## 2.3. Đề xuất các biện pháp cải tiến

### 2.3.1. Phương pháp cải tiến

Để thiết kế và thử nghiệm giải pháp tối ưu, tập trung giải quyết các nút thắt cổ chai trong quy trình sản xuất, cần phải chọn các phương pháp và cách tiếp cận phù hợp. Trong bài nghiên cứu này, nhóm tác giả chủ yếu sử dụng phương pháp Just-In-Time (JIT) để đề xuất phương án cải tiến thử nghiệm. JIT nhấn mạnh “khái niệm zero” có nghĩa là đạt được các mục tiêu không lỗi, không hàng đợi, hàng tồn kho bằng không, sự cố bằng không, v.v. Hệ thống sản xuất JIT có mục tiêu chính là liên tục giảm thiểu và cuối cùng là loại bỏ lãng phí [12-13].

Hiện nay, phương pháp truyền thống của hệ thống sản xuất dây liên kết với lập kế hoạch yêu cầu vật liệu (MRP) đã được thay đổi thành hệ thống sản xuất JIT kéo, trong đó quy trình làm việc (WIP) có thể được quản lý và được kiểm soát chính xác hơn so với việc sử dụng hệ thống sản xuất dây [14]. Khi xây dựng hệ thống sản xuất tinh gọn cần đảm bảo cung cấp nguyên vật liệu đầu vào tinh gọn cho sản xuất. Kết quả là luồng nguyên liệu đi qua các trạm tron tru và chính xác hơn ở những nơi cần thiết, đồng thời giảm thiểu thất thoát. Khi thực hiện việc cung cấp nguyên liệu như vậy, cần tạo cơ sở dữ liệu cho từng sản phẩm với thông tin cơ bản, tạo kho và thiết lập quản lý, sau đó tích hợp với hệ thống thông tin của công ty, sử dụng tín hiệu lực kéo.

Hệ thống Kanban khi kết hợp với hệ thống kéo là phương tiện đóng vai trò quan trọng trong hệ thống sản xuất JIT [15]. Kanban là một hệ thống kiểm soát trực quan có nhiệm vụ đảm bảo rằng công nhân và thiết bị được thông báo về tình trạng và chuyển động của hàng tồn kho tại một thời điểm nhất định, đồng thời hợp lý hóa việc sử dụng tiềm năng của con người, thiết bị trong việc quản lý hàng tồn kho trực tiếp trong sản xuất. Nếu các hoạt động cung cấp vật liệu trong chuỗi cung ứng được xác định theo thời gian, thì có thể xác định dòng chảy vật liệu trong sản xuất, sản phẩm đang ở giai đoạn sản xuất nào, hoạt động nào vẫn tiếp tục và thời gian ước tính cho đến khi kết thúc sản xuất là bao lâu. Bản chất của hệ thống này là phân công nhiệm vụ theo khối lượng công việc của công nhân hoặc trạm làm việc. Trong bối cảnh này, cần phải xác định và loại bỏ một cách có hệ thống các điểm trong quy trình sản xuất làm hạn chế dòng lưu chuyển của hàng tồn kho trong suốt quá trình sản xuất. Ngoài ra, Kanban kết hợp với phần mềm được lựa chọn phù hợp tạo ra một hệ thống tích hợp giúp tối đa hóa khả năng trực quan hóa, cho phép phân công nhiệm vụ và cho từng nhân viên/thiết bị cụ thể, giảm thiểu việc quản lý thủ công, đảm bảo tốc độ xử lý dữ liệu chính xác và nhanh hơn, đồng thời cải thiện chỉ số năng suất.

Trong nghiên cứu này, sản xuất kéo với Kanban được áp dụng với các quy tắc sau [16]:

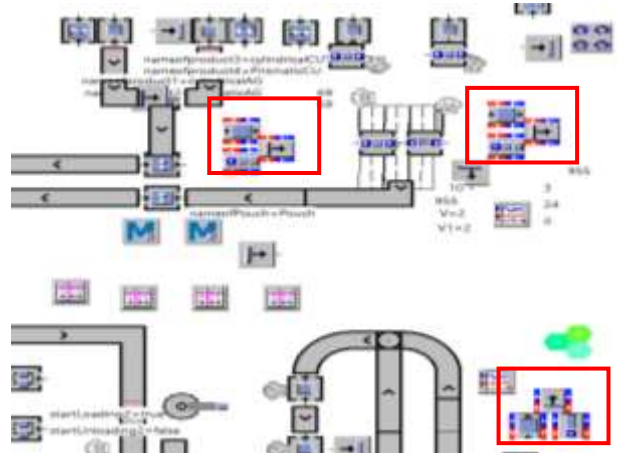
- Quy tắc 1: Chỉ lấy hàng khi có thẻ Kanban và chỉ lấy đi những gì được chỉ định.
- Quy tắc 2: Sản xuất theo trình tự và không được sản xuất vượt yêu cầu.
- Quy tắc 3: Mức độ sản xuất được thiết lập để đảm bảo tiêu chuẩn.

### 2.3.2. Kết quả cải tiến

Khi tiến hành cải tiến hệ thống đảm bảo cung cấp nguyên vật liệu đầu vào tinh gọn cho sản xuất. Kết quả là dòng vật liệu đi qua hệ thống tron tru và chính xác hơn ở những nơi cần thiết, đồng thời giảm thiểu thất thoát. Khi thực hiện việc cung cấp nguyên vật liệu như vậy, cần tạo cơ sở dữ liệu cho từng sản phẩm với thông tin cơ bản, tạo kho và thiết lập quản lý, sau đó tạo vận chuyển nguyên liệu nội bộ và cuối cùng là tích hợp với hệ thống thông tin của hệ thống, sử dụng tín hiệu lực kéo. Để thực hiện hệ thống lực kéo, cần phải: Thực hiện tín hiệu kéo, xác định tần suất cung cấp tài liệu; xác số tín hiệu cho mỗi sản phẩm [16].

Trước hết, điều quan trọng là phải chỉ định giá trị của mức vật liệu trong kho. Sau đó, xác định số lượng tối đa,

xác định mức tiêu thụ trung bình hàng ngày của vật liệu được lưu trữ. Phân tích kết quả mô phỏng mô hình cải tiến xác định được mức tồn kho tối đa. Thiết kế sử dụng hệ thống lực kéo và phát tín hiệu Kanban được thực hiện trong mô hình mô phỏng được mô tả ở Hình 11 cùng với thông tin đầu vào vật liệu được trình bày trong Bảng 4.



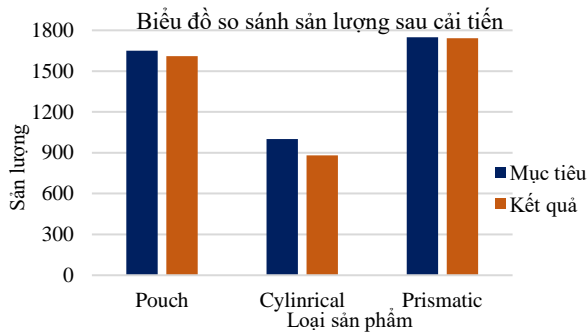
Hình 11. Đồ xuất sử dụng hệ thống Kanban trong mô hình

Bảng 4. Bảng thông tin nguyên liệu đầu vào

Sản phẩm	Lượng dự trữ	Số lượng cung cấp	Thời gian cung cấp
Tấm cách điện	9000	1000	20 phút
Vỏ ngoài chuyên số 2	900	100	30 phút
Vỏ ngoài chuyên số 3	900	150	30 phút
Hộp đóng gói	900	105	60 phút

Với khoảng thời gian cung cấp được trình bày ở Bảng 4, số liệu thống kê cho thấy tấm cách điện cần được bổ sung trong 8 giờ hoạt động. Hàng dự trữ cần được bổ sung với trung bình 1000 chiếc cho nơi làm việc được yêu cầu khoảng 20 phút. Số liệu này giúp cho việc hoạch định vật tư được tốt hơn, cung cấp vật tư đúng thời điểm và đúng số lượng. Tương tự đối với các đầu vào khác.

Sử dụng công cụ phân tích tắc nghẽn Bottleneck Analyzer, có thể so sánh các trạm sản xuất trước và sau cải tiến cho thấy số liệu thống kê về hiệu suất của các trạm sản xuất sau khi cải tiến. Có thể thấy thời gian làm việc tăng lên 10%, giảm 3% thời gian chờ đợi và cải thiện đáng kể thời gian chặn là nguyên nhân chính tạo ra “nút thắt cổ chai” lên đến 35%. Sự thay đổi chủ yếu là nhờ vào việc kiểm soát hàng tồn kho, quá trình cung cấp nguyên vật liệu đầu vào cho từng trạm sản xuất tuân thủ đúng theo mục tiêu hệ thống sản xuất Just In Time: “Đúng sản phẩm – với đúng số lượng – tại đúng nơi – vào đúng thời điểm cần thiết”. Nhờ các biện pháp cải tiến trên, kết quả mô phỏng cho thấy, trong thời gian 8 giờ, hệ thống đã sản xuất được 1610 sản phẩm pin dạng túi, 880 sản phẩm pin dạng trụ tròn và 1742 sản phẩm pin dạng lăng trụ (Hình 12). Sản lượng sau khi tiến hành cải tiến tăng khoảng 10% so với kết quả ban đầu và đạt tương ứng khoảng 97,6% so với mục tiêu đề ra đối với pin dạng túi, 88% đối với pin dạng trụ tròn, và 99,5% đối với pin dạng lăng trụ. Để đạt được các kết quả cải tiến tốt hơn, ngoài các biện pháp cải tiến qui trình sản xuất hiện tại, nhà máy cần phải đưa ra các đánh giá và nâng cao hiệu suất tổng thể thiết bị OEE của một số máy có tần suất làm việc cao như công đoạn kiểm tra, cuộn,...



Hình 12. Biểu đồ so sánh sản lượng sau cải tiến

Bảng 5. Hiệu suất của các trạm sản xuất sau cải tiến

Công đoạn	Làm việc (%)	Chờ (%)	Chặn (%)
root.kiemtra	72,38	27,62	0,00
root.cuon	54,69	38,89	0,00
root.goi_line2	51,1	46,93	0,00
root.tron	50	50,00	0,00
root.xepchong	46,56	51,39	0,00
root.phu	42,57	63,31	0,14
root.say	36,39	63,46	0,15
root.goi_line1	35,13	66,25	0,42
root.xac	33,33	69,31	0,68
root.cat	33,24	70,00	0,00
root.ep	30,02	80,44	0,00
root.can	28,05	73,39	11,61
root.khukhi	15	1,75	89,55
root.rot_dp_line2	13	93,94	0,00
root.rot_dp_line1	10,51	96,94	0,00

### 3. Kết luận

Bằng cách sử dụng phần mềm mô phỏng Tecnomatix Plant Simulation, nhóm tác giả đã mô phỏng qui trình sản xuất pin lithium-ion nhằm mục đích kiểm tra hệ thống sản xuất trước khi triển khai thực tế, tránh những lãng phí như sản xuất thừa, chờ đợi, qui trình bất hợp lý, vận chuyển, tồn kho có thể xảy ra; trực quan hóa và hợp lý hóa qui trình sản xuất. Nghiên cứu đã chỉ ra một số kết quả sau đây:

- Kết quả mô phỏng đã tìm ra những nút thắt cổ chai đã làm nghẽn quá trình sản xuất tại các công đoạn sấy chân không, xếp chồng, nạp/xả pin của qui trình sản xuất hiện tại. Điều này dẫn đến tăng lượng tồn kho bán thành phẩm, chậm tiến độ công việc, ảnh hưởng đến năng suất của hệ thống sản xuất.

- Từ các kết quả phân tích mô phỏng hệ thống sản xuất trên, nghiên cứu này đã đề xuất cải tiến qui trình sản xuất bằng cách áp dụng phương pháp Kanban như: cải tiến qui trình sản xuất; tập trung vào hệ thống lực kéo. Khi thay đổi hệ thống đây thành hệ thống sản xuất kéo, kết quả cho thấy hệ thống giảm thiểu lượng hàng dự trữ được tạo ra do sự mất cân bằng của dòng vật liệu trong hậu cần. Qua đó, các nhà sản xuất có thể tiết kiệm chi phí thử nghiệm không

thành công hoặc giúp các nhà quản lý ra quyết định thay đổi một số qui trình được triển khai trực tiếp vào sản xuất.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] E. Cready, J. Lippert, J. Pihl, I. Weinstock, and P. Symons, *Technical and Economic Feasibility of Applying Used EV Batteries in Stationary Applications*, US Department of Energy (US), 2003. DOI:10.2172/809607
- [2] D. Castelvechi, "Electric cars and batteries: how will the world produce enough?" *Nature*, Vol. 596, pp. 336-339, 2021. DOI: 10.1038/d41586-021-02222-1
- [3] M. Quang, "Vingroup builds an electric vehicle battery factory in Vung Ang", *Transport Journal*, 2023, [Online]. Available: <https://tapchigiaothong.vn/vingroup-xay-dung-nha-may-san-xuat-pin-xe-dien-tai-vung-ang-18393507.htm>, [Accessed: April 08, 2023].
- [4] Y. Liu, R. Zhang, J. Wang, Y. Wang, "Current and future lithium-ion battery manufacturing", *iScience*, Vol. 24, No. 4, 102332, 2021. DOI: 10.1016/j.isci.2021.102332
- [5] A. Kwade, W. Haselrieder, and R. Leithoff, "Current status and challenges for automotive battery production technologies", *Nature Energy*, Vol. 3, No. 4, pp. 290-300, 2018. DOI:10.1038/s41560-018-0130-3
- [6] D. Mourtzis, "Simulation in the design and operation of manufacturing systems: state of the art and new trends", *International Journal of Production Research*, Vol. 58, No. 7, pp. 1927-1949, 2020. DOI: 10.1080/00207543.2019.1636321
- [7] A. Negahban and J. S. Smith, "Simulation for manufacturing system design and operation: Literature review and analysis", *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 33, No. 2, pp. 241-261, 2014. DOI: 10.1016/j.jmsy.2013.12.007
- [8] Y. Liu, R. Zhang, J. Wang, and Y. Wang, "Current and future lithium-ion battery manufacturing", *iScience*, Vol. 24, No. 4, 102332, 2021. DOI: 10.1016/j.isci.2021.102332
- [9] S. Bangsow, *Modeling of Production Processes in Tecnomatix Plant Simulation: Modeling and Programming by Means of Examples*, Springer International Publishing, 2020.
- [10] J. Siderska, "Application of Tecnomatix Plant Simulation for Modeling Production and Logistics Processes", *Business, Management and education*, Vol. 14, No. 1, pp. 64-73, 2016. DOI:10.3846/bme.2016.316
- [11] R. Müller, L. Hörauf, C. Speicher, J. Koch, and M. Drieß, "Simulation based online production planning", *Procedia Manufacturing*, Vol. 38, pp. 1473-1480, 2019. Doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.140
- [12] C. Sendil Kumar and R. Panneerselvam, "Literature review of JIT-KANBAN system", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 32, No. 3, pp. 393-408, 2007. DOI:10.1007/s00170-005-0340-2
- [13] S. Schumacher, F. A. Schmid, A. Bildstein, and T. Bauernhansl, "Lean Production Systems 4.0: The Impact of the Digital Transformation on Production System Levels", *Procedia CIRP*, Vol. 104, No. 5, pp. 259-264, 2021. DOI:10.1016/j.procir.2021.11.044
- [14] R. E. White, D. Ojha, and C. Kuo, "A competitive progression perspective of JIT systems: evidence from early US implementations", *International Journal of Production Research*, Vol. 48, No. 20, pp. 6103-6124, 2010. DOI:10.1080/00207540903226914
- [15] C. N. Ezema, Eric C. Okafor, C. Okezie, and C. Wu, "Industrial design and simulation of a JIT material handling system", *Cogent Engineering*, Vol. 4, No. 1, 1292864, 2017. DOI: 10.1080/23311916.2017.1292864
- [16] J. Saltz and R. Heckman, "Exploring Which Agile Principles Students Internalize When Using a Kanban Process Methodology", *Journal of Information Systems Education*, Vol. 31, No. 1, pp. 51-60, 2020.