

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA CƠ KHÍ GIAO THÔNG

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP
NGÀNH: KỸ THUẬT HỆ THỐNG CÔNG NGHIỆP

ĐỀ TÀI:

**PHÂN TÍCH BẤT CẬP VÀ ĐỀ XUẤT CẢI TIẾN
HIỆU SUẤT DÂY CHUYỀN SẢN XUẤT TẠI
CÔNG TY KARCHER VIỆT NAM
TECHNOLOGY**

Người hướng dẫn: TS. NGUYỄN VĂN THIÊN ÂN
Sinh viên thực hiện: TRẦN NGỌC DUY
Số thẻ sinh viên: 103200234
Lớp: 20HTCN

Đà Nẵng, 06/2025

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA CƠ KHÍ GIAO THÔNG

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP
NGÀNH: KỸ THUẬT HỆ THỐNG CÔNG NGHIỆP

ĐỀ TÀI:

**PHÂN TÍCH BẤT CẬP VÀ ĐỀ XUẤT CẢI TIẾN
HIỆU SUẤT DÂY CHUYỀN SẢN XUẤT TẠI
CÔNG TY KARCHER VIỆT NAM
TECHNOLOGY**

Người hướng dẫn: **TS. NGUYỄN VĂN THIÊN AN**
Sinh viên thực hiện: **TRẦN NGỌC DUY**
Số thẻ sinh viên: **103200234**
Lớp: **20HTCN**

Đà Nẵng, 06/2025

TÓM TẮT

Tên đề tài: Phân tích bất cập và đề xuất cải tiến hiệu suất dây chuyền sản xuất tại công ty Karcher Việt Nam technology

Sinh viên thực hiện: Trần Ngọc Duy

Số thẻ SV: 103200234

Lớp: 20HTCN

Đề tài “Phân tích bất cập và đề xuất cải tiến hiệu suất dây chuyền sản xuất tại Công ty Karcher Việt Nam Technology” được thực hiện nhằm đánh giá hiệu quả vận hành và đề xuất các giải pháp tối ưu cho dây chuyền sản xuất máy phun nước áp lực cao K2 SILENT UM*JP. Thông qua việc khảo sát thực tế và thu thập dữ liệu tại doanh nghiệp, luận văn đã xác định các điểm bất hợp lý trong quá trình lắp ráp và vận hành dây chuyền, bao gồm thời gian nhàn rỗi giữa các công đoạn, sự mất cân đối trong phân phối công việc và tắc nghẽn trong quá trình đóng gói.

Để giải quyết các vấn đề này, đề tài áp dụng các phương pháp cân bằng dây chuyền sản xuất như phương pháp xếp theo trọng số vị trí (RPW), phương pháp thời gian công việc dài nhất (LOT), phương pháp số lượng nhiệm vụ theo sau nhiều nhất (LNFT), và phương pháp xác suất. Ngoài ra, phương pháp sản xuất tinh gọn 5S và phần mềm mô phỏng Arena cũng được sử dụng để mô hình hóa và kiểm tra tính khả thi của các phương án cải tiến.

Kết quả cho thấy, các phương pháp cân bằng đã giúp tối ưu hóa số lượng trạm làm việc, rút ngắn thời gian chu kỳ và tăng hiệu suất dây chuyền. Đề tài góp phần xây dựng cơ sở khoa học cho việc cải tiến hệ thống sản xuất, đồng thời mang lại giá trị thực tiễn cao cho doanh nghiệp trong việc nâng cao năng lực cạnh tranh và hiệu quả vận hành.

LỜI NÓI ĐẦU

Trong bối cảnh nền công nghiệp hiện đại đang không ngừng phát triển, việc nâng cao hiệu suất sản xuất và tối ưu hóa quy trình vận hành dây chuyền là yếu tố sống còn đối với các doanh nghiệp sản xuất. Với mong muốn vận dụng những kiến thức đã được trang bị trong quá trình học tập vào thực tiễn, em đã chọn thực hiện đề tài: “Phân tích bất cập và đề xuất cải tiến hiệu suất dây chuyền sản xuất tại Công ty Karcher Việt Nam Technology” làm đề án tốt nghiệp ngành Kỹ thuật Hệ thống Công nghiệp.

Đề tài tập trung vào việc phân tích hoạt động sản xuất thực tế tại công ty, áp dụng các phương pháp cân bằng dây chuyền và mô phỏng nhằm đánh giá và đề xuất các giải pháp cải tiến phù hợp. Quá trình thực hiện đề án giúp em củng cố kiến thức chuyên ngành, đồng thời nâng cao kỹ năng nghiên cứu, tư duy hệ thống và khả năng giải quyết vấn đề trong môi trường sản xuất thực tế.

Để hoàn thành được đề án này, em xin chân thành gửi lời cảm ơn sâu sắc đến TS. Nguyễn Văn Thiên Ân – giảng viên hướng dẫn đã tận tình chỉ bảo, định hướng khoa học và hỗ trợ em trong suốt quá trình thực hiện đề tài.

Em cũng xin chân thành cảm ơn Ban lãnh đạo và các anh chị kỹ sư tại Công ty Karcher Việt Nam Technology đã tạo điều kiện thuận lợi cho em được tiếp cận thực tế sản xuất và cung cấp những thông tin quý báu phục vụ cho quá trình nghiên cứu.

Xin gửi lời tri ân đến quý thầy cô Khoa Cơ khí Giao thông – Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng, những người đã truyền đạt cho em kiến thức và kỹ năng suốt những năm tháng học tập tại trường. Đồng thời, em cũng xin cảm ơn gia đình và bạn bè đã luôn động viên, tiếp thêm động lực cho em trong suốt thời gian học tập và thực hiện đề án.

Mặc dù đã cố gắng hoàn thiện, nhưng do kiến thức và kinh nghiệm còn hạn chế, đề án không tránh khỏi những thiếu sót. Em rất mong nhận được sự góp ý chân thành từ quý thầy cô và hội đồng chấm đề án để em có thể rút kinh nghiệm và hoàn thiện bản thân hơn trong tương lai.

MỤC LỤC

TÓM TẮT.....	i
LỜI NÓI ĐẦU.....	ii
MỤC LỤC.....	iii
DANH SÁCH CÁC BẢNG, HÌNH VẼ.....	v
DANH SÁCH TỪ VIẾT TẮT.....	vi
CHƯƠNG I: MỞ ĐẦU.....	2
1.1 Đặt vấn đề:.....	2
1.2 Mục tiêu nghiên cứu.....	3
1.3 Phạm vi nghiên cứu:.....	3
CHƯƠNG II: TỔNG QUAN VỀ CÔNG TY TNHH KARCHER VIỆT NAM TECHNOLOGY.....	4
2.1 Giới thiệu công ty.....	4
2.2 Quy trình sản xuất lắp ráp thiết bị làm sạch áp lực cao – Karcher VietNam TECHNOLOGY.....	5
2.2.1 Tổng quan sản xuất lắp ráp trong nhà máy.....	5
2.2.2 Quy trình lắp ráp trên dây chuyền sản xuất.....	6
2.3 Quy trình lắp ráp và các vấn đề trong quy trình sản xuất sản phẩm K2 SILENT UM*JP.....	11
2.3.1 Giới thiệu sản phẩm.....	11
2.3.2 Quy trình công nghệ.....	12
2.3.3 Mô tả qui trình thực hiện các công đoạn trong dây chuyền.....	13
2.4 Các vấn đề bất cập của quy trình sản xuất sản phẩm K2 SILENT (JP).....	16
CHƯƠNG III: CƠ SỞ LÝ THUYẾT.....	18
3.1 Tổng quan về cân bằng dây chuyền.....	18
3.1.1 Giới thiệu chung về cân bằng dây chuyền.....	18
3.1.2 Định nghĩa cân bằng dây chuyền.....	19
3.1.3 Mục tiêu của cân bằng dây chuyền.....	20
3.1.4 Vai trò của cân bằng dây chuyền.....	20
3.1.5 Những yếu tố ảnh hưởng đến dây chuyền sản xuất.....	20
3.1.6 Cân bằng dây chuyền sản xuất với chu kỳ cho trước.....	21
3.1.7 Các phương pháp cân bằng dây chuyền với chu kỳ cho trước.....	23
3.1.8 Một số phương pháp lean hỗ trợ cho bài toán cân bằng.....	26
3.2.1 Khái niệm về Mô phỏng.....	27

3.3.2 Định nghĩa Mô phỏng.....	27
3.3.3 Mục tiêu và Vai trò của Mô phỏng.....	28
3.2.4 Một số phương pháp mô phỏng và phạm vi ứng dụng.....	28
3.2.5 Mô phỏng với phần mềm Arena.....	29
CHƯƠNG IV. CÂN BẰNG CHUYÊN	33
4.1. Thông số chung của dây chuyền sản xuất.....	33
4.2 Cân bằng dây chuyền theo phương pháp xếp theo trọng số vị trí (Ranked Positional Weight).....	34
4.3 Cân bằng dây chuyền theo phương pháp thời gian gia công dài nhất (Longest Operation Time - LOT).....	43
4.4 Cân bằng chuyền theo phương pháp giải quyết số lượng công việc tiếp theo lớn nhất (Số lượng nhiệm vụ theo dõi lớn nhất - LNFT).....	47
4.5 Cân bằng chuyền theo phương pháp xác suất.....	55
4.6 Kết quả cân bằng chuyền	62
CHƯƠNG V: MÔ PHỎNG ARENA	65
5.1 Mục tiêu mô phỏng và dữ liệu đầu vào	65
5.1.1 Mục tiêu mô phỏng.....	65
5.1.2 Dữ liệu đầu vào	65
5.2 Kết quả mô phỏng dây chuyền lắp ráp trên ARENA	70
5.3 Phân tích năng suất của quá trình mô phỏng.....	72
5.3.1 Phân tích từng công đoạn mô hình	72
5.3.2 Phân tích từng trạm mô hình	73
CHƯƠNG VI: PHÂN TÍCH NGUYÊN NHÂN VÀ ĐỀ SUẤT CẢI TIẾN TRONG DÂY CHUYỀN CÂN BẰNG	74
6.1. Phân tích nguyên nhân gây mất cân bằng trong dây chuyền	74
6.1.1. Tắc nghẽn tại Trạm 8 ảnh hưởng đến sản lượng Trạm 12	74
6.1.2. Hiệu suất thấp tại công đoạn 55 và 58.....	74
6.1.3. Thời gian gia công vượt chu kỳ tại công đoạn đầu dây chuyền (1-4)	74
6.2. Đề xuất cải tiến dây chuyền	75
6.2.1. Phân bổ lại công đoạn để giảm tải cho Trạm 8	75
6.2.2. Phân phối lại công đoạn có hiệu suất thấp để nâng cao mức sử dụng trạm	76
CHƯƠNG VII: KẾT LUẬN	79
TÀI LIỆU THAM KHẢO	80
PHỤ LỤC	81

DANH SÁCH CÁC BẢNG, HÌNH VẼ

Bảng 2.1 Các thiết bị cần thiết trong quy trình lắp ráp	7
Bảng 2.2 Các thông số cơ bản của K2 Silent (Nhật Bản)	11
Bảng 2.3 Các công đoạn thực hiện của K2 Silent (Nhật Bản)	14
Bảng 2.4 phân chia các công việc vào trạm	16
Bảng 4. 1 Trọng số các công đoạn thành phần trong dây chuyền thiết bị làm sạch	35
Bảng 4. 2 Thứ tự giảm dần theo trọng số pw của các công đoạn thực hiện trong dây chuyền lắp ráp thiết bị làm sạch	36
Bảng 4. 3 Các trường hợp gộp trạm của nhóm 1.....	38
Bảng 4. 4 Kết quả cân bằng mô hình lắp ráp thiết bị làm sạch theo sắp xếp trọng số vị trí của các công việc	39
Bảng 4. 5 Sắp xếp theo thứ tự giảm dần thời gian thực hiện các công đoạn trong từng nhóm	43
Bảng 4. 6 Kết quả cân bằng mô hình lắp ráp thiết bị làm sạch theo phương pháp thời gian gia công dài nhất.....	44
Bảng 4. 7 Thống kê số công đoạn đi sau của từng công đoạn trong dây chuyền.....	48
Bảng 4. 8 Kết quả cân bằng mô hình lắp ráp thiết bị làm sạch theo phương pháp giải quyết số lượng công việc tiếp theo nhiều nhất	52
Bảng 4. 9 Tổng hợp thời gian gia công và mối quan hệ tiền nhiệm - kế nhiệm của các công đoạn trong dây chuyền.....	56
Bảng 4. 10 Sắp xếp trạm theo phương pháp xác suất	59
Bảng 4. 11 Bảng so sánh giữa 4 phương pháp	64
Bảng 5 1 Hai công đoạn có công suất thấp nhất trong mô phỏng.....	73
Bảng 6. 1 Hiệu chỉnh giữa các trạm	75
Bảng 6. 2 Cách thức thực hiện quy trình 5S trong dây chuyền sản xuất	77
Bảng 6. 3 Bảng so sánh trước và sau khi cải tiến 4 công đoạn đầu	78
Hình 2.1 Nhà máy Karcher Việt Nam Technology tại induvalley Chu Lai.....	4
Hình 2.2 Quy trình sản xuất trong nhà máy Nhà máy Karcher Việt Nam Technology ..	5
Hình 2.3 Sơ đồ mặt bằng của các line lắp ráp	7
Hình 2.4 Sử dụng giày bảo hộ và nút tai	9
Hình 2.5 Trang bị găng tay bảo hộ	9
Hình 2.6 Sơ đồ lắp ráp và đóng gói sản phẩm trong dây chuyền.....	10
Hình 2.7 Bảng BOM của K2 Silent (Nhật Bản).....	12
Hình 2.8 Sơ đồ quy trình thứ tự ưu tiên của các công đoạn.....	13
Hình 2.9 Biểu đồ thời gian làm việc của các trạm	17
Hình 4. 1 Thời gian làm việc của các trạm theo phương pháp trọng số vị trí.....	62

Hình 4. 2 Thời gian làm việc của các trạm theo phương pháp thời gian gia công dài nhất	62
Hình 4. 3 Thời gian làm việc của các trạm theo phương pháp công đoạn theo sau nhiều nhất	63
Hình 4. 4 Thời gian của các trạm theo phương pháp xác suất	63
Hình 5 1 Sơ đồ quy trình của các trạm	66
Hình 5 2 Mô hình mô phỏng tổng quát của liên kết với nguyên vật liệu đầu vào	67
Hình 5 3 Mô hình mô phỏng liên kết hai trạm để gia công	68
Hình 5 4 Các công thức sử dụng trong mô hình mô phỏng	69
Hình 5 5 Thời gian setup cho dây chuyền	69
Hình 5 6 Năng suất từng công đoạn	71
Hình 5 7 Số lượng sản phẩm của từng trạm	71
Hình 5 8 Thời gian và sản phẩm tồn trong từng trạm	72
Hình 6. 1 Sản phẩm chờ trong trạm 8.....	75
Hình 6. 2 Thời gian chờ trong trạm 8.....	75
Hình 6. 3 Số lượng motor đã đạt đến kỳ vọng	76
Hình 6. 4 Hiệu suất công đoạn 55, 58	77
Hình 6. 5 Kết quả chạy được sau khi cải tiến trong 10 ngày	78

DANH SÁCH TỪ VIẾT TẮT

Từ viết tắt	Giải nghĩa đầy đủ
RPW	Ranked Positional Weight (Phương pháp xếp hạng trọng số vị trí)
LOT	Longest Operation Time (Phương pháp thời gian gia công dài nhất)
LNFT	Largest Number of Following Tasks (Phương pháp nhiệm vụ theo sau nhiều nhất)
CT	Cycle Time (Thời gian chu kỳ)
LE	Line Efficiency (Hiệu suất dây chuyền)
TE	Theoretical Efficiency (Hiệu suất lý thuyết)
BL	Balancing Loss (Tồn thất do mất cân bằng)
CĐ/CĐT	Công đoạn / Công đoạn trước (trong quy trình sản xuất)

CHƯƠNG I: MỞ ĐẦU

1.1 Đặt vấn đề:

Ngành sản xuất thiết bị làm sạch áp lực cao hiện nay đóng vai trò quan trọng trong việc cung cấp các sản phẩm thiết yếu phục vụ cho nhiều lĩnh vực trong đời sống xã hội hiện đại. Các thiết bị này được ứng dụng rộng rãi trong hoạt động vệ sinh, bảo trì trong gia đình, trong công nghiệp cũng như trong các dịch vụ thương mại như rửa xe, vệ sinh nhà xưởng, thiết bị máy móc, mặt bằng công cộng,... Sự gia tăng về nhu cầu sử dụng các thiết bị làm sạch chuyên dụng đang thúc đẩy mạnh mẽ sự phát triển của ngành công nghiệp sản xuất thiết bị làm sạch áp lực cao trên toàn cầu.

Tại Việt Nam, ngành này đang từng bước mở rộng và khẳng định vị thế, không chỉ đáp ứng nhu cầu nội địa mà còn tham gia vào chuỗi cung ứng toàn cầu. Sự tham gia của các doanh nghiệp trong và ngoài nước, đặc biệt là các tập đoàn lớn như Karcher, đã tạo ra sự cạnh tranh ngày càng quyết liệt trong ngành. Cùng với xu thế hội nhập quốc tế và quá trình toàn cầu hóa mạnh mẽ, các doanh nghiệp sản xuất thiết bị làm sạch đang phải đối mặt với áp lực lớn từ những quốc gia có nền công nghiệp phát triển vượt trội như Trung Quốc, Nhật Bản, Đức,... nơi quy trình sản xuất được tối ưu hóa ở mức cao, chi phí được kiểm soát nghiêm ngặt và chất lượng sản phẩm được đảm bảo tuyệt đối.

Trong bối cảnh đó, một thách thức lớn được đặt ra cho các doanh nghiệp là làm sao để nâng cao năng lực sản xuất, đồng thời tối ưu hóa hiệu quả vận hành dây chuyền, nhằm hạ giá thành, rút ngắn thời gian sản xuất, tăng năng suất lao động và đảm bảo chất lượng sản phẩm ở mức tốt nhất. Đặc biệt, đối với các sản phẩm có yêu cầu kỹ thuật cao như máy phun áp lực, điều này càng trở nên cấp thiết, bởi đây là những sản phẩm có độ phức tạp trong thiết kế, lắp ráp và yêu cầu khắt khe về độ bền, độ chính xác và sự an toàn trong vận hành.

Để hiện thực hóa mục tiêu này, các doanh nghiệp cần xây dựng và vận hành hệ thống dây chuyền sản xuất một cách khoa học và hợp lý. Điều này đòi hỏi việc phân tích tỉ mỉ từng công đoạn trong quá trình sản xuất, từ khâu chuẩn bị vật tư, lắp ráp linh kiện, kiểm tra chất lượng, cho đến giai đoạn đóng gói sản phẩm cuối cùng. Trong đó, hai công cụ hỗ trợ quan trọng, đóng vai trò cốt lõi trong việc đánh giá và nâng cao hiệu quả vận hành dây chuyền là cân bằng dây chuyền sản xuất và mô phỏng hệ thống sản xuất.

1.2 Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu tổng quát:

Nghiên cứu, phân tích các bất cập trong dây chuyền sản xuất máy phun nước áp lực cao hiện tại và đề xuất các giải pháp cải tiến nâng cao hiệu suất vận hành, tối ưu hóa quy trình sản xuất, giảm chi phí và thời gian

Mục tiêu cụ thể:

Tối ưu số trạm gia công sản phẩm trong dây chuyền và tăng tốc độ sản xuất nhanh nhất nhưng vẫn đảm bảo thời gian chu kỳ của việc gia công sản phẩm và đáp ứng yêu cầu.

Tìm hiểu những nguyên nhân, hạn chế, bất ổn còn tồn đọng trong quá trình sản xuất từ đó đề xuất những giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả dây chuyền.

1.3 Phạm vi nghiên cứu:

Tập trung nghiên cứu, tính toán sự phù hợp và vận hành của dây chuyền lắp ráp máy phun nước áp lực cao K2 SILENT IM*JP, tính hợp lý và hiệu quả của hệ thống, không chú trọng đến các qui trình khác trong nhà xưởng cũng như hệ thống hoạt động của nhà máy hoặc công ty sản xuất loại sản phẩm nói trên.

Phương pháp thực hiện

Cân bằng dây chuyền sản xuất máy phun nước áp lực cao bằng các phương pháp: phương pháp xác suất (probabilistic line), phương pháp xếp hạng theo trọng số vị trí (Ranked positional weight), phương pháp thời gian nhiệm vụ dài nhất và phương pháp nhiệm vụ theo sau nhiều nhất, kết hợp phương pháp sản xuất tinh gọn cụ thể là 5s.

Ứng dụng phần mềm mô phỏng Arena mô phỏng sự hoạt động của dây chuyền.

Các nguyên nhân ảnh hưởng năng suất và cách giải quyết sau khi chạy mô phỏng

CHƯƠNG II: TỔNG QUAN VỀ CÔNG TY TNHH KARCHER VIỆT NAM TECHNOLOGY

2.1 Giới thiệu công ty



Hình 2.1 Nhà máy Karcher Việt Nam Technology tại Indusvalley Chu Lai

Công ty TNHH Karcher Việt Nam Technology là một công ty sản xuất, thành lập vào ngày 19 tháng 10 năm 2023. Nhà máy Karcher Việt Nam Technology được tiến hành xây dựng tại Dự án khu nhà xưởng cho thuê Indusvalley Chu Lai, Khu công nghiệp hậu cần cảng Tam Hiệp, Xã Tam Hiệp, Huyện Núi Thành, Tỉnh Quảng Nam, Việt Nam. Là một thành viên của Tập đoàn Karcher, một tập đoàn toàn cầu nổi tiếng với hơn 85 năm kinh nghiệm trong lĩnh vực công nghệ làm sạch với diện tích đất 26.397,4 m² phục vụ cho việc lắp ráp, sản xuất thiết bị làm sạch các loại với công suất 3.701.000 sản phẩm/năm.

Tổng diện tích của công ty 26.397,4 m² được bố trí ở trung tâm của khu đất. Được phân thành các khu riêng biệt gồm: Diện tích nhà xưởng là 13.500m², diện tích văn phòng 1.600 m², diện tích khác 11.297,4m².

2.1.1. Tên công ty viết bằng tiếng Việt

CÔNG TY TNHH Karcher Việt Nam Technology

2.1.2. Tên giao dịch Quốc tế

KARCHER VIETNAM TECHNOLOGY COMPANY LIMITED

2.1.3. Tên công ty viết tắt

KARCHER VIETNAM TECHNOLOGY

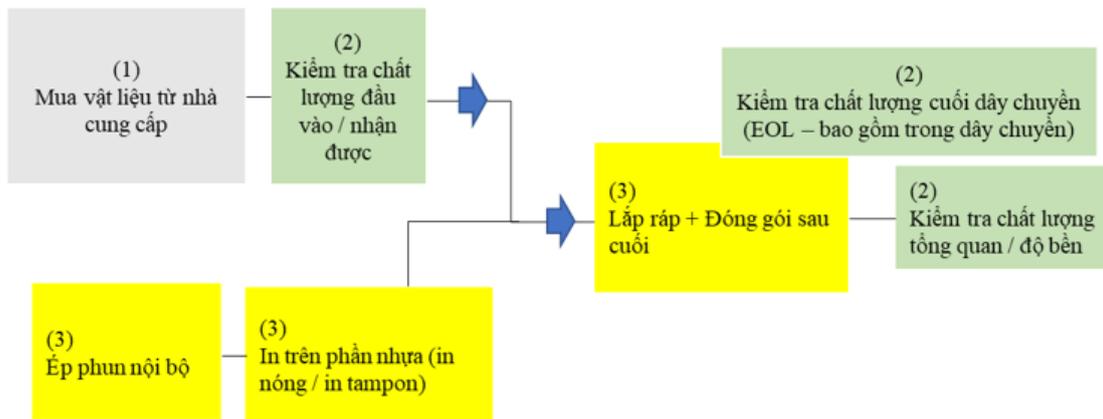
2.1.4 Thông tin liên lạc

Địa chỉ: Dự án khu nhà xưởng cho thuê Indusvalley Chu Lai, Khu công nghiệp hậu cần cảng Tam Hiệp, Xã Tam Hiệp, Huyện Núi Thành, Tỉnh Quảng Nam, Việt Nam

Điện thoại: (+84)235 3535 678

2.2 Quy trình sản xuất lắp ráp thiết bị làm sạch áp lực cao – Karcher Vietnam TECHNOLOGY

2.2.1 Tổng quan sản xuất lắp ráp trong nhà máy.



Hình 2.2 Quy trình sản xuất trong nhà máy Nhà máy Karcher Việt Nam Technology

Dựa vào Hình 2.2 ta có thể thấy quy trình sản xuất được phân chia làm ba loại chính gồm: (1) bên ngoài nhà máy, (2) sản xuất lắp ráp tại nhà máy, (3) kiểm tra chất lượng và 5 bước sản xuất sau:

1. Vật tư đầu vào

Công ty sẽ nhập khẩu hạt nhựa nguyên sinh (nhựa PP, PA) và các linh kiện bán thành phẩm, máy móc, linh kiện rời và vật tư sản xuất như Motor, máy bơm,... từ các nhà cung cấp ở nhiều quốc gia trên thế giới (Đức, Romania, Trung Quốc, Việt Nam,...).

2. Ép phun.

Sử dụng 14 máy ép Phun hoàn toàn mới với công nghệ ép phun nhựa ứng dụng kỹ thuật gia nhiệt, bơm dung dịch nhựa vào khuôn kín để ép tạo thành sản phẩm (các linh kiện: vỏ máy trước, vỏ máy sau, ống phun nước, tay cầm...) để phục vụ quá trình lắp ráp.

3. In nhiệt hoặc in tampon.

In logo lên sản phẩm sản xuất bằng phương pháp nhiệt hoặc phương pháp tampon.

4. Lắp ráp.

Được trang bị các hệ thống băng chuyền cho tất cả các vị trí lắp ráp tại xưởng, trang bị hệ thống đồ gá, thiết bị siết lực, sử dụng phương pháp cấp vật tư "nhập trước, xuất trước" để tối ưu hóa diện tích và thời gian chờ giữa các thao tác.

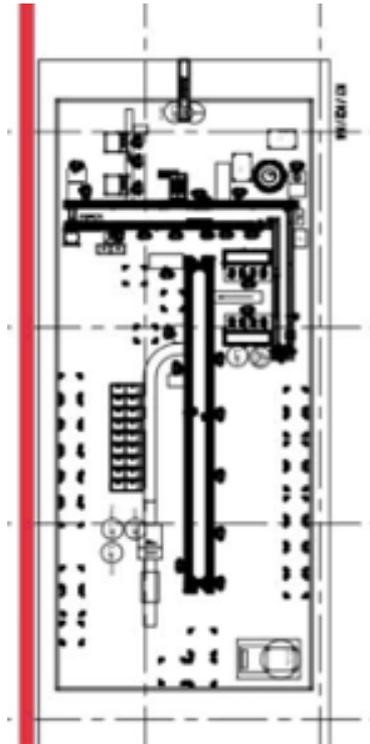
5. Quản lý chất lượng.

Sử dụng 100% thiết bị kiểm tra chất lượng được sản xuất mới từ các nhà cung cấp của Đức, Mỹ, Thụy Sĩ, Anh, Nhật Bản,... và được hiệu chuẩn định kỳ nhằm đảm bảo các thông số chất lượng chặt chẽ, tối ưu để xuất khẩu đi các thị trường Châu Mỹ, Châu Âu, Nhật Bản, Khu vực APAC,...

2.2.2 Quy trình lắp ráp trên dây chuyền sản xuất

Bộ phận lắp ráp của Karcher được đặt tại phía Nam nhà máy có nhiệm vụ lắp ráp các chi tiết động cơ, lắp ráp hoàn thiện và đóng gói để thành các sản phẩm hoàn chỉnh theo yêu cầu của khách hàng. Bộ phận có 3 dây chuyền lắp ráp chính được chia cho 4 nhóm làm việc với hơn 110 người lao động được chia làm 2 ca dài đi 12 tiếng cho 2 line và 1 line đi hai ca ngắn 8 tiếng, sẽ có sự thay đổi giữa các line với nhau để đảm bảo số lượng giờ làm của người lao động được đồng đều.

Bộ phận được tổ chức theo hình thức tổ nhóm, mỗi nhóm do một tổ trưởng quản lý. Công việc được phân công theo từng công đoạn lắp ráp, mỗi công nhân chịu trách nhiệm một hoặc một vài công đoạn. Bộ phận áp dụng hệ thống quản lý chất lượng 5S để đảm bảo môi trường làm việc sạch sẽ, gọn gàng và an toàn.



Hình 2.3 Sơ đồ mặt bằng của các line lắp ráp

Bộ phận sử dụng phương pháp lắp ráp bán tự động, kết hợp giữa lắp ráp bằng tay và sử dụng các thiết bị hỗ trợ như máy siết lực, băng tải. Các dụng cụ và thiết bị chính bao gồm tua vít, máy siết lực, băng tải và thiết bị đo kiểm sau đây:

Bảng 2.1 Các thiết bị cần thiết trong quy trình lắp ráp

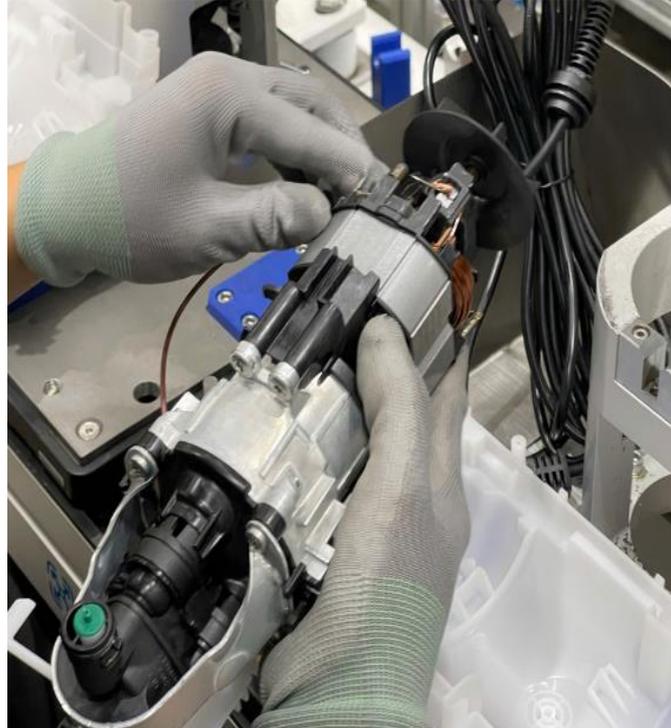
TT	Thiết bị	SL	Mô tả	Đặt tính	Xuất xứ
1	Bàn lắp ráp vỏ dầu	3	Bàn lắp ráp	Bàn lắp ráp	Trung Quốc hoặc nước khác
2	Máy ép vỏ dầu	3	Công cụ lắp ráp	Thiết bị ép lắp ráp	Trung Quốc hoặc nước khác
3	Dụng cụ lắp ráp bánh răng	3	Công cụ lắp ráp	Lắp bánh răng vào động cơ	Trung Quốc hoặc nước khác

TT	Thiết bị	SL	Mô tả	Đặt tính	Xuất xứ
4	Máy dò độ kín không khí xi lanh dầu	3	Thiết bị kiểm tra	Máy đo độ kín khí	Trung Quốc hoặc nước khác
5	Bàn lắp ráp xi lanh dầu	3	Bàn lắp ráp	Bàn lắp ráp	Trung Quốc hoặc nước khác
6	Thiết bị tra dầu	3	Thiết bị lắp ráp	Thiết bị lắp ráp	Trung Quốc hoặc nước khác
7	Dụng cụ lắp ráp piston	3	Công cụ lắp ráp	Thiết bị lắp ráp	Đức
8	Dụng cụ lắp ráp dẫn hướng piston	3	Công cụ lắp ráp	Thiết bị lắp ráp	Đức
9	Bàn lắp ráp dẫn hướng piston	3	Bàn lắp ráp	Bàn lắp ráp	Trung Quốc hoặc nước khác
10	Dụng cụ lắp ráp đầu bơm	3	Công cụ lắp ráp	Thiết bị lắp ráp	Đức
11	Dụng cụ lắp ráp vỏ động cơ	3	Công cụ lắp ráp	Thiết bị lắp ráp	Trung Quốc hoặc nước khác
12	Máy kiểm tra điện áp cao	3	Thiết bị kiểm tra	Thiết bị kiểm tra	Trung Quốc hoặc nước khác

Công ty luôn chú trọng đến công tác an toàn lao động. Tất cả công nhân trong bộ phận đều được trang bị đầy đủ thiết bị bảo hộ cá nhân như kính bảo hộ, găng tay, giày bảo hộ,... và được đào tạo về an toàn lao động định kỳ. Công ty cũng thực hiện các biện pháp để giảm thiểu tác động đến môi trường như thu gom và xử lý chất thải đúng quy định, tiết kiệm năng lượng và sử dụng các vật liệu thân thiện với môi trường.



Hình 2.4 Sử dụng giày bảo hộ và nút tai



Hình 2.5 Trang bị găng tay bảo hộ

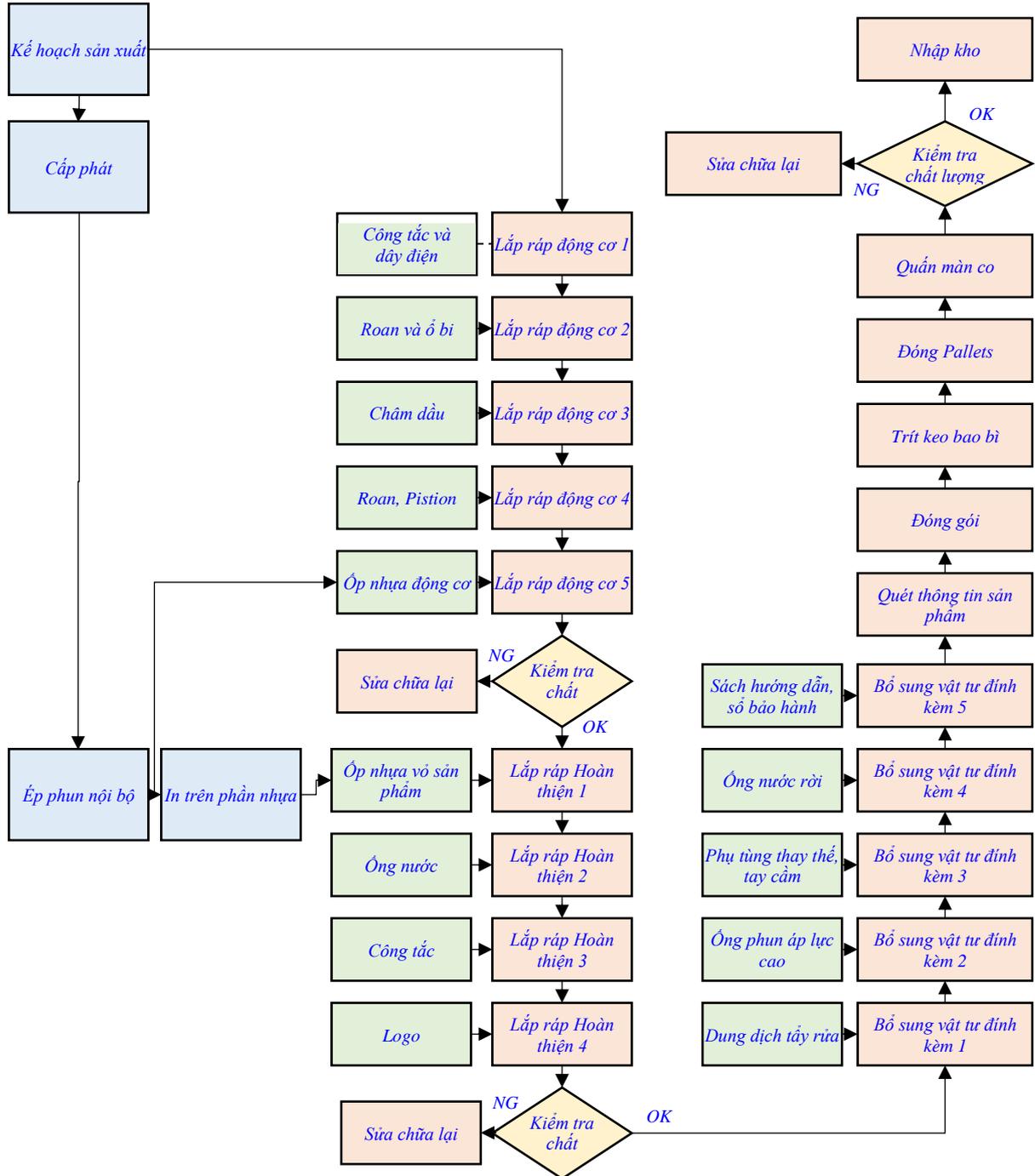
Quy trình lắp ráp của nhà máy được chia ra làm 2 giai đoạn chính:

+ Lắp ráp động cơ: Motor được lắp ráp với các chi tiết như vòng bi, miếng đệm, dây điện, châm dầu, piston và được ốp nhựa

+ Lắp ráp hoàn thiện: Sau khi motor được ốp nhựa thì sẽ được lắp ráp với chi tiết như vỏ sản phẩm, ống nước, công tắc, logo và bổ thêm các phụ kiện đi kèm để được một thùng sản phẩm hoàn chỉnh.

Sau mỗi giai đoạn sẽ có những lần kiểm tra khác nhau để đảm bảo chất lượng sản phẩm và mỗi công đoạn đều sẽ có các yêu cầu nhằm đảm bảo phế phẩm công đoạn ở mức thấp nhất.

Quy trình lắp ráp được bố trí theo sơ đồ:



Hình 2.6 Sơ đồ lắp ráp và đóng gói sản phẩm trong dây chuyền

2.3 Quy trình lắp ráp và các vấn đề trong quy trình sản xuất sản phẩm K2 SILENT UM*JP

2.3.1 Giới thiệu sản phẩm

Máy phun nước áp lực cao K2 Silent mã Nhật Bản, có vẻ ngoài là model Karcher K2 Silent, là một thiết bị làm sạch hiệu quả, được thiết kế để sử dụng tại nhà, đặc biệt ở thị trường Nhật Bản. Với tính năng vận động êm ái, không phù hợp cho việc làm sạch xe, xe đạp, đồ nội thất sân vườn và các bề mặt ngoài trời khác mà không gây phiền hà bởi tiếng ồn.

Bảng 2.2 Các thông số cơ bản của K2 Silent (Nhật Bản)

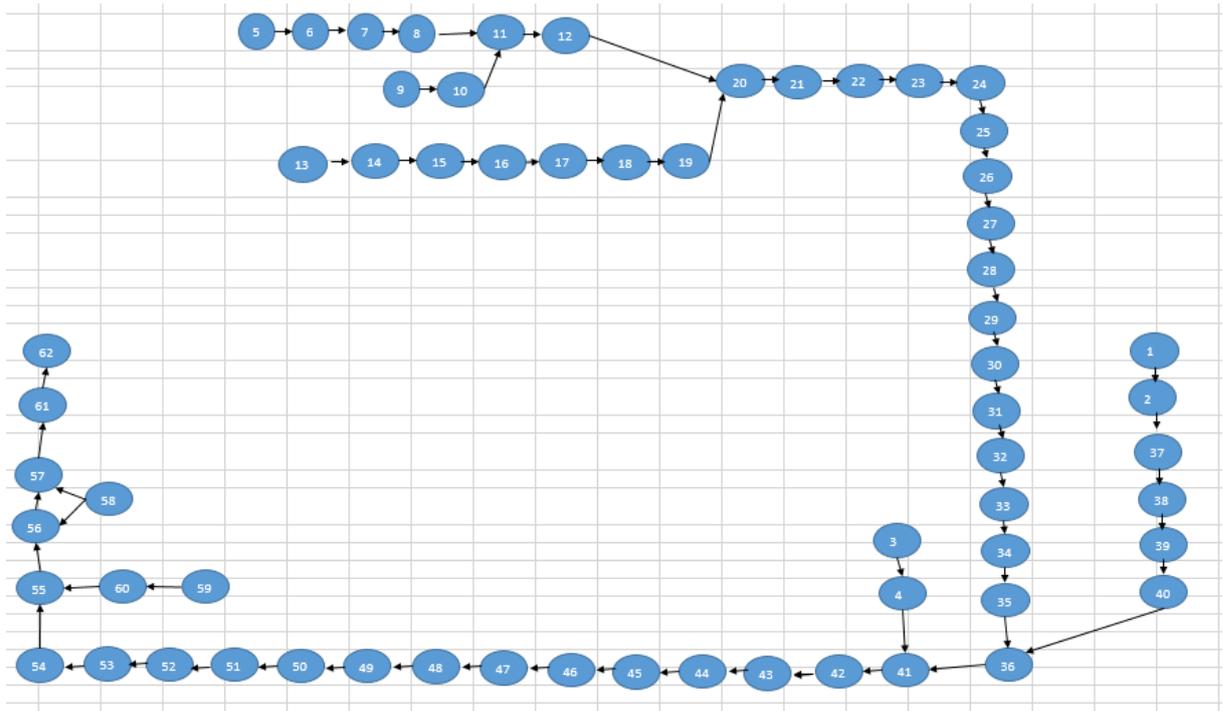
Thông số	K2 Silent (Nhật Bản)
Áp dụng tối đa	10MPa (1450 psi)
Lưu lượng nước	360 lít/giờ
Nguồn điện	100V/50-60Hz
Trọng lượng	5,8kg
Kích thước	538 x 303 x 293mm
Tiếng ồn	Giảm so với mô hình thông thường
Phụ kiện	Súng phun, vòi phun cao áp, đầu phun đa dạng

Material Description	Level	Object description	Component quantity	Component unit	Procurement type
K 2 SILENT UM *JP	1		1.000	PC	E
K 2 SILENT UM *JP	1		1.000	PC	F
K 2 SILENT UM *JP	1		1.000	PC	F
K 2 SILENT UM *JP	1		1.000	PC	F
K 2 SILENT UM *JP	1		1.000	PC	F
K 2 SILENT UM *JP	1		1.000	PC	E
K 2 SILENT UM *JP	1		1.000	PC	F
K 2 SILENT UM *JP	1		1.000	PC	F
K 2 SILENT UM *JP	1		2.000	PC	F
K 2 SILENT UM *JP	1		4.000	PC	F
K 2 SILENT UM *JP	1		2.000	PC	F
K 2 SILENT UM *JP	1		2.000	PC	F
K 2 SILENT UM *JP	1		2.000	PC	F
K 2 SILENT UM *JP	1		2.000	PC	F
K 2 SILENT UM *JP	1		2.000	PC	F
K 2 SILENT UM *JP	1		2.000	PC	F
K 2 SILENT UM *JP	1		1.000	PC	E
K 2 SILENT UM *JP	1		1.000	PC	E
K 2 SILENT UM *JP	1		1.000	PC	E
K 2 SILENT UM *JP	1		1.000	PC	E
K 2 SILENT UM *JP	1		1.000	PC	E
K 2 SILENT UM *JP	1		1.000	PC	F
K 2 SILENT UM *JP	1		1.000	PC	F
K 2 SILENT UM *JP	1		14.000	PC	F
K 2 SILENT UM *JP	1		1.000	PC	F
K 2 SILENT UM *JP	1		1.000	PC	F
K 2 SILENT UM *JP	1		1.000	ZST	E

Hình 2.7 Bảng BOM của K2 Silent (Nhật Bản)

2.3.2 Quy trình công nghệ

Dây chuyền lắp ráp thiết bị làm sạch gồm có 4 công đoạn chính: Chuẩn bị, lắp ráp động cơ, lắp ráp hoàn thiện và đóng gói sản phẩm. Được chia thành 62 công đoạn thực hiện. Từ công đoạn 1 đến công đoạn 62 được thực hiện một cách liên tục với một thời gian chu kỳ nhất định để đảm bảo công suất yêu cầu đề ra của dây chuyền, mà vẫn đảm bảo chất lượng sản phẩm được sản xuất ra. Các công đoạn thực hiện được sắp xếp dọc theo các trạm sản xuất trong line sản xuất theo mối quan hệ ưu tiên ràng buộc trước sau theo sơ đồ sau:



Hình 2.8 Sơ đồ quy trình thứ tự ưu tiên của các công đoạn

2.3.3 Mô tả quy trình thực hiện các công đoạn trong dây chuyền

Dây chuyền lắp ráp sản xuất sản phẩm K2 SILENT (JP) có 62 công đoạn trong được chia làm bốn giai đoạn thực hiện:

Giai đoạn 1: Chuẩn bị gồm 4 công đoạn (từ công đoạn 1 đến công đoạn 4).

Giai đoạn 2: Các hoạt động lắp ráp động cơ gồm 31 công đoạn (từ công đoạn 5 đến công đoạn 35).

Giai đoạn 3: Các hoạt động lắp ráp hoàn thiện gồm 18 công đoạn (từ công đoạn 36 đến công đoạn 53).

Giai đoạn 4: Đóng gói sản phẩm gồm 9 công đoạn tiếp theo (từ công đoạn 54 đến công đoạn 62).

Bảng 2.3 Các công đoạn thực hiện của K2 Silent (Nhật Bản)

CD	Công việc thực hiện	CDT	Thời gian
CÁC CÔNG ĐOẠN CHUẨN BỊ			
1	Nhét 4 miếng đệm vào vỏ đen trước	-	33.55
2	Nhét 4 miếng xốp vào vỏ đen trước	1	36.85
3	Nhét 4 miếng đệm vào vỏ đen sau	-	32.08
4	Nhét 4 miếng xốp vào vỏ đen sau	3	37.03
CÁC CÔNG ĐOẠN LẮP RÁP ĐỘNG CƠ			
5	Gắn vỏ trắng vào vỏ motor trước	-	3.67
6	Gắn vỏ trắng vào vỏ motor sau	5	3.28
7	Lắp ráp trục công tắc	6	3.12
8	Kết nối hệ thống dây điện cho hộp điện tử	7	6.78
9	Thắt chặt cáp	-	4.58
10	Đặt 2 vòng su	9	2.20
11	Kết nối dây nguồn cho hộp điện	10,8	6.97
12	Đặt dây nguồn và vỏ motor lên carrier	11	4.58
13	Lấy motor và đặt nó vào đồ gá	-	2.20
14	Lắp ráp vòng O- ring lớn	13	2.20
15	Lấy bánh răng bỏ vào đồ gá	14	2.93
16	Lắp ráp xy lanh, nhấn nó và lấy khỏi đồ gá	15	5.68
17	Gắn tấm Wobble	16	7.15
18	Cố định xy lanh bằng 4 vít	17	17.60
19	Gắn tấm đệm và wobble nhỏ	18	3.85
20	Đặt cụm motor lắp ráp lên carrier	12,19	2.20
21	Đặt đầu pump head	20	5.32
22	Nhấn piston để cố định cụm dẫn hướng	21	2.93
23	Bắn 4 vít	22	14.67
24	Cố định hộp công tắc, gắn dây điện	23	13.20
25	Đặt cụm motor và vỏ motor	24	2.57

CD	Công việc thực hiện	CDT	Thời gian
26	Đi gợn dây điện motor và dây nguồn	25	8.43
27	Lắp vỏ trên	26	7.15
28	Bắn 6 vít	27	14.85
29	Lắp ống nước đầu vào, đầu ra	28	4.22
30	Cắm phích cắm và đánh dấu	29	5.50
31	Test điện	30	7.15
32	Rút phích cắm và đánh dấu	31	2.57
33	Lấy cụm đầu bơm	32	4.58
34	Kết nối điện và dòng nước	33	5.50
35	Dùng kết nối	34	5.87
CÁC CÔNG ĐOẠN LẮP RÁP HOÀN THIỆN			
36	Đặt cụm lắp ráp lên carrier	35,40	6.23
37	Óp vỏ vàng trước vào vỏ đen sau	2	13.38
38	Gắn logo và nút nhấn	37	9.53
39	Dán nhãn	38	4.95
40	Đặt lên đồ gá	39	2.20
41	Gắn vỏ đen sau	36,4	24.02
42	Gắn đầu lọc	41	2.20
43	Bắn 7 vít vào đế đen	42	28.23
44	Gắn miếng vàng sau vào máy	43	17.42
45	Gắn giá đỡ	44	3.67
46	Bắn 3 vít	45	14.85
47	Dán team cảnh báo	46	4.22
48	Test điện	47	4.58
49	Bắn 4 vít	48	16.50
50	Dán team máy	49	5.32
51	Quét mã vạch	50	1.47
52	Lấy máy khỏi carrier	51	2.57
53	Chỉnh công tắc về vị trí O(OFF)	52	1.10
54	Bọc túi nilon PE	53	4.03
CÁC CÔNG ĐOẠN ĐÓNG GÓI SẢN PHẨM			
55	Đề vào thùng carton	54,60	3.67
56	Đặt phụ kiện 1	58,55	20.35
57	Đặt phụ kiện 2	58,56	18.33
58	Chuẩn bị phụ kiện	-	16.32
59	Dán thùng	-	18.52
60	Dán team thùng	59	4.03
61	Chuẩn bị pallet	57	5.68
62	Cuốn màng co	61	7.52

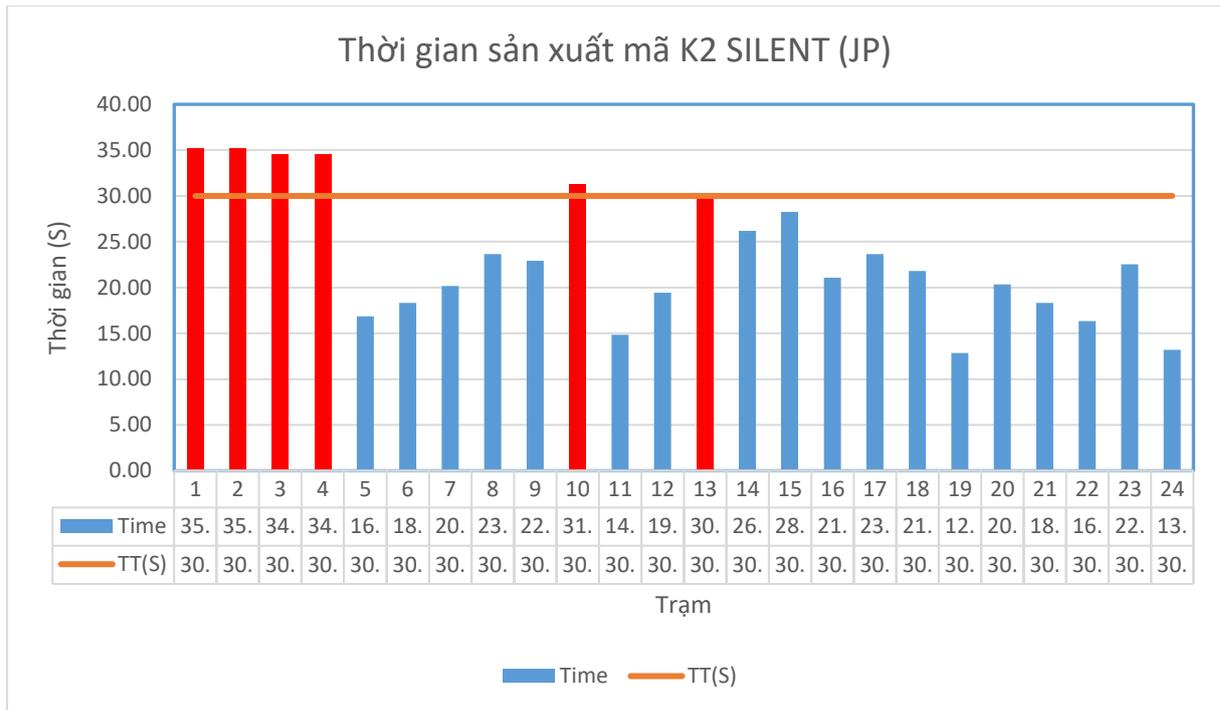
2.4 Các vấn đề bất cập của quy trình sản xuất sản phẩm K2 SILENT (JP)

Từ Bảng 2.3 các công việc được chia vào các trạm trong Bảng 2. 4 sau:

Bảng 2. 4 phân chia các công việc vào trạm

Trạm	Công đoạn	Trạm	Công đoạn
1s2	1	12	29
	2		30
3s4	3		31
	4		32
5	5	13	37
	6		38
	7		39
	8		40
6	9	14	41
	10		42
	11	15	43
	12	16	44
13	45		
7	14	17	46
	15		47
	16		48
	17		18
18	50		
8	19	19	51
	20		52
	21		53
9	22		54
	23		55
	24	20	56
10	25	21	57
	26	22	58
	27	23	59
	28		60
11		24	61
			62

Thời gian chu kỳ hiện tại của công ty là 30s, ta có biểu đồ thời gian làm việc của các trạm như sau:



Hình 2.9 Biểu đồ thời gian làm việc của các trạm

Mặc dù công ty đặt mục tiêu sản xuất 890 sản phẩm mỗi ngày, tuy nhiên kết quả thực tế chỉ đạt 679 sản phẩm chỉ đạt tương đương khoảng 76,3% so với kế hoạch đề ra, cho thấy năng suất chưa đáp ứng được yêu cầu đặt ra. Qua phân tích sơ đồ Hình 2.9 có thể chỉ ra một số nguyên nhân chủ yếu dẫn đến sự chênh lệch này sau đây:

- Sự mất cân đối trong phân bổ công việc giữa các trạm là nguyên nhân quan trọng làm giảm hiệu quả vận hành dây chuyền. Một số trạm có thời gian thao tác vượt mức tiêu chuẩn, điển hình như trạm 1, 2, 3 và 4 gây ra hiện tượng “thắt cổ chai” (bottleneck), khiến các trạm sau phải chờ đợi hoàn thành sản phẩm từ trạm trước. Khi một trạm mất quá nhiều thời gian xử lý, nó không chỉ kéo dài thời gian chu kỳ sản xuất mà còn gây ảnh hưởng dây chuyền đến toàn bộ hệ thống. Trong khi đó, nhiều trạm khác lại có thời gian thao tác thấp hơn nhiều so với chuẩn, dẫn đến hiện tượng nhàn rỗi cục bộ, làm lãng phí nguồn lực lao động và không tận dụng hết công suất máy móc.
- Việc thiếu tiêu chuẩn các thao tác cũng là một vấn đề làm cho năng suất không đáp ứng yêu cầu đặt ra.

CHƯƠNG III: CƠ SỞ LÝ THUYẾT

3.1 Tổng quan về cân bằng dây chuyền

Dây chuyền sản xuất là hệ thống tổ chức các hoạt động sản xuất theo trình tự công nghệ, nhằm đáp ứng nhu cầu ngày càng đa dạng của thị trường. Trong bối cảnh vòng đời sản phẩm ngày càng rút ngắn và yêu cầu về sự linh hoạt ngày càng cao, các phương pháp sản xuất truyền thống đã dần được thay thế bằng các hệ thống dây chuyền hiện đại. Mục tiêu chính của các dây chuyền này là rút ngắn thời gian sản xuất, tối ưu chi phí và đảm bảo chất lượng sản phẩm đầu ra.

Vấn đề cân bằng dây chuyền, theo đó, trở thành một bài toán trọng tâm trong tổ chức sản xuất, nhất là khi quy mô hệ thống ngày càng mở rộng. Việc phân bổ công việc giữa các trạm không hợp lý sẽ dẫn đến thời gian nhàn rỗi, giảm năng suất và gây lãng phí tài nguyên. Tuy nhiên, các phương pháp truyền thống như dựa trên kinh nghiệm hay thử nghiệm nhiều lần vẫn chưa đủ hiệu quả trong việc tối ưu hóa cân bằng dây chuyền ở mức độ phức tạp cao (Becker & Scholl, 2006) ⁽¹⁾.

Một dây chuyền lắp ráp thường bao gồm các trạm làm việc được bố trí liên tục theo dòng sản phẩm, trong đó các nhiệm vụ được thực hiện theo một trình tự ưu tiên đã được xác định trước. Việc di chuyển bán thành phẩm giữa các trạm có thể được thực hiện bằng tay hoặc bằng thiết bị cơ khí/tự động.

Tùy thuộc vào đặc điểm sản xuất, dây chuyền có thể được tổ chức theo ba mô hình chính: mô hình đơn sản phẩm, mô hình đa sản phẩm và mô hình hỗn hợp. Mô hình đơn sản phẩm có cấu trúc đơn giản hơn do chỉ xử lý một loại sản phẩm duy nhất. Ngược lại, mô hình đa sản phẩm và hỗn hợp yêu cầu tính linh hoạt cao hơn trong khâu thiết kế và đặc biệt là trong quá trình cân bằng dây chuyền, nhằm giảm thiểu thời gian chu kỳ, số lượng trạm làm việc, cũng như lượng bán thành phẩm tồn đọng tại các khâu trung gian.

3.1.1 Giới thiệu chung về cân bằng dây chuyền

Việc cân bằng dây chuyền đã được nghiên cứu rất lâu từ khi nền sản xuất công nghiệp ra đời, nhiều nghiên cứu đã được thực hiện về chủ đề này từ năm 1954. Các vấn đề cân bằng dây chuyền lắp ráp lần đầu tiên được giới thiệu bởi Bryton trong luận văn tốt nghiệp của mình. Trong nghiên cứu của mình, ông chấp nhận số lượng các trạm công việc là không đổi, tổng thời gian hoạt động của các trạm bằng thời gian của từng trạm cộng lại và thời gian di chuyển giữa các trạm.

Nhưng mãi tới năm 1955 thì người ta mới bắt đầu nghiên cứu sâu và đăng trên một số tạp chí khoa học. Lần đầu tiên bài toán về cân bằng dây chuyền sản xuất được đăng trên

tạp chí khoa học vào năm 1955 do Salveson phát triển và đến năm 1960 Bowman tiếp tục phát triển thêm. Năm 1956, Jackson đưa ra khái niệm mới về kỹ thuật cân bằng dây chuyền đơn giản, kỹ thuật này được tóm tắt như sau:

1. Xác định tất cả các công việc có thể phân bổ vào trạm thứ nhất.
2. Trong tất cả các công việc có thể phân bổ vào trạm thứ nhất, chúng ta xác định những công việc có thể phân bổ các công việc vào trạm thứ hai.
3. Trong tất cả các công việc có thể phân bổ vào trạm 1 và 2, xác định các công việc có thể phân bổ vào trạm 3
4. Tiếp tục cho các trạm còn lại cho đến khi được cân bằng, hay nói cách khác tất cả các công việc đều được phân bổ vào các trạm làm việc, nghĩa là cho đến khi chúng ta đạt được số trạm làm việc là ít nhất tương ứng với chu kỳ cho trước.

Kỹ thuật này bị giới hạn đối với một số bài toán nhỏ, đối với các bài toán lớn hơn thì phải cần đến sự trợ giúp của máy tính.

Năm 1966, Arcus lần đầu tiên sử dụng phương pháp COMSOAL (Computer Method of Sequencing Operations for Assembly Lines) như là một cách tiếp cận cho phương pháp giải quyết cho vấn đề cân bằng dây chuyền lắp ráp bằng máy tính.

Ngày nay có rất nhiều kỹ thuật cân bằng dây chuyền sản xuất được sử dụng, đặc biệt đối với những dây chuyền nhiều chi tiết lắp ráp thì độ phức tạp của bài toán càng lớn và thông thường trong những trường hợp này người ta thường sử dụng phương pháp gần đúng. Tất nhiên kết quả của những giải thuật này tạm chấp nhận được, hơn nữa rất nhiều bài toán cân bằng dây chuyền sản xuất có nhiều lời giải khác nhau cùng với một số trạm và chu kỳ làm việc cho trước.

3.1.2 Định nghĩa cân bằng dây chuyền

Dây chuyền sản xuất là một hệ thống tổ chức các hoạt động sản xuất theo trình tự hợp lý, trong đó các công đoạn được bố trí liên tiếp nhằm thực hiện các bước cần thiết để hoàn thành sản phẩm cuối cùng. Mỗi công đoạn được thực hiện tại một trạm làm việc riêng biệt, và sản phẩm bán thành được di chuyển từ trạm này sang trạm khác theo một chuỗi khép kín. Toàn bộ hệ thống hoạt động với mục tiêu tối ưu hóa hiệu suất, giảm thiểu thời gian chờ và chi phí sản xuất, đồng thời đảm bảo chất lượng sản phẩm đầu ra.

Theo Becker và Scholl (2006), dây chuyền lắp ráp là tập hợp các trạm làm việc được bố trí theo một chuỗi cố định, tại đó các nhiệm vụ sản xuất được thực hiện dựa trên thứ tự ưu tiên và thời gian chu kỳ xác định. Sự phối hợp nhịp nhàng giữa các trạm là yếu tố then chốt để đảm bảo hiệu quả vận hành của toàn bộ hệ thống.

3.1.3 Mục tiêu của cân bằng dây chuyền

Tùy thuộc vào loại hình sản xuất và đặc điểm cụ thể của từng bài toán, mục tiêu của việc cân bằng dây chuyền có thể thay đổi nhằm đáp ứng các yêu cầu khác nhau trong thực tiễn. Tuy nhiên, trong phạm vi nghiên cứu, có thể phân loại hai mục tiêu cơ bản thường gặp trong các bài toán cân bằng dây chuyền như sau:

- *Trường hợp thời gian chu kỳ được xác định trước:* Mục tiêu của bài toán là phân bổ hợp lý các công việc thành phần vào các trạm làm việc sao cho tổng thời gian nhàn rỗi của toàn dây chuyền được tối thiểu hóa, đồng thời đảm bảo mức độ phân bố thời gian nhàn rỗi giữa các trạm là đồng đều. Cách tiếp cận này đồng thời nhằm tối ưu hóa số lượng trạm làm việc, tức là xác định số trạm tối thiểu cần thiết để hoàn thành sản phẩm trong thời gian chu kỳ đã định, từ đó nâng cao hiệu quả sử dụng tài nguyên và năng suất sản xuất (Scholl & Becker, 2006) ⁽²⁾.

- *Trường hợp số lượng trạm làm việc được xác định trước:* Trong tình huống này, bài toán tập trung vào việc rút ngắn thời gian chu kỳ, nghĩa là giảm thiểu khoảng thời gian cần thiết để hoàn thành một đơn vị sản phẩm. Mục tiêu là phân phối khối lượng công việc vào các trạm sao cho thời gian nhàn rỗi tại mỗi trạm được giảm thiểu và phân bố đều đặn. Điều này tương đương với việc tối đa hóa năng suất đầu ra của dây chuyền, đồng thời tận dụng tối đa năng lực của các trạm làm việc đã có (Baybars, 1986) ⁽³⁾.

3.1.4 Vai trò của cân bằng dây chuyền

Cân bằng dây chuyền đóng một vai trò then chốt đối với sự thành công hay thất bại của việc áp dụng các dây chuyền sản xuất vào thực tế. Nó giúp nhà sản xuất có thể biết được qui mô thiết kế nhà xưởng của mình và cần nguồn lực bao nhiêu cho hoạt động sản xuất của dây chuyền. Vì thế vấn đề cân bằng dây chuyền là một việc rất khó thực hiện nếu chúng ta không có đầy đủ các thông số thiết kế của dây chuyền, từ đó có thể giúp nhà quản lý có thể thấu hiểu được các thông số thiết kế của dây chuyền và áp dụng nó vào thực tế một cách dễ dàng và nhanh chóng hơn.

3.1.5 Những yếu tố ảnh hưởng đến dây chuyền sản xuất

Trong quản lý dây chuyền sản xuất, thời gian chậm trễ hoặc lãng phí được xác định bởi sự chênh lệch giữa thời gian hoàn thành các công việc tại mỗi trạm so với thời gian chu kỳ yêu cầu. Mục tiêu lý tưởng là đảm bảo tổng thời gian của các trạm làm việc bằng tổng thời gian thực hiện tất cả các công việc thành phần, được biểu diễn qua công thức:

$$N \times CT - \sum ti = 0 \quad (3.1)$$

Trong đó:

- **N**: Tổng số trạm làm việc trên dây chuyền.
- **CT**: Thời gian chu kỳ, tức khoảng thời gian tối đa cho phép để hoàn thành công việc tại một trạm.
- **ti**: Thời gian thực hiện công việc thành phần thứ i.

Tuy nhiên, việc đạt được sự cân bằng hoàn hảo theo công thức này trong thực tế là rất khó khăn, thậm chí gần như không thể. Thay vào đó, các nhà quản lý sản xuất tập trung vào việc giảm thiểu sự chênh lệch này xuống mức thấp nhất có thể.

Để hạn chế sự khác biệt giữa tổng thời gian tại các trạm và tổng thời gian của các công việc thành phần, các công đoạn sản xuất thường được chia nhỏ và phân bổ hợp lý vào các trạm nhằm tối ưu hóa sử dụng nguồn lực. Quá trình này chịu tác động từ nhiều yếu tố, bao gồm năng lực lao động, thái độ làm việc, tinh thần nhân viên, và cách thức tổ chức công việc. Những yếu tố này dẫn đến hai vấn đề chính: sự không đồng đều giữa các trạm và sự lãng phí nguồn lực. Việc đạt được sự cân bằng tuyệt đối là một thách thức lớn, bởi các yếu tố trên làm giảm tính linh hoạt trong việc phân bổ công việc. Hơn nữa, thời gian thực hiện của từng công việc thành phần cũng ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình cân bằng. Chẳng hạn, việc sắp xếp nhiều công việc có thời gian ngắn sẽ thuận lợi hơn so với việc phân bổ một vài công việc có thời gian dài.

3.1.6 Cân bằng dây chuyền sản xuất với chu kỳ cho trước.

Dạng bài toán 1 trong cân bằng dây chuyền sản xuất tập trung vào việc xác định thời gian chu kỳ dựa trên sản lượng dự kiến trong một khoảng thời gian nhất định. Khi sản lượng cần đạt được đã biết, thời gian chu kỳ được tính bằng tổng thời gian sản xuất chia cho sản lượng đó (Stevenson, 2020) ⁽⁴⁾. Công thức được biểu diễn như sau:

$$CT = \frac{T}{Q} \quad (3.2)$$

Trong đó:

- **CT**: Thời gian chu kỳ, tức khoảng thời gian tối đa cho phép tại mỗi trạm làm việc.
- **T**: Tổng thời gian cần thiết để sản xuất ra sản lượng Q.
- **Q**: Sản lượng sản xuất trong khoảng thời gian T.

Nếu ký hiệu **ti** là thời gian thực hiện từng công việc thành phần, tổng thời gian để hoàn thành tất cả các công việc được tính bằng:

$$\sum ti \text{ (với } i \text{ từ } 1 \text{ đến } n)$$

Với điều kiện $t_i \leq CT$, đảm bảo thời gian của mỗi công việc thành phần không vượt quá thời gian chu kỳ.

Mục tiêu chính của bài toán là thiết kế dây chuyền sao cho số trạm làm việc được tối ưu hóa. Trong lý thuyết, khái niệm số trạm làm việc tối ưu theo lý thuyết (giới hạn dưới của số trạm) được sử dụng để xác định số trạm tối thiểu cần thiết (Scholl, 1999) ⁽⁵⁾. Khi dây chuyền được cân bằng với số trạm bằng đúng số trạm tối ưu, bài toán đạt trạng thái tối ưu, vì không thể giảm thêm số trạm. Số trạm làm việc tối ưu theo lý thuyết được tính như sau:

$$N_{\min} = \frac{Q \times \sum t_i}{T} \quad (3.3)$$

Nếu kết quả không phải là số nguyên, số trạm tối ưu phải được làm tròn lên số nguyên gần nhất. Trong thực tế, thời gian của các công việc thành phần và các ràng buộc về quan hệ thứ tự (precedence constraints) ảnh hưởng đến số trạm làm việc khi cân bằng.

Giả sử dây chuyền có N trạm làm việc, mỗi trạm có thời gian gia công T_{aj} (với j từ 1 đến n). Thời gian trung bình tại mỗi trạm được tính như sau:

$$T_{TB} = \frac{\sum T_{aj}}{T} = \frac{\sum t_i}{N} \quad (3.4)$$

Thời gian chậm trễ tại mỗi trạm được xác định bằng:

$$d = CT - T_{aj} \quad (3.5)$$

Tổng thời gian chậm trễ của toàn dây chuyền là:

$$D = N \times CT - \sum t_i \quad (3.6)$$

Dựa trên thời gian chậm trễ, tỷ lệ phần trăm thời gian lãng phí được tính như sau (Becker & Scholl, 2006) ⁽⁶⁾:

$$L = \frac{D}{N \times CT} \times 100\% = \frac{CT - T_{TB}}{CT} \times 100\% \quad (3.7)$$

Tỷ lệ thời gian lãng phí cho thấy mức độ chênh lệch giữa thời gian yêu cầu và thời gian thực tế của dây chuyền. Tỷ lệ này càng cao, hiệu quả kinh tế của dây chuyền càng giảm.

3.1.7 Các phương pháp cân bằng dây chuyền với chu kỳ cho trước

Trong quá trình cân bằng dây chuyền sản xuất với thời gian chu kỳ đã được xác định trước, các hoạt động tại từng trạm làm việc cần được điều chỉnh để đảm bảo sự đồng đều, từ đó đạt được sản lượng mục tiêu đã đề ra. Để thực hiện điều này, các nhà quản lý sản xuất phải xác định rõ các thiết bị, công cụ, và phương pháp làm việc cần thiết, đồng thời ước lượng thời gian yêu cầu cho từng nhiệm vụ trong các công đoạn của dây chuyền. Bên cạnh đó, việc thiết lập thứ tự ưu tiên cho các công việc là yếu tố quan trọng, thường được thể hiện qua sơ đồ quan hệ thứ tự giữa các công việc. Khi đã có đầy đủ các yếu tố này, một số phương pháp cân bằng dây chuyền có thể được áp dụng để nâng cao hiệu suất hoạt động của dây chuyền. Trong phạm vi đề tài nghiên cứu về dây chuyền sản xuất quần, bốn phương pháp cân bằng dây chuyền dưới đây sẽ được sử dụng để tối ưu hóa quy trình sản xuất.

3.1.7.1 Cân bằng dây chuyền theo phương pháp xếp theo trọng số vị trí (Ranked Positional weight)

Phương pháp xếp hạng trọng số vị trí (Ranked Positional Weight - RPW) được Helgeson và Birnie phát triển vào năm 1961 tại công ty General Electric, Hoa Kỳ. Đây là một phương pháp gần đúng với ưu điểm nổi bật là không chỉ xem xét các mối quan hệ thứ tự ưu tiên giữa các công việc thành phần mà còn kết hợp thời gian gia công của chúng. Nhờ đó, phương pháp này mang lại kết quả nhanh chóng và có độ chính xác cao hơn so với một số kỹ thuật khác.

Trong phương pháp này, trước tiên cần tính **trọng số vị trí (Positional Weight - PW)** cho mỗi công việc thành phần. Trọng số được xác định bằng cách cộng thời gian gia công của công việc đó với tổng thời gian gia công của tất cả các công việc phải thực hiện sau nó, theo sơ đồ thứ tự ưu tiên (precedence diagram). Sau khi tính được trọng số, các công việc sẽ được phân bổ vào các trạm theo thứ tự trọng số giảm dần, nhưng phải đảm bảo tuân thủ các ràng buộc thứ tự ưu tiên trong sơ đồ.

Cụ thể, công việc có trọng số cao nhất (thường là công việc khởi đầu) sẽ được ưu tiên phân bổ vào trạm đầu tiên. Tiếp theo, thời gian còn lại tại trạm được tính toán, và các công việc tiếp theo sẽ được phân bổ nếu trạm vẫn còn khả năng thực hiện. Quá trình này được lặp lại cho các trạm tiếp theo cho đến khi đáp ứng các điều kiện sau:

- Tất cả các công việc đã được phân bổ vào các trạm.
- Không còn công việc nào vi phạm ràng buộc thứ tự ưu tiên hoặc gây ra thời gian nhàn rỗi không cần thiết.

Phương pháp này sử dụng một số chỉ số để đánh giá hiệu quả cân bằng dây chuyền:

a) **Phần trăm mất cân bằng (Balancing Loss - BL):** Công thức tính tỷ lệ mất cân bằng được biểu diễn như sau:

$$BL = \frac{N \times CT - \sum ti}{N \times CT} \times 100\% \quad (3.8)$$

Trong đó:

- **BL:** Tỷ lệ mất cân bằng (%).
- **N:** Số trạm làm việc được xác định theo phương pháp.
- **CT:** Thời gian chu kỳ (cycle time).
- Σti : Tổng thời gian gia công của tất cả các công việc.

b) **Hiệu suất lý thuyết (Theoretical Efficiency - TE):** Hiệu suất lý thuyết so sánh tổng thời gian gia công với số trạm tối ưu lý thuyết, được tính bằng:

$$TE = \frac{\Sigma ti}{N_{min} \times CT} \times 100\% \quad (3.9)$$

Trong đó:

TE: Hiệu suất lý thuyết (%).

N_{min}: Số trạm tối ưu lý thuyết.

c) **Hiệu suất thực tế (Line Efficiency - LE):** Hiệu suất thực tế đánh giá hiệu quả của dây chuyền dựa trên số trạm thực tế, được tính như sau:

$$LE = \frac{\Sigma ti}{N \times CT} \times 100\% \quad (3.10)$$

Trong đó:

LE: Hiệu suất thực tế của dây chuyền (%).

N: Số trạm tính trong phương pháp

3.1.7.2 Cân bằng chuyền theo phương pháp thời gian gia công dài nhất (Longest Operation Time - LOT)

Phương pháp này được hình thành và phát triển từ những nghiên cứu trong lĩnh vực lý thuyết lập lịch (scheduling theory) từ giữa thế kỷ XX, khi các nhà nghiên cứu và kỹ sư công nghiệp bắt đầu quan tâm đến việc tối ưu hóa quá trình phân bổ nguồn lực trong môi trường sản xuất đa công đoạn hoặc nhiều máy.

Cách thực hiện:

1. Liệt kê tất cả các công việc và thời gian của chúng.
2. Sắp xếp công việc theo thời gian giảm dần.
3. Phân công công việc vào các trạm theo thứ tự ưu tiên, đảm bảo tổng thời gian tại mỗi trạm không vượt quá CT và bỏ theo thứ tự ưu tiên cưỡng bức.

Ưu điểm: Đơn giản, dễ áp dụng, đặc biệt khi có sự chênh lệch lớn về thời gian gia công giữa các công việc.

Nhược điểm: Có thể dẫn đến phân tích bổ sung không tối ưu nếu không xem xét đầy đủ các lệnh buộc.

3.1.7.3 Cân bằng chuyền theo phương pháp giải quyết số lượng công việc tiếp theo lớn nhất (Số lượng nhiệm vụ theo dõi lớn nhất - LNFT)

Phương pháp này ưu tiên các công việc có nhiều công việc phụ thuộc (công việc tiếp theo) nhất, nhằm mục tiêu đảm bảo các công việc quan trọng trong chuỗi được hoàn thành sớm.

Cách thực hiện:

1. Dựa trên mức độ ưu tiên của sơ đồ, đếm số lượng công việc tiếp theo của mỗi công việc.
2. Sắp xếp công việc theo số lượng công việc tiếp theo theo mức tăng dần.
3. Phân chia công việc vào các trạm, đảm bảo tổng thời gian không vượt quá CT và theo thứ tự cưỡng bức.

Ưu điểm: Hữu ích trong các dây xích có nhiều thùng phức tạp cưỡng bức.

Nhược điểm: Có thể không tối ưu hóa thời gian nếu các công việc có thời gian công việc lớn hơn.

3.1.7.4 Cân bằng chuyền theo phương pháp xác suất

Phương pháp xác suất do El-Sayed và Boucher đề xuất sử dụng hai ma trận đại diện cho mỗi quan hệ trước – sau giữa các công đoạn, lần lượt là **P** (tiền nhiệm) và **F** (kế nhiệm). Quá trình phân công công việc được thực hiện theo trình tự sau:

1. **Xác định công đoạn đầu tiên:** Lựa chọn những công việc không có tiền nhiệm (các hàng có giá trị 0 trong ma trận P). Nếu có nhiều lựa chọn, ưu tiên công việc có thời gian xử lý dài nhất và phù hợp với thời gian còn lại tại trạm.
2. **Cập nhật trạng thái:** Sau khi phân công công việc, chuyển sang ma trận F để xác định các công việc kế tiếp. Tiến hành cập nhật lại ma trận P để phản ánh những công đoạn mới có thể thực hiện.
3. **Lặp lại quá trình:** Tiếp tục thực hiện hai bước trên cho đến khi toàn bộ các công việc được phân bổ, đảm bảo không vượt quá thời gian chu kỳ quy định.

Phương pháp này giúp phân bổ công việc hợp lý theo quan hệ ưu tiên và giới hạn thời gian, đồng thời tính đến yếu tố ngẫu nhiên trong thời gian thao tác, phù hợp với các hệ thống sản xuất thực tế có biến động cao.

3.1.8 Một số phương pháp lean hỗ trợ cho bài toán cân bằng

Cân bằng dây chuyền sản xuất nhằm tối ưu hóa luồng công việc và giảm lãng phí, nhưng đạt được cân bằng tuyệt đối là thách thức do biến động thực tế (Hopp & Spearman, 2011) ⁽⁷⁾. Các giải pháp thường mang tính gần đúng, và dữ liệu ban đầu có thể không phản ánh chính xác điều kiện sản xuất, dẫn đến lệch pha. Trong dây chuyền thủ công, thời gian gia công biến động và ngừng máy ngoài dự đoán làm phức tạp vấn đề. Phương pháp Lean 5S (Ohno, 1988) ⁽⁸⁾ Sàng lọc (Seiri), Sắp xếp (Seiton), Sạch sẽ (Seiso), Tiêu chuẩn hóa (Seiketsu), Duy trì (Shitsuke) cung cấp khung cải tiến hiệu quả như sau:

1. Seiri (Sàng lọc): Loại bỏ công cụ, vật liệu không cần thiết tại trạm làm việc, giảm lãng phí và tối ưu không gian.
2. Seiton (Sắp xếp): Bố trí công cụ, thiết bị hợp lý để giảm di chuyển, tăng hiệu suất và ổn định thời gian gia công.
3. Seiso (Sạch sẽ): Vệ sinh, kiểm tra định kỳ để đảm bảo điều kiện làm việc tối ưu, giảm ngừng máy.
4. Seiketsu (Tiêu chuẩn hóa): Xây dựng quy trình thống nhất, giảm biến động và điểm nghẽn.
5. Shitsuke (Duy trì): Đào tạo, kiểm tra định kỳ để duy trì 5S, đảm bảo cải tiến bền vững.

Để kiểm tra hiệu quả, mô phỏng dây chuyền sau cân bằng giúp phát hiện và khắc phục điểm nghẽn trước khi triển khai thực tế. Phương pháp 5S không chỉ cải thiện cân bằng lý thuyết mà còn đảm bảo hiệu quả thực tiễn, nâng cao hiệu suất và giảm lãng phí.

3.2 Tổng quan về mô phỏng.

Mô hình hóa và mô phỏng là một phương pháp nghiên cứu khoa học quan trọng, được ứng dụng rộng rãi trong các lĩnh vực kỹ thuật, quản lý và khoa học. Phương pháp này cho phép phân tích, thiết kế và vận hành các hệ thống phức tạp thông qua việc xây dựng các mô hình đại diện và kiểm tra chúng trong môi trường ảo. Kỹ thuật mô phỏng bắt nguồn từ những năm 1940 trong Thế chiến thứ hai, khi được sử dụng để nghiên cứu các phản ứng hạt nhân phục vụ phát triển vũ khí nguyên tử (Banks et al., 2010) ⁽⁹⁾.

Một khảo sát trên 137 công ty sản xuất lớn cho thấy kỹ thuật mô phỏng là một trong những công cụ phổ biến nhất, với 84% công ty áp dụng, chỉ đứng sau phân tích thống kê (93%) (Law, 2015) ⁽¹⁰⁾.

Với sự phát triển của công nghệ máy tính và phần mềm chuyên dụng, mô phỏng ngày càng được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực. Các ứng dụng bao gồm thiết kế hệ thống sản xuất, đánh giá hệ thống dịch vụ, phân tích tài chính, tối ưu hóa giao thông và vận hành thiết bị kỹ thuật. Phương pháp này không chỉ nâng cao hiệu quả thiết kế mà còn giảm thiểu rủi ro và chi phí trong quá trình triển khai thực tế (Kelton et al., 2015) ⁽¹¹⁾.

3.2.1 Khái niệm về Mô phỏng

Mô phỏng là một kỹ thuật khoa học sử dụng các chương trình máy tính để tái hiện hoạt động của một hệ thống thực thông qua việc biểu diễn các đặc tính hệ thống bằng các biến động theo thời gian. Phương pháp này mô phỏng bản chất động của hệ thống, đặc biệt hữu ích khi các công cụ phân tích truyền thống như lý thuyết xếp hàng, quy hoạch tuyến tính, hoặc các phương pháp hoạch định khác không thể biểu diễn đầy đủ các yếu tố ngẫu nhiên hoặc phức tạp của hệ thống (Banks et al., 2010). Mô phỏng cho phép nghiên cứu và thử nghiệm hệ thống trong môi trường ảo, từ đó hỗ trợ ra quyết định và tối ưu hóa hiệu quả vận hành.

3.3.2 Định nghĩa Mô phỏng

Mô phỏng là quá trình xây dựng một mô hình toán học hoặc logic đại diện cho một hệ thống hoặc bài toán quyết định, sau đó thực hiện các thí nghiệm trên mô hình nhằm phân tích hành vi hệ thống hoặc tìm kiếm giải pháp tối ưu cho các vấn đề quản lý và vận hành (Law, 2015). Mô phỏng thường được sử dụng để mô tả các hệ thống phức tạp, nơi các yếu tố ngẫu nhiên hoặc tương tác phi tuyến tính đóng vai trò quan trọng.

3.3.3 Mục tiêu và Vai trò của Mô phỏng

Mục tiêu của Mô phỏng

Mô phỏng được triển khai nhằm đánh giá hiệu suất của một hệ thống, cải thiện hoạt động hoặc hỗ trợ thiết kế các hệ thống mới chưa được xây dựng. Đây là một trong những phương pháp hiệu quả nhất để nghiên cứu hệ thống, cho phép phân tích hành vi, đánh giá các chiến lược vận hành và dự đoán kết quả trong các kịch bản khác nhau (Kelton et al., 2015) ⁽¹¹⁾. Mô phỏng giúp các nhà quản lý và kỹ sư hiểu rõ hơn về cách hệ thống phản ứng trước các thay đổi hoặc điều kiện bất định.

Vai trò của Mô phỏng

Mô phỏng đóng vai trò cốt lõi trong việc xây dựng các mô hình số và sử dụng phương pháp số để giải quyết bài toán. Máy tính là công cụ không thể thiếu, cung cấp khả năng xử lý nhanh chóng và chính xác các mô hình phức tạp. Tuy nhiên, do tính chất gần đúng của mô phỏng, các mô hình thường được đơn giản hóa thông qua các giả thiết nhằm giảm độ phức tạp, từ đó đảm bảo tính khả thi trong ứng dụng thực tế (Banks et al., 2010) ⁽⁹⁾.

Cả lý thuyết và thực tiễn đều khẳng định rằng mô phỏng là một phương pháp mạnh mẽ để nghiên cứu các hệ thống, khám phá các quy luật tự nhiên và dự đoán hành vi. Với sự hỗ trợ của công nghệ máy tính hiện đại, các mô hình mô phỏng ngày càng chính xác, linh hoạt và sát với thực tế hơn. Điều này cho phép xử lý thông tin nhanh chóng, hỗ trợ ra quyết định hiệu quả trong các lĩnh vực như sản xuất, dịch vụ, tài chính và giao thông (Law, 2015) ⁽¹⁰⁾.

3.2.4 Một số phương pháp mô phỏng và phạm vi ứng dụng.

Mô phỏng là một công cụ đa dạng với nhiều phương pháp được thiết kế để phân tích các hệ thống khác nhau. Các phương pháp chính và phạm vi ứng dụng của chúng bao gồm như sau (Banks et al. (2010) ⁽⁹⁾):

- **Mô phỏng Liên tục (Continuous Simulation):** Được sử dụng để mô tả các hệ thống có trạng thái thay đổi liên tục theo thời gian, thường được biểu diễn bằng các hệ phương trình vi phân. Phương pháp này phù hợp cho các ứng dụng như mô phỏng dòng chảy, hệ thống cơ học, hoặc các quá trình vật lý.
- **Mô phỏng Gián đoạn (Discrete-Event Simulation):** Tập trung vào các hệ thống mà trạng thái chỉ thay đổi tại các thời điểm sự kiện cụ thể. Phương pháp này phổ biến trong phân tích hệ thống sản xuất, quản lý hàng đợi, hoặc tối ưu hóa chuỗi cung ứng.
- **Mô phỏng Hỗn hợp Liên tục-Gián đoạn (Combined Discrete-Continuous Simulation):** Kết hợp các đặc điểm của mô phỏng liên tục và gián đoạn, phù hợp cho các hệ thống phức tạp có cả yếu tố thay đổi liên tục và các sự kiện gián đoạn, chẳng hạn như các dây chuyền sản xuất tích hợp hoặc hệ thống điều khiển tự động.

- Mô phỏng Monte Carlo (Monte Carlo Simulation): Sử dụng các số ngẫu nhiên để mô phỏng các bài toán xác suất và thống kê, thường được áp dụng trong đánh giá rủi ro, phân tích tài chính, hoặc tối ưu hóa các hệ thống với nhiều biến ngẫu nhiên.

3.2.5 Mô phỏng với phần mềm Arena

3.2.5.1 Giới thiệu về Arena

Mô phỏng là quá trình tái hiện các hệ thống thực tế, trạng thái hoạt động hoặc quy trình thông qua các mô hình số. Phần mềm Arena là một công cụ mạnh mẽ, được thiết kế để mô hình hóa và phân tích các hệ thống phức tạp, hỗ trợ đánh giá tác động của các thay đổi hoặc tái thiết kế trong các lĩnh vực như chuỗi cung ứng, sản xuất, logistics, phân phối, kho bãi và dịch vụ. Với tính linh hoạt cao, Arena cho phép xây dựng các mô hình từ chi tiết đến phức tạp, đáp ứng nhu cầu phân tích ở nhiều cấp độ khác nhau.

Arena được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực, với các ứng dụng tiêu biểu bao gồm:

- Mô phỏng dây chuyền sản xuất: Xác định các điểm nghẽn, hàng đợi và tình trạng dư thừa nguồn lực để tối ưu hóa hiệu suất.
- Phân tích chuỗi cung ứng: Đánh giá toàn diện các hệ thống kho bãi, vận tải và logistics.
- Mô phỏng hệ thống dịch vụ: Phân tích quy trình phục vụ khách hàng và quản lý trải nghiệm khách hàng.
- Phân tích hệ thống sản xuất: Nghiên cứu chi tiết các thành phần, bao gồm hệ thống xử lý và vận chuyển vật liệu.
- Dự báo hiệu quả hệ thống: Đánh giá các chỉ số quan trọng như chi phí, năng suất, thời gian chu kỳ và công suất.
- Hoạch định tài nguyên: Lập kế hoạch cho nhân sự, thiết bị và nhu cầu vật tư.

Ngoài ra, Arena cung cấp một bộ công cụ toàn diện hỗ trợ mô phỏng quy mô lớn, tối ưu hóa, mô phỏng 3D và trực quan hóa dữ liệu, giúp doanh nghiệp đưa ra các quyết định chiến lược dựa trên mô hình chính xác và thực tiễn.

3.2.5.2 Năm bước tiến hành mô phỏng với Arena

Phần mềm Arena hỗ trợ mô phỏng cho nhiều lĩnh vực, từ sản xuất, dịch vụ khách hàng đến chăm sóc sức khỏe và logistics. Dù mục tiêu là phân tích chuỗi cung ứng hiện tại hay thiết kế dây chuyền sản xuất mới, Arena cung cấp một quy trình mô phỏng gồm năm bước đơn giản để đạt được kết quả tối ưu (Rockwell Automation, 2023) ⁽¹²⁾:

1. Xây dựng Mô hình Cơ bản (Develop a Basic Model):

Arena cung cấp giao diện trực quan dạng lưu đồ (flowchart), cho phép người dùng kéo và thả các module vào cửa sổ mô hình, sau đó kết nối chúng để mô tả luồng quy trình. Phương pháp này đơn giản hóa việc xây dựng mô hình mà không cần kỹ năng lập trình phức tạp.

2. Hoàn thiện Mô hình (Define the Model):

Nhập dữ liệu thực tế hoặc dữ liệu thiết kế, chẳng hạn như thời gian xử lý, yêu cầu tài nguyên, hoặc kỹ năng nhân sự, bằng cách nhấp đúp vào module và điền thông tin vào các biểu mẫu dữ liệu của Arena. Để tăng tính trực quan, người dùng có thể thay thế các biểu tượng mặc định bằng hình ảnh tùy chỉnh.

3. Thực hiện Mô phỏng (Run the Simulation):

Chạy mô phỏng để kiểm tra xem mô hình có phản ánh chính xác hệ thống thực hay không. Các tính năng hình ảnh động của Arena giúp xác định các điểm nghẽn, hàng đợi, hoặc các vấn đề khác trong hệ thống.

4. Phân tích Kết quả Mô phỏng (Evaluate Simulation Results):

Arena tự động tạo các báo cáo chi tiết về các chỉ số quan trọng như mức sử dụng tài nguyên, thời gian chờ, hoặc năng suất. Người dùng cũng có thể tích hợp các số liệu thống kê tùy chỉnh để hỗ trợ việc ra quyết định chiến lược.

5. Lựa chọn Giải pháp Tối ưu (Choose the Optimal Solution):

Thực hiện các điều chỉnh trên mô hình để kiểm tra các kịch bản khác nhau, sau đó so sánh kết quả để xác định phương án tốt nhất phù hợp với mục tiêu của hệ thống.

3.2.5.3 Các module cơ bản sử dụng trong mô hình mô phỏng với phần mềm Arena.

+ *Create Module*: dùng để tạo ra các thực thể (entity) được mô phỏng trong mô hình. Khối Create bao giờ cũng phải là khối bắt đầu của mô hình để tạo ra các entity luân chuyển trong mô hình. Các entity được tạo ra bằng cách sử dụng bảng điều độ hoặc dựa vào khoảng thời gian giữa các lần luân phiên, sau đó các entity sẽ di chuyển vào mô hình và bắt đầu các quá trình trong suốt hệ thống.

+ *Dispose module*: Module này được dùng như điểm cuối của các entity trong mô hình mô phỏng, nó cho biết các entity đã được hoàn thành trong hệ thống và đi ra khỏi hệ thống. Module này sẽ thống kê các thông số của entity và đưa vào phần báo cáo kết quả.

+ *Process module*: Dùng mô phỏng các công đoạn mà thực thể (entity) được gia công, vận chuyển v.v. Process module thường đại diện cho một công đoạn trong hệ thống hay dây chuyền được mô phỏng.

+ *Assign module*: Module này được sử dụng để gán giá trị mới cho các biến, các thuộc tính của entity, loại entity, hình ảnh cho entity, hoặc các biến khác của hệ thống. Một sự gán phức hợp có thể được thực hiện chỉ trong một Assign module.

+ *Decide module*: Module này thường dùng cho việc mô phỏng việc phân loại hay chia đường đi của entity.

+ *Batch module*: Module này dùng để mô phỏng việc kết hợp hai hay nhiều entity thành một entity trong dây chuyền. Ví dụ như việc ráp tay áo vào thân áo trong dây chuyền may áo.

+ *Separate module*: Module này dùng để mô phỏng việc tách một entity thành hai hay nhiều entity.

+ *Record module*: Đây là module được sử dụng để thu thập số liệu thống kê trong mô hình mô phỏng. Những loại khác nhau của các số liệu thống kê quan sát, bao gồm cả giữa thời gian thoát thông qua các module, số liệu thống kê entity (thời gian, chi phí, v.v..)

+ *Entity module*: Module dữ liệu này xác định các kiểu entity và hình ảnh ban đầu của chúng trong mô phỏng. Thông tin chi phí ban đầu và những chi phí nắm giữ cũng được xác định cho các entity. Hình ảnh ban đầu của các entity được xác định, có thể là một đồ họa tương ứng đại diện cho hình ảnh thông qua Edit, Entity Picture của menu. Nếu điều này không được thực hiện, các entity sẽ không được hoạt hình (animate), trong khi nó có giá trị hình ảnh đó. Nếu hình ảnh entity lại thừa nhận vào một giá trị tương ứng với một hình ảnh đồ họa (graphical image), các entity sau đó sẽ được hoạt hình.

+ *Queue module*: Module dữ liệu này có thể được sử dụng để thay đổi quy tắc thứ tự cho xếp hàng đã xác định. Mặc cho tất cả các quy tắc thứ tự xếp hàng là First inFirst out, cách khác trừ khi xác định trong module này.

+ *Resource module*: Module dữ liệu này xác định nguồn tài nguyên trong hệ thống mô phỏng, bao gồm cả thông tin chi phí và nguồn lực sẵn có. Tài nguyên có thể có một năng lực cố định (Fixed capacity) mà không thay đổi khi chạy mô phỏng hoặc có thể thay đổi dựa trên một bảng điều độ (schedule). Tài nguyên không hoạt động/làm việc và những trạng thái có thể cũng được nhắc đến trong module này để sử dụng với các quá trình nâng cao (Advanced Process) và nâng cao sự di chuyển (Advanced Transfer Panel) (không có sẵn trong bảng Arena cơ bản).

+ *Variable module*: Module dữ liệu này được sử dụng để xác định kích thước của một biến và những giá trị ban đầu. Các biến có thể được tham chiếu trong các module khác (ví dụ như: Decide module), có thể được thay một giá trị mới bởi Assign module, và có thể được sử dụng bất kì hàm nào.

+ *Schedule module*: Module dữ liệu này có thể được sử dụng kết hợp với Resource module để xác định một bản điều độ vận hành cho một nguồn lực hoặc với Create module để xác định một bảng điều độ đến. Ngoài ra, một điều độ có thể được sử dụng và tham chiếu đến yếu tố thời gian trì hoãn dựa trên thời gian mô phỏng. Khoảng thời gian (Duration) điều độ định dạng được xác định trong module này. Lịch (Calendar) điều độ được định dạng và xác định bằng cách điều độ lịch.

+ *Set module*: Module dữ liệu này định nghĩa những loại khác nhau của các tổ, bao gồm các resource, counter, tally, kiểu entity và hình ảnh entity. Những tổ tài nguyên được sử dụng trong quá trình (Nắm giữ, giải thoát, đi vào và rời khỏi của những module bảng chương trình nâng cao và bản chuyển đổi nâng cao). Những tổ Counter và Tally có thể được sử dụng trong Record module. Tổ xếp hàng có thể được sử dụng với các Size, Hold, Access, Request, Leave và Allocate module của bảng chương trình nâng cao và bảng chuyển đổi nâng cao.

Ngoài các model chính trên trong mô hình còn sử dụng nhiều model khác để làm công cụ cơ bản tạo nên mô hình.

CHƯƠNG IV. CÂN BẰNG CHUYÊN

4.1. Thông số chung của dây chuyền sản xuất

Áp dụng công thức với các giá trị đã cho ở (3. 2). Thời gian chu kỳ của mỗi trạm làm việc (cycle time - CT) được xác định như sau:

- CT: Thời gian chu kỳ, biểu thị khoảng thời gian tối đa để hoàn thành một sản phẩm tại mỗi trạm.
- T (Total working time): Tổng thời gian sản xuất khả dụng trong một ngày, được tính như sau: $T = 440 \text{ phút} \times 60 \text{ giây} = 26400 \text{ giây}$. Đây là thời gian làm việc trong ngày, tương ứng với 440 phút (hoặc 7 giờ 20 phút).
- Q (Total production amount): Tổng số sản phẩm cần sản xuất trong ngày, theo yêu cầu của khách hàng là 890 sản phẩm.

$$CT = 26\,400 / 890 \approx 29.7 \text{ giây/sản phẩm}$$

Để thuận lợi cho việc tính toán và để dự trù vào thời gian thừa ra của dây chuyền nên ta giả định $TC = 30 \text{ giây/sản phẩm}$ thay cho thời gian $TC = 29.7 \text{ giây/sản phẩm}$.

Nghĩa là nếu một sản phẩm được hoàn thành không quá 30 giây thì có thể đạt được mục tiêu sản xuất là 890 sản phẩm mỗi ngày. Như vậy chúng ta sẽ phân bổ 30 giây cho mỗi sản phẩm. Để xác định số lượng trạm làm việc tối thiểu cần thiết cho dây chuyền sản xuất theo các thông số lý thuyết, ta sử dụng công thức (3. 3) để tính số trạm tối thiểu sau:

Thay vào công thức:

$$N_{\min} = \left[\frac{890 \times 583.9}{26400} \right] \approx 19.68 \approx 20 \text{ trạm}$$

- N_{\min} : Số trạm làm việc tối thiểu, được làm tròn lên đến số nguyên gần nhất.
- Σt_i : Tổng thời gian gia công của tất cả các công việc thành phần, ở đây là 583.9 giây.
- CT: Thời gian chu kỳ, tức khoảng thời gian tối đa cho phép để hoàn thành một sản phẩm tại mỗi trạm, được xác định là 30 giây/sản phẩm.

Tiếp theo, quá trình cân bằng dây chuyền được thực hiện với số lượng trạm làm việc tối thiểu là 20 trạm, nhằm đảm bảo hiệu quả sản xuất và đáp ứng các yêu cầu về sản lượng.

Để tối ưu hóa việc vận chuyển nguyên liệu và bán thành phẩm giữa các công đoạn, dây chuyền được chia thành bốn nhóm trạm làm việc, được tổ chức như sau:

Nhóm 1: Bao gồm các công đoạn chuẩn bị ban đầu, gồm 4 công đoạn đầu tiên. Nhóm này tập trung vào các hoạt động khởi đầu của quy trình sản xuất.

Nhóm 2: Gồm các công đoạn lắp ráp động cơ, từ công đoạn 5 đến công đoạn 35. Nhóm này thực hiện các công việc lắp ráp phần lõi của sản phẩm.

Nhóm 3: Bao gồm các công đoạn lắp ráp hoàn thiện sản phẩm, từ công đoạn 37 đến công đoạn 53. Nhóm này chịu trách nhiệm việc lắp ráp sản phẩm hoàn chỉnh.

Nhóm 4: Gồm các công đoạn đóng gói sản phẩm, từ công đoạn 54 đến công đoạn 62. Nhóm này chịu trách nhiệm cho việc đóng gói vào thùng và pallet

Quá trình cân bằng dây chuyền được tiến hành theo thứ tự ưu tiên, bắt đầu từ nhóm 1, tiếp tục với nhóm 2, sau đó đến nhóm 3 và kết thúc tại nhóm 4. Việc phân bổ công việc theo trình tự này đảm bảo dòng chảy sản xuất mượt mà và hiệu quả, đồng thời giảm thiểu thời gian chờ và tắc nghẽn giữa các công đoạn.

4.2 Cân bằng dây chuyền theo phương pháp xếp theo trọng số vị trí (Ranked Positional Weight)

Dựa vào sơ đồ quan hệ tiên quyết của các công đoạn Hình 2.8 trong chương 2, ta xác định trọng số pw của từng công đoạn thành phần trong dây chuyền sản xuất thiết bị làm sạch. Theo đó ta có:

RPW:

Công đoạn 1 = 292.42

Công đoạn 2 = 258.87

Công đoạn 3 = 254.83

Công đoạn 4 = 222.75

Công đoạn 5 = 327.05

Tương tự với các công đoạn còn lại, sau khi tính toán trọng số vị trí (Rank Positional Weight - RPW) cho từng công đoạn trong dây chuyền sản xuất, ta lập được bảng trọng số của các công đoạn. Đồng thời, để hỗ trợ quá trình cân bằng dây chuyền, bảng xếp hạng theo thứ tự giảm dần của trọng số RPW cũng được xây dựng như sau:

Bảng 4. 1 Trọng số các công đoạn thành phần trong dây chuyền thiết bị làm sạch

CD	Thời gian	RPW	CD	Thời gian	RPW
1	33.6	292.4	32	2.6	210.5
2	36.9	258.9	33	4.6	207.9
3	32.1	254.8	34	5.5	203.3
4	37.0	222.8	35	5.9	197.8
5	3.7	327.0	36	6.2	192.0
6	3.3	323.4	37	13.4	222.0
7	3.1	320.1	38	9.5	208.6
8	6.8	317.0	39	5.0	199.1
9	4.6	317.0	40	2.2	194.2
10	2.2	312.4	41	24.0	185.7
11	7.0	310.2	42	2.2	161.7
12	4.6	303.2	43	28.2	159.5
13	2.2	340.3	44	17.4	131.3
14	2.2	338.1	45	3.7	113.9
15	2.9	335.9	46	14.9	110.2
16	5.7	332.9	47	4.2	95.3
17	7.2	327.3	48	4.6	91.1
18	17.6	320.1	49	16.5	86.5
19	3.9	302.5	50	5.3	70.0
20	2.2	298.7	51	1.5	64.7
21	5.3	296.5	52	2.6	63.3
22	2.9	291.1	53	1.1	60.7
23	14.7	288.2	54	4.0	59.6
24	13.2	273.5	55	3.7	55.6
25	2.6	260.3	56	20.4	51.9
26	8.4	257.8	57	18.3	31.5
27	7.2	249.3	58	16.3	68.2
28	14.9	242.2	59	18.5	78.1
29	4.2	227.3	60	4.0	59.6
30	5.5	223.1	61	5.7	13.2
31	7.2	217.6	62	7.5	7.5

Dựa trên bảng 4.1 và sơ đồ trình tự ưu tiên của dây chuyền sản xuất, Bảng 4. 2 được tạo ra bằng cách sắp xếp các công đoạn theo thứ tự giảm dần của trọng số vị trí. Trong quá trình sắp xếp này, các công đoạn được chia thành bốn nhóm trạm làm việc riêng biệt.

Cụ thể, khi tiến hành cân bằng dây chuyền, các công đoạn cũng được phân chia thành bốn nhóm trạm làm việc, tương ứng với bốn nhóm đã xác định, và được xử lý theo thứ tự từ nhóm 1 đến nhóm 4. Quá trình cân bằng được thực hiện như sau: trước tiên, hoàn thiện cân bằng cho tất cả các công đoạn thuộc nhóm 1 (nhóm chuẩn bị ban đầu), sau đó chuyển sang cân bằng các công đoạn trong nhóm 2 (nhóm lắp ráp động cơ), sau đó chuyển sang cân bằng các công đoạn trong nhóm 3 (nhóm lắp ráp hoàn thiện) và cuối cùng là cân bằng các công đoạn trong nhóm 4 (nhóm đóng gói sản phẩm).

Bảng 4. 2 Thứ tự giảm dần theo trọng số pw của các công đoạn thực hiện trong dây chuyền lắp ráp thiết bị làm sạch

CD	Thời gian	RPW	CĐT
NHÓM 1			
1	33.6	292.4	-
2	36.9	258.9	1
3	32.1	254.8	-
4	37.0	222.8	3
NHÓM 2			
13	2.2	340.3	-
14	2.2	338.1	13
15	2.9	335.9	14
16	5.7	332.9	15
17	7.2	327.3	16
5	3.7	327.0	-
6	3.3	323.4	5
18	17.6	320.1	17
7	3.1	320.1	6
8	6.8	317.0	7
9	4.6	317.0	-
10	2.2	312.4	9
11	7.0	310.2	10,8
12	4.6	303.2	11
19	3.9	302.5	18
20	2.2	298.7	12,19
21	5.3	296.5	20
22	2.9	291.1	21
23	14.7	288.2	22
24	13.2	273.5	23
25	2.6	260.3	24
26	8.4	257.8	25
27	7.2	249.3	26
28	14.9	242.2	27
29	4.2	227.3	28
30	5.5	223.1	29
31	7.2	217.6	30

CD	Thời gian	RPW	CDT
32	2.6	210.5	31
33	4.6	207.9	32
34	5.5	203.3	33
35	5.9	197.8	34
NHÓM 3			
37	13.4	222.0	2
38	9.5	208.6	37
39	5.0	199.1	38
40	2.2	194.2	39
36	6.2	192.0	35,40
41	24.0	185.7	36,4
42	2.2	161.7	41
43	28.2	159.5	42
44	17.4	131.3	43
45	3.7	113.9	44
46	14.9	110.2	45
47	4.2	95.3	46
48	4.6	91.1	47
49	16.5	86.5	48
50	5.3	70.0	49
51	1.5	64.7	50
52	2.6	63.3	51
53	1.1	60.7	52
NHÓM 4			
59	18.5	78.1	-
58	16.3	68.2	-
54	4.0	59.6	53
60	4.0	59.6	59
55	3.7	55.6	54,60
56	20.4	51.9	58,55
57	18.3	31.5	58,56
61	5.7	13.2	57
62	7.5	7.5	61

Theo dữ liệu của Bảng 4. 2, việc phân bổ các công đoạn vào các trạm trên dây chuyền lắp ráp được thực hiện với thời gian chu kỳ tối đa cho mỗi trạm làm việc là 30 giây, theo kết quả đã tính toán trước đó. Trước tiên, 4 công đoạn thuộc nhóm 1 sẽ được xem xét để phân bổ vào trạm đầu tiên của dây chuyền, ưu tiên theo thứ tự trọng số RPW từ cao đến thấp, trong đó công đoạn có RPW lớn nhất sẽ được phân bổ trước. Kết quả cho thấy các công đoạn 1, 3 có thể được phân bổ trước, với công đoạn 1 có RPW cao nhất là 292.4 nên được chọn để phân bổ vào trạm 1 đầu tiên. Sau khi phân bổ công đoạn 1 (33.6s), ta thấy thời gian còn lại tại trạm 1 đã vượt quá thời gian chu kỳ tối đa đã cho (30s) vì vậy ta tiến hành gộp 2 hoặc 3 trạm để xử lý một công đoạn hoặc hai công đoạn liên tiếp nhằm đạt kết quả tối ưu nhất.

Trong trường hợp trên ta xem xét các trường hợp gộp các trạm sau đây để đưa ra lựa chọn tốt nhất.

Bảng 4. 3 Các trường hợp gộp trạm của nhóm 1

TRƯỜNG HỢP	KHẢ NĂNG SỬ DỤNG THỜI GIAN	THỜI GIAN CÒN LẠI	SỐ TRẠM CHO 4 CÔNG ĐOẠN
2 trạm cho một công đoạn	60s	26.4s	8 trạm
		23.1s	
		27.9s	
		23s	
3 trạm cho hai công đoạn	90s	19.5s	6 trạm
		20.9s	
5 trạm cho bốn công đoạn	150s	10.4s	5 trạm

*Nhận xét: Ta thấy gộp 5 trạm cho 4 công đoạn đầu là khả thi và hiệu quả hơn so với 2 trường hợp trên giúp tiết kiệm tài nguyên và không gian dây chuyền sản xuất thời gian còn lại của nhà máy thấp nhất giúp tận dụng tối đa thời gian chu kì.

Sau khi tiến hành gộp trạm cho nhóm một ta thực hiện cho các nhóm còn lại theo thứ tự ưu tiên thì ta được bảng phân bổ các trạm trong dây chuyền lắp ráp như sau:

Bảng 4. 4 Kết quả cân bằng mô hình lắp ráp thiết bị làm sạch theo sắp xếp trọng số vị trí của các công việc

Số trạm công việc	Các công đoạn thực hiện	Trọng số (RPW)	Công đoạn ưu tiên trước đó	Thời gian gia công	Tổng thời gian tích lũy	Thời gian còn lại (đ)	CĐ sẵn sàng cân đối
Nhóm 1							
1_2_3_4_5	1	292.4	-	33.6	33.6	116.4	2,3,5,13,59,58,9
	2	258.8	1	36.9	70.5	79.5	3,5,13,59,58,37,9
	3	254.8	-	32.1	102.6	40.9	4,5,13,59,58,37,9
	4	222.75	3	37.0	139.6	10.4	5,13,59,58,37,9
Nhóm 2							
6	13	340.3	-	2.2	2.2	27.8	14,5,9,59,58,37
	14	338.1	13	2.2	4.4	25.6	15,5,9,59,58,37
	15	335.9	14	2.9	7.3	22.7	16,5,9,59,58,37
	16	332.9	15	5.7	13	17	17,5,9,59,58,37
	17	327.3	16	7.2	20.2	9.8	18,5,9,59,58,37
	5	327.0	-	3.7	23.9	6.1	6,18,9,58,59,37
	6	323.4	5	3.3	27.2	2.8	18,7,9,58,59,37
7	18	320.1	17	17.6	17.6	12.4	7,9,19,58,59,37
	7	320.1	6	3.1	20.7	9.3	8,9,19,58,59,37
	9	317.0	-	4.6	25.3	4.7	8,10,19,58,59,37
	10	312.4	9	2.2	27.5	2.5	8,19,58,59,37

Số trạm công việc	Các công đoạn thực hiện	Trọng số (RPW)	Công đoạn ưu tiên trước đó	Thời gian gia công	Tổng thời gian tích lũy	Thời gian còn lại (d)	CĐ sẵn sàng cân đối
8	8	317.0	7	6.8	6.8	23.2	11,19,58,59,37
	11	310.2	8,10	7.0	13.8	16.2	12,19,58,59,37
	12	303.2	11	4.6	18.4	11.6	19,20,58,59,37
	19	302.5	18	3.9	22.3	7.7	20,58,59,37
	20	298.7	19,12	2.2	24.5	5.5	21,58,59,37
	21	296.5	20	5.3	29.8	0.2	22,58,59,37
9-10	22	291.1	21	2.9	2.9	57.1	23,58,59,37
	23	288.2	22	14.7	17.6	42.4	24,58,59,37
	24	273.5	23	13.2	30.8	29.2	25,58,59,37
	25	260.3	24	2.6	33.4	26.6	26,58,59,37
	26	257.	25	8.4	41.8	18.2	27,58,59,37
	27	249.3	26	7.2	49	11	28,58,59,37
11	28	242.2	27	14.9	14.9	15.1	29,58,59,37
	29	227.3	28	4.2	19.1	10.9	30,58,59,37
	30	223.1	29	5.5	24.6	5.4	31,58,59,37
12	31	217.6	30	7.2	7.2	22.8	32,58,59,37
	32	210.5	31	2.6	9.8	20.2	33,58,59,37
	33	207.9	32	4.6	14.4	15.6	34,58,59,37
	34	203.3	33	5.5	19.9	10.1	35,58,59,37
	35	197.8	34	5.9	25.8	4.2	58,59,37

Số trạm công việc	Các công đoạn thực hiện	Trọng số (RPW)	Công đoạn ưu tiên trước đó	Thời gian gia công	Tổng thời gian tích lũy	Thời gian còn lại (d)	CĐ sẵn sàng cân đối
Nhóm 3							
13-14	37	222.0	2	13.4	13.4	46.6	38,58,59
	38	208.6	37	9.5	22.9	37.1	39,58,59
	39	199.1	38	5.0	27.9	32.1	40,58,59
	40	194.2	39	2.2	30.1	29.9	36,58,59
	36	192.0	35,40	6.2	35.3	24.7	41,58,59
	41	185.7	36,4	24.0	59.3	0.7	42,58,59
15-16	42	161.7	41	2.2	2.2	57.8	43,58,59
	43	159.5	42	28.2	30.4	29.6	44,68,59
	44	131.3	43	17.4	47.8	12.2	45,58,59
	45	113.9	44	3.7	51.5	8.5	46,58,59
17	46	110.2	45	14.9	14.9	15.1	47,58,59
	47	95.3	46	4.2	19.1	10.9	48,58,59
	48	91.1	47	4.6	23.7	6.3	49,58,59
18	49	86.5	48	16.5	16.5	13.5	50,58,59
	50	70.0	49	5.3	21.8	8.2	51,58,59
	51	64.7	50	1.5	23.3	6.7	52,58,59
	52	63.3	51	2.6	25.9	4.1	53,58,59
	53	60.7	52	1.1	27	3.0	54,58,59

Số trạm công việc	Các công đoạn thực hiện	Trọng số (RPW)	Công đoạn ưu tiên trước đó	Thời gian gia công	Tổng thời gian tích lũy	Thời gian còn lại	CĐ sẵn sàng cân đối
Nhóm 4							
19	59	78.1	-	18.5	18.5	11.5	54,58,60
	54	59.6	53	4.0	22.5	7.5	60,58
	60	59.6	59	4.0	26.5	3.5	55,58
20	58	68.2	-	16.3	16.3	13.7	55
	55	55.6	54,60	3.7	20	10	56
21-22	56	51.9	55,58	20.4	20.4	39.6	57
	57	31.5	56,58	18.3	38.7	21.3	61
	61	13.2	57	5.7	44.4	15.6	62
	62	7.5	61	7.5	51.9	8.1	-

Kết quả cuối cùng sau khi cân bằng dây xích cho thấy cần bố trí 22 trạm. Các hiệu suất thông số của dây chuyền được xác định như sau:

Giá trị mất cân bằng (BL):

$$BL = (n \times CT - \sum t_i) / (n \times CT) \times 100\% = (22 \times 30 - 583.9) / (22 \times 30) \times 100\% \approx 11.5\%$$

Hiệu suất giữa trạm lý thuyết (20 trạm) và số trạm cần bố trí:

$$TE = [\sum t_i / (n_{\min} \times CT)] \times 100\% = [583.9 / (20 \times 30)] \times 100\% \approx 97.3\%$$

Hiệu suất thực tế với số trạm cần bố trí (22 trạm):

$$LE = [\sum t_i / (n \times CT)] \times 100\% = [583.9 / (22 \times 30)] \times 100\% \approx 88.5\%$$

4.3 Cân bằng dây chuyền theo phương pháp thời gian gia công dài nhất (Longest Operation Time - LOT)

Dựa trên sơ đồ quy trình thực hiện ở Hình 2.8 và bảng thời gian gia công của từng công đoạn Bảng 2.3 được trình bày trong chương 2, ta thu được Bảng 4. 5, trong đó các công đoạn được sắp xếp theo thứ tự giảm dần dựa trên thời gian thực hiện, như sau:

Bảng 4. 5 Sắp xếp theo thứ tự giảm dần thời gian thực hiện các công đoạn trong từng nhóm

CĐ	Thời gian	CĐ	Thời gian
Nhóm 1		10	2.2
4	37.0	13	2.2
2	36.9	14	2.2
1	33.6	20	2.2
3	32.1	Nhóm 3	
Nhóm 2		43	28.2
18	17.6	41	24.0
28	14.9	44	17.4
23	14.7	49	16.5
24	13.2	46	14.9
26	8.4	37	13.4
17	7.2	38	9.5
27	7.2	36	6.2
31	7.2	50	5.3
11	7.0	39	5.0
8	6.8	48	4.6
35	5.9	47	4.2
16	5.7	45	3.7
30	5.5	52	2.6
34	5.5	40	2.2
21	5.3	42	2.2
9	4.6	51	1.5
12	4.6	53	1.1
33	4.6	Nhóm 4	
29	4.2	56	20.4
19	3.9	59	18.5
5	3.7	57	18.3
6	3.3	58	16.3
7	3.1	62	7.5
15	2.9	61	5.7
22	2.9	54	4.0
32	2.6	60	4.0
25	2.6	55	3.7

Ta dựa vào Bảng 4. 5 và sơ đồ quan hệ ưu tiên tiến hành phân bổ các công đoạn vào các trạm làm việc theo từng nhóm trạm, với thời gian chu kỳ dành cho mỗi trạm là 30 giây như đã tính. Như phần trình bày Bảng 4. 3 việc phân bổ 4 công đoạn đầu tiên cho 5 trạm là tối ưu nhất nên ta chuyển sang phân bổ vào nhóm 2. Ta xem xét các công đoạn có thể phân bổ trong trạm 6 của nhóm 2 là công đoạn 5, 13, 9. Trong các công đoạn này ta thấy công đoạn 9 là công đoạn có thời gian thực hiện là 4.6 giây < 30 giây và có thời gian còn lại là 25.4 giây, ta tiếp tục xem xét các công đoạn có thể phân bổ là 5,13,10. Công đoạn 5 là công đoạn có thời gian thực hiện là 3.7 giây là công đoạn có thời gian thực hiện lớn nhất trong các công đoạn trên nên t phân bổ công đoạn 5 vào vào trạm 6 và thời gian còn lại là 21.7 giây. Tiếp tục xem xét các công đoạn có thể phân bổ là 13,10,6. Ta thấy công đoạn 6 (3.3s) có thời gian lớn nhất nên ta tiếp tục phân bổ vào trạm 6 và thời gian còn lại là 18.4 giây. Ta tiến hành xem xét các công đoạn như trên và được các công đoạn 7 (3.1s), 8 (6.8s), 10 (2.2s), 13 (2.2s), 14 (2.2s), thời gian còn lại 1.9 giây và các công đoạn có thể thực hiện 15, 11 không có thời gian nhỏ hơn nên ta chuyển sang phân bổ vào trạm thứ 7. Tiếp tục thực hiện như thế ta phân bổ hết các công đoạn trong nhóm 2 vào các trạm và sau đó là các công đoạn của nhóm 3 và nhóm 4. Bảng 4. 6 thể hiện kết quả phân bổ các trạm công việc như sau.

Bảng 4. 6 Kết quả cân bằng mô hình lắp ráp thiết bị làm sạch theo phương pháp thời gian gia công dài nhất

TRẠM	CÔNG ĐOẠN	THỜI GIAN THỰC HIỆN	THỜI GIAN CÒN LẠI	CÔNG ĐOẠN SẢN SÀNG
Nhóm 1				
1-5	1	33.6	116.4	3,2
	2	36.9	79.5	3, (37)
	3	32.1	47.4	4
	4	37.0	10.4	-
Nhóm 2				
6	9	4.6	25.4	5,13,10
	5	3.7	21.7	6,13,10
	6	3.3	18.4	7,13,10
	7	3.1	15.3	8,13,10
	8	6.8	8.5	10,13
	10	2.2	6.3	11,13
	13	2.2	4.1	11,14
	14	2.2	1.9	11,15

TRẠM	CÔNG ĐOẠN	THỜI GIAN THỰC HIỆN	THỜI GIAN CÒN LẠI	CÔNG ĐOẠN SẴN SÀNG
7	11	7.0	23.0	12,15
	12	4.6	18.4	15
	15	2.9	15.5	16
	16	5.7	9.8	17
	17	7.2	2.6	18
8	18	17.6	12.4	19
	19	3.9	8.5	20
	20	2.2	6.3	21
	21	5.3	1.0	22
9-10	22	2.9	57.1	23
	23	14.7	42.4	24
	24	13.2	29.2	25
	25	2.6	26.6	26
	26	8.4	18.2	27
	27	7.2	11	28
11	28	14.9	15.1	29
	29	4.2	10.9	30
	30	5.5	5.4	31
12	31	7.2	22.8	32
	32	2.6	20.2	33
	33	4.6	15.6	34
	34	5.5	10.1	35
	35	5.9	4.2	37

TRẠM	CÔNG ĐOẠN	THỜI GIAN THỰC HIỆN	THỜI GIAN CÒN LẠI	CÔNG ĐOẠN SẢN SÀNG
Nhóm 3				
13	37	13.4	16.6	38
	38	9.5	7.1	39
	39	5.0	2.1	40
14-15	40	2.2	57.8	36
	36	6.2	51.6	41
	41	24.0	27.6	42
	42	2.2	25.4	43
16	43	28.2	1.8	44
17	44	17.4	12.6	45
	45	3.7	8.9	46
18	46	14.9	15.1	47
	47	4.2	10.9	48
	48	4.6	6.3	49
19	49	16.5	13.5	50
	50	5.3	8.2	51
	51	1.5	6.7	52
	52	2.6	4.1	53
	53	1.1	3.0	54

TRẠM	CÔNG ĐOẠN	THỜI GIAN THỰC HIỆN	THỜI GIAN CÒN LẠI	CÔNG ĐOẠN SẴN SÀNG
Nhóm 4				
20-21	59	18.5	41.5	54,60,58
	58	16.3	25.2	54,60
	54	4.0	21.2	60
	60	4.0	17.2	55
	55	3.7	13.5	56
22	56	20.4	9.6	57
23	57	18.3	11.7	61
	61	5.7	6	62
24	62	7.5	22.5	-

Kết quả cân bằng dây chuyền lắp ráp thiết bị làm sạch theo phương pháp thời gian gia công dài nhất cho thấy cần 24 trạm. Các thông số hiệu suất của dây chuyền được xác định như sau:

Giá trị mất cân bằng (BL):

$$BL = (n \times CT - \sum t_i) / (n \times CT) \times 100\% = (24 \times 30 - 583.9) / (24 \times 30) \times 100\% \approx 18.9\%$$

Hiệu suất thực tế với số trạm cần bố trí (22 trạm):

$$LE = [\sum t_i / (n \times CT)] \times 100\% = [583.9 / (24 \times 30)] \times 100\% \approx 81.1\%$$

4.4 Cân bằng chuyền theo phương pháp giải quyết số lượng công việc tiếp theo lớn nhất (Số lượng nhiệm vụ theo dõi lớn nhất - LNFT)

Để tiến hành lựa chọn các công đoạn phù hợp cho việc phân bổ vào các trạm trong dây chuyền sản xuất một cách hiệu quả, trước tiên cần xác định số lượng nhiệm vụ đi sau của từng công đoạn trong dây chuyền. Dựa trên sơ đồ biểu diễn mối quan hệ ưu tiên và các ràng buộc trước-sau, ta xây dựng được Bảng 4. 7, trong đó thống kê chi tiết số lượng nhiệm vụ đi sau tương ứng với từng công đoạn trong dây chuyền.

Bảng 4. 7 Thông kê số công đoạn đi sau của từng công đoạn trong dây chuyền

Công đoạn	Công đoạn theo sau	Số công đoạn theo sau
Nhóm 1		
1	2,37,38,39,40,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	25
2	37,38,39,40,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	24
3	4,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	20
4	41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	19
Nhóm 2		
13	14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	42
5	6,7,8,11,12,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	41
14	15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	41
6	7,8,11,12,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	40
15	16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	40
9	10,11,12,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	39
7	8,11,12,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	39

Công đoạn	Công đoạn theo sau	Số công đoạn theo sau
16	17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	39
8	11,12,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	38
10	11,12,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	38
17	18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	38
18	19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	37
11	12,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	37
12	20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	36
19	20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	36
20	21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	35
21	22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	34
22	23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	33

Công đoạn	Công đoạn theo sau	Số công đoạn theo sau
23	24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	32
24	25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	31
25	26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	30
26	27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	29
27	28,29,30,31,32,33,34,35,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	28
28	29,30,31,32,33,34,35,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	27
29	30,31,32,33,34,35,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	26
30	31,32,33,34,35,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	25
31	32,33,34,35,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	24
32	33,34,35,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	23
33	34,35,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	22
34	35,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	21
35	36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	20
Nhóm 3		
37	38,39,40,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	23
38	39,40,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	22
39	40,36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	21

Công đoạn	Công đoạn theo sau	Số công đoạn theo sau
40	36,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	20
36	41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	19
41	42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	18
42	43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	17
43	44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	16
44	45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	15
45	46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	14
46	47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	13
47	48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	12
48	49,50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	11
49	50,51,52,53,54,55,56,57,61,62	10
50	51,52,53,54,55,56,57,61,62	9
51	52,53,54,55,56,57,61,62	8
52	53,54,55,56,57,61,62	7
53	54,55,56,57,61,62	6
Nhóm 4		
54	55,56,57,61,62	5
55	56,57,61,62	4
56	57,61,62	3
57	61,62	2
58	56,57,61,62	4
59	60,55,56,57,61,62	6
60	55,56,57,61,62	5
61	62	1
62	-	-

Ta dựa vào bảng trên và sơ đồ quan hệ ưu tiên Hình 2.8 tiến hành phân bổ các công đoạn vào các trạm làm việc theo từng nhóm trạm, với thời gian chu kỳ dành cho mỗi trạm là 30 giây như đã tính. Như phần trình bày tại Bảng 4. 3 việc phân bổ 4 công đoạn đầu tiên cho 5 trạm là tối ưu nhất nên ta chuyển sang phân bổ vào nhóm 2. Ta bắt đầu với các công đoạn trong nhóm 2, ta có các công đoạn đã sẵn sàng cân đối là công đoạn 5, 9, 13. Trong đó ta thấy công đoạn 13 là công đoạn có số nhiệm theo sau nhiều nhất (42 công đoạn) nên ta ưu tiên phân bổ công đoạn 13 vào trạm 6 trước tiên, tiếp đến ta thấy công đoạn 5 là công đoạn có thể phân bổ vào trạm 1 nên ta tiếp tục ưu tiên cho 2 công đoạn này. Tiếp theo ta phân bổ các công đoạn theo điều kiện trước sau và số công đoạn theo sau nhiều nhất ta sẽ được trạm 6 gồm các công đoạn sau: 13 (42 công đoạn), 5 (41 công đoạn), 14 (41 công đoạn), 6 (40 công đoạn), 15 (40 công đoạn), 9 (39 công đoạn), 7 (39 công đoạn), 16 (39 công đoạn), 10 (38 công đoạn). Ta còn thời gian còn lại là 0.1 giây. Sau đó ta tiến hành làm như vậy cho đến hết các trạm của nhóm 2, tiếp tục chuyển sang nhóm 3 và cuối cùng là nhóm 4. Ta có kết quả trong Bảng 4. 8 sau:

Bảng 4. 8 Kết quả cân bằng mô hình lắp ráp thiết bị làm sạch theo phương pháp giải quyết số lượng công việc tiếp theo nhiều nhất

Trạm	Công đoạn thực hiện	Thời gian gia công	Thời gian còn lại (đ)	Công đoạn sẵn sàng cân đối
Nhóm 1				
1-5	1	33.6	116.4	2,3
	2	36.9	79.5	3, (37)
	3	32.1	47.4	4
	4	37.0	10.4	(41)
Nhóm 2				
6	13	2.2	27.8	5,9,14
	5	3.7	24.1	6,9,14
	14	2.2	21.9	6,9,15
	6	3.3	18.6	7,9,15
	15	2.9	15.7	7,9,16
	9	4.6	11.1	7,10,16
	7	3.1	8	8,10,16
	16	5.7	2.3	8,10,17
	10	2.2	0.1	11,17

Trạm	Công đoạn thực hiện	Thời gian gia công	Thời gian còn lại (đ)	Công đoạn sẵn sàng cân đối
7-8	17	7.2	52.8	11,18
	11	7.0	45.8	12,18
	18	17.6	28.2	12,19
	12	4.6	23.6	19
	19	3.9	19.7	20
	20	2.2	17.5	21
	21	5.3	12.2	22
	22	2.9	9.3	23
9	23	14.7	15.3	24
	24	13.2	2.1	25
10-11	25	2.6	57.4	26
	26	8.4	49	27
	27	7.2	41.8	28
	28	14.9	26.9	29
	29	4.2	22.7	30
	30	5.5	17.2	31
	31	7.2	10	32
	32	2.6	7.4	33
12	33	4.6	2.8	34
	34	5.5	24.5	35
	35	5.9	18.6	37
Nhóm 3				
13	37	13.4	16.6	38
	38	9.5	7.1	39
	39	5.0	2.1	40

Trạm	Công đoạn thực hiện	Thời gian gia công	Thời gian còn lại (đ)	Công đoạn sẵn sàng cân đối
14	40	2.2	27.8	36
	36	6.2	21.6	41
15	41	24.0	6	42
	42	2.2	3.8	43
16	43	28.2	1.8	44
17	44	17.4	12.6	45
	45	3.7	8.9	46
18	46	14.9	15.1	46
	47	4.2	10.9	48
	48	4.6	6.3	49
19	49	16.5	13.5	50
	50	5.3	8.2	51
	51	1.5	6.7	52
	52	2.6	4.1	53
	53	1.1	3	54,59,58
Nhóm 4				
20	59	18.5	11.5	54,58,60
	54	4.0	7.5	55,58,60
	60	4.0	3.5	55,58
21	55	3.7	26.3	58
	58	16.3	10	56
22	56	20.4	9.6	57
23	57	18.3	11.7	61
	61	5.7	6	62
24	62	7.5	22.5	-

Kết quả cân bằng dây chuyền lắp ráp thiết bị làm sạch theo phương pháp giải quyết số lượng công việc tiếp theo lớn nhất (Số lượng nhiệm vụ theo dõi lớn nhất – LNFT) cho thấy cần 24 trạm. Các thông số hiệu suất của dây chuyền được xác định như sau:

Giá trị mất cân bằng (BL):

$$BL = (n \times CT - \sum t_i) / (n \times CT) \times 100\% = (24 \times 30 - 583.9) / (24 \times 30) \times 100\% \approx 18.9\%$$

Hiệu suất thực tế với số trạm cần bố trí (24 trạm):

$$LE = [\sum t_i / (n \times CT)] \times 100\% = [583.9 / (24 \times 30)] \times 100\% \approx 81.1\%$$

4.5 Cân bằng chuyền theo phương pháp xác suất

Để thực hiện cân bằng dây chuyền theo phương pháp này, bước đầu tiên là xác định hai ma trận quan trọng, bao gồm ma trận P và ma trận F, dựa trên sơ đồ ưu tiên. Ma trận P biểu thị các công đoạn tiền nhiệm (ưu tiên trước đó), trong khi ma trận F thể hiện các công đoạn kế nhiệm (theo sau) của mỗi công đoạn.

Như công đoạn 1 không có công đoạn ưu tiên trước đó và công đoạn theo sau là công đoạn 2 nên ta có:

Ma trận P là: 0 0 0

Ma trận F là: 2 0 0

Công đoạn 2 có công đoạn ưu tiên trước đó là 1 và công đoạn theo sau là công đoạn 37 nên ta có:

Ma trận P là: 1 0 0

Ma trận F là: 37 0 0

Tiếp tục như thế ta có của dây chuyền lắp ráp như sau:

thể hiện ma trận P và ma trận F của dây chuyền lắp ráp như sau:

Bảng 4. 9 Tổng hợp thời gian gia công và mối quan hệ tiền nhiệm - kế nhiệm của các công đoạn trong dây chuyền

Công đoạn	Công đoạn trước	Thời gian	P (Tiền nhiệm)	F (Theo sau)
Nhóm 1				
1	-	33.6	0 0 0	2 0 0
2	1	36.9	1 0 0	37 0 0
3	-	32.1	0 0 0	4 0 0
4	3	37.0	3 0 0	41 0 0
Nhóm 2				
5	-	3.7	0 0 0	6 0 0
6	5	3.3	5 0 0	7 0 0
7	6	3.1	6 0 0	8 0 0
8	7	6.8	7 0 0	11 0 0
9	-	4.6	0 0 0	10 0 0
10	9	2.2	9 0 0	11 0 0
11	10,8	7.0	8 1 0 0	12 0 0
12	11	4.6	11 0 0	20 0 0
13	-	2.2	0 0 0	14 0 0
14	13	2.2	13 0 0	15 0 0
15	14	2.9	14 0 0	16 0 0
16	15	5.7	15 0 0	17 0 0
17	16	7.2	16 0 0	18 0 0
18	17	17.6	17 0 0	19 0 0
19	18	3.9	18 0 0	20 0 0
20	12,19	2.2	12 2 0 0	21 0 0
21	20	5.3	20 0 0	22 0 0
22	21	2.9	21 0 0	23 0 0
23	22	14.7	22 0 0	24 0 0
24	23	13.2	23 0 0	25 0 0
25	24	2.6	24 0 0	26 0 0
26	25	8.4	25 0 0	27 0 0
27	26	7.2	26 0 0	28 0 0
28	27	14.9	27 0 0	29 0 0
29	28	4.2	28 0 0	30 0 0
30	29	5.5	29 0 0	31 0 0
31	30	7.2	30 0 0	32 0 0

Công đoạn	Công đoạn trước	Thời gian	P (Tiền nhiệm)	F (Theo sau)
32	31	2.6	31 0 0	33 0 0
33	32	4.6	32 0 0	34 0 0
34	33	5.5	33 0 0	35 0 0
35	34	5.9	34 0 0	36 0 0
Nhóm3				
36	35,40	6.2	35 40 0	41 0 0
37	2	13.4	2 0 0	38 0 0
38	37	9.5	37 0 0	39 0 0
39	38	5.0	38 0 0	40 0 0
40	39	2.2	39 0 0	36 0 0
41	36,4	24.0	4 36 0	42 0 0
42	41	2.2	41 0 0	43 0 0
43	42	28.2	42 0 0	44 0 0
44	43	17.4	43 0 0	45 0 0
45	44	3.6	44 0 0	46 0 0
46	45	14.9	45 0 0	47 0 0
47	46	4.2	46 0 0	48 0 0
48	47	4.6	47 0 0	49 0 0
49	48	16.5	48 0 0	50 0 0
50	49	5.3	49 0 0	51 0 0
51	50	1.5	50 0 0	52 0 0
52	51	2.6	51 0 0	53 0 0
53	52	1.1	52 0 0	54 0 0
Nhóm 4				
54	53	4.0	53 0 0	55 0 0
55	54,60	3.7	54 60 0	56 0 0
56	58,55	20.4	55 58 0	57 0 0
57	58,56	18.3	56 58 0	61 0 0
58	-	16.3	0 0 0	56 57 0
59	-	18.5	0 0 0	60 0 0
60	59	4.0	59 0 0	55 0 0
61	57	5.7	57 0 0	62 0 0
62	61	7.5	61 0 0	0 0 0

Dựa trên kết quả từ Bảng 4. 9 và sơ đồ ưu tiên, ta tiến hành phân bổ các công đoạn vào các trạm trên dây chuyền sản xuất. Đối với các công đoạn thuộc nhóm 1, ta giữ nguyên cách sắp xếp vào 5 trạm như các phương pháp đã áp dụng trước đó. Tiếp theo, ta thực hiện phân bổ các công đoạn trong nhóm 2.

Trước tiên, ta xem xét các công đoạn trong ma trận P có giá trị bằng 0, tức là các công đoạn không có tiền nhiệm, và xác định các công đoạn có thể phân bổ là công đoạn 5, 9 và 13. Trong số này, công đoạn 9 (4.6 giây) có thời gian gia công lớn nhất, do đó ta ưu tiên phân bổ công đoạn 9 vào trạm 6. Sau khi xếp công đoạn 9 vào trạm 6, thời gian còn lại của trạm là 25.4 giây. Tiếp theo, ta kiểm tra ma trận F tại dòng của công đoạn 9 và thấy công đoạn 10 (2.2 giây) là công đoạn kế nhiệm có thể phân bổ. Vì vậy, ta xếp công đoạn 10 vào trạm 6, khiến thời gian còn lại của trạm 6 giảm xuống 23.2 giây. Sau đó, ta tiếp tục xem xét ma trận F của công đoạn 10 và nhận thấy công đoạn 11 là công đoạn kế nhiệm tiếp theo. Tuy nhiên, công đoạn 11 chưa sẵn sàng để phân bổ, nên ta quay lại ma trận P để tìm các công đoạn có giá trị bằng 0, tức là các công đoạn 5 và 13. Trong hai công đoạn này, công đoạn 5 có thời gian gia công lớn nhất, nên ta phân bổ công đoạn 5 vào trạm 6, làm thời gian còn lại của trạm 6 giảm xuống 19.5 giây. Tiếp tục kiểm tra ma trận F của công đoạn 5, ta thấy công đoạn kế nhiệm là công đoạn 6 (3.3 giây) thỏa mãn điều kiện, nên ta xếp công đoạn 6 vào trạm 6. Sau đó, xem ma trận F của công đoạn 6, ta nhận thấy công đoạn 7 (3.1 giây) là công đoạn kế nhiệm và cũng thỏa mãn điều kiện, nên ta tiếp tục phân bổ công đoạn 7 vào trạm 6. Tiếp theo, kiểm tra ma trận F của công đoạn 7, ta thấy công đoạn 8 (6.8 giây) là công đoạn kế nhiệm và đáp ứng các yêu cầu. Theo quy tắc, công đoạn 11 là công đoạn tiếp theo cần phân bổ sau công đoạn 8. Tuy nhiên, thời gian gia công của công đoạn 11 (7.0 giây) vượt quá thời gian còn lại của trạm 6 (6.3 giây), nên ta quay lại ma trận P và xem xét các công đoạn còn lại. Lúc này, công đoạn 13 (2.2 giây) phù hợp với thời gian còn lại của trạm 6, nên ta phân bổ công đoạn 13 vào trạm 6, khiến thời gian còn lại của trạm 6 là 4.1 giây. Kiểm tra ma trận F của công đoạn 13, ta thấy công đoạn 14 (2.2 giây) có thời gian phù hợp với thời gian còn lại của trạm 6, nên ta xếp công đoạn 14 vào trạm 6. Lúc này, thời gian còn lại của trạm 6 là 1.9 giây. Do không còn công đoạn nào có thời gian gia công nhỏ hơn 1.9 giây để phân bổ, ta chuyển sang trạm 7.

Tương tự như trạm 6, tại trạm 7, ta bắt đầu với các công đoạn có thể phân bổ và ưu tiên công đoạn có thời gian gia công lớn nhất. Theo đó, các công đoạn được phân bổ vào trạm 7 lần lượt là công đoạn 11, 12, 15, 16 và 17. Quá trình phân bổ được tiếp tục theo cách tương tự cho đến khi công đoạn cuối cùng của dây chuyền được xếp vào trạm cuối cùng. Kết quả của quá trình phân bổ này được trình bày chi tiết trong Bảng 4. 10 dưới đây:

Bảng 4. 10 Sắp xếp trạm theo phương pháp xác suất

Trạm	Các công đoạn	Thời gian gia công	Thời gian tích lũy	Thời gian còn lại
Nhóm 1				
1-5	1	33.6	33.6	116.4
	2	36.9	70.5	79.5
	3	32.1	102.6	47.4
	4	37.0	139.6	10.4
Nhóm 2				
6	9	4.6	4.6	25.4
	10	2.2	6.8	23.2
	5	3.7	10.5	19.5
	6	3.3	13.8	16.2
	7	3.1	16.9	13.1
	8	6.8	23.7	6.3
	13	2.2	25.9	4.1
	14	2.2	28.1	1.9
7	11	7	7	23
	12	4.6	11.6	18.4
	15	2.9	14.5	15.5
	16	5.7	20.2	9.8
	17	7.2	27.4	2.6
8	18	17.6	17.6	12.4
	19	3.9	21.5	8.5
	20	2.2	23.7	6.3
	21	5.3	29	1

Trạm	Các công đoạn	Thời gian gia công	Thời gian tích lũy	Thời gian còn lại
9-10	22	2.9	2.9	57.1
	23	14.7	17.6	42.4
	24	13.2	30.8	29.2
	25	2.6	33.4	26.6
	26	8.4	41.8	18.2
	27	7.2	49	11
11	28	14.9	14.9	15.1
	29	4.2	19.1	10.9
	30	5.5	24.6	5.4
12	31	7.2	7.2	22.8
	32	2.6	9.8	20.2
	33	4.6	14.4	15.6
	34	5.5	19.9	10.1
	35	5.9	25.8	4.2
Nhóm 3				
13	37	13.4	13.4	16.6
	38	9.5	22.9	7.1
	39	5	27.9	2.1
14	40	2.2	2.2	27.8
	36	6.2	8.4	21.6
15	41	24	24	6
	42	2.2	26.2	3.8
16	43	28.2	28.2	1.8
17	44	17.4	17.4	12.6
	45	3.7	21.1	8.9

Trạm	Các công đoạn	Thời gian gia công	Thời gian tích lũy	Thời gian còn lại
18	46	14.9	14.9	15.1
	47	4.2	19.1	10.9
	48	4.6	23.7	6.3
19	49	16.5	16.5	13.5
	50	5.3	21.8	8.2
	51	1.5	23.3	6.7
	52	2.6	25.9	4.1
	53	1.1	27	3
Nhóm 4				
20	59	18.5	18.5	11.5
	60	4	22.5	7.5
	54	4	26.5	3.5
21	58	16.3	16.3	13.7
	55	3.7	20	10
22	56	20.4	20.4	9.6
23	57	18.3	18.3	11.7
	61	5.7	24	6
24	62	7.5	7.5	22.5

Kết quả cân bằng dây chuyền lắp ráp thiết bị làm sạch theo phương pháp xác cho thấy cần 24 trạm. Các thông số hiệu suất của dây chuyền được xác định như sau:

Giá trị mất cân bằng (BL):

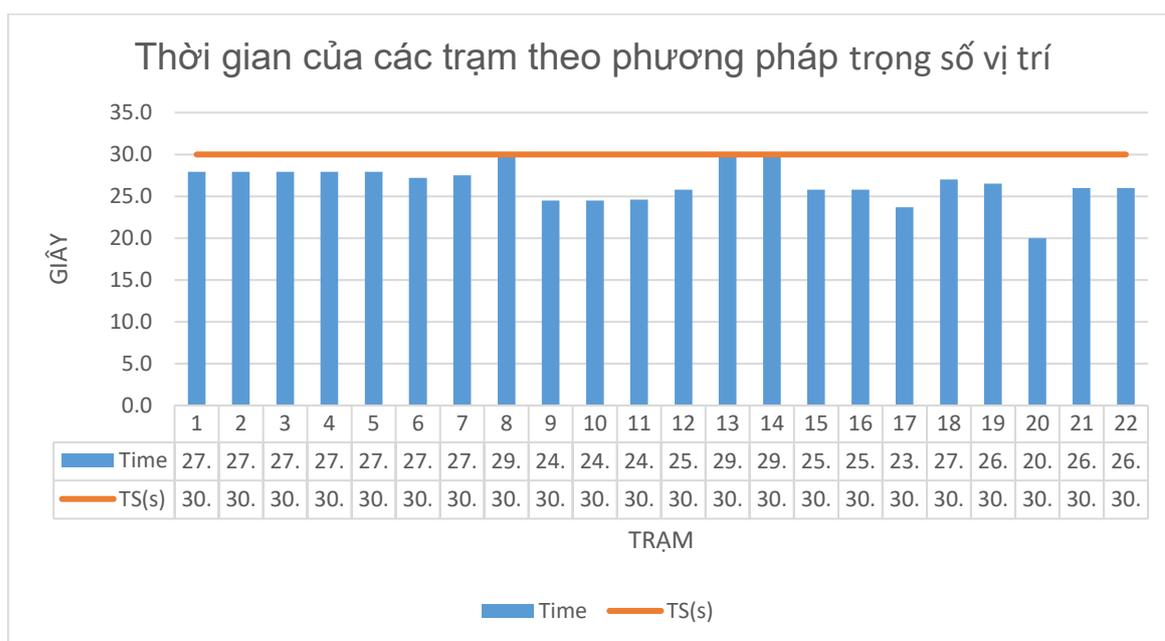
$$BL = (n \times CT - \sum t_i) / (n \times CT) \times 100\% = (24 \times 30 - 583.9) / (24 \times 30) \times 100\% \approx 18.9\%$$

Hiệu suất thực tế với số trạm cân bố trí (24 trạm):

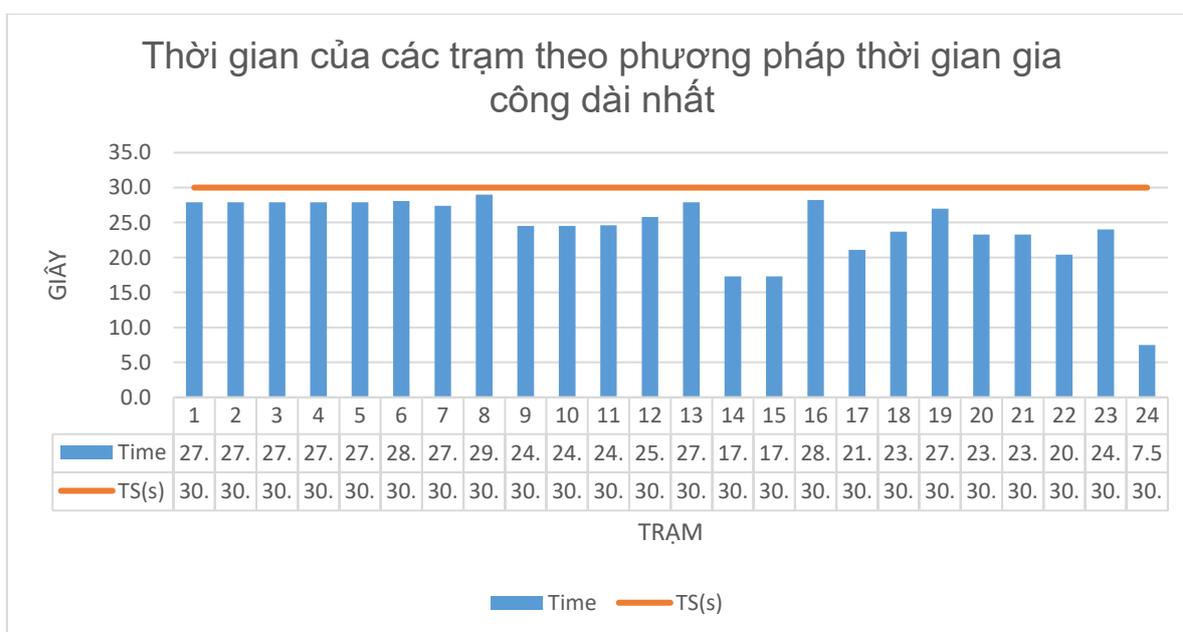
$$LE = [\sum t_i / (n \times CT)] \times 100\% = [583.9 / (24 \times 30)] \times 100\% \approx 81.1\%$$

4.6 Kết quả cân bằng chuyên

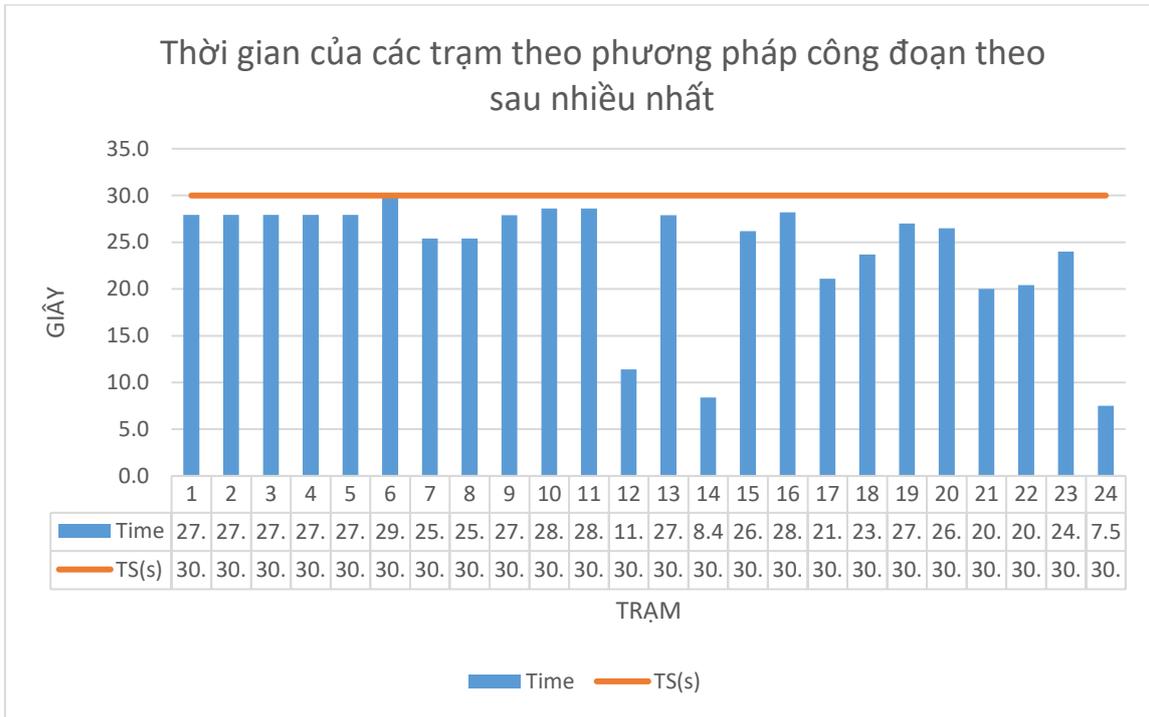
Sau khi áp dụng bốn phương pháp cân bằng dây chuyền sản xuất máy phun nước áp lực cao K2 SILENT UM*JP, các biểu đồ dưới đây minh họa so sánh hiệu quả giữa các phương pháp, bao gồm phân loại theo số vị trí, thời gian gia công dài nhất, công đoạn theo sau nhiều nhất và xác suất:



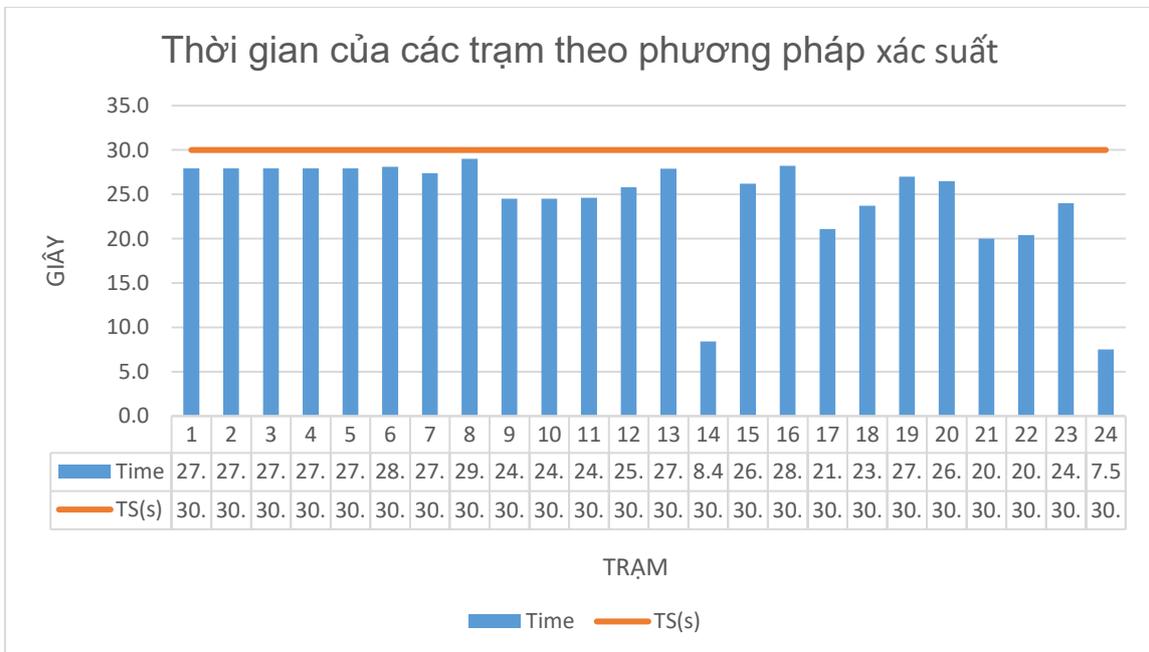
Hình 4. 1 Thời gian làm việc của các trạm theo phương pháp trọng số vị trí



Hình 4. 2 Thời gian làm việc của các trạm theo phương pháp thời gian gia công dài nhất



Hình 4. 3 Thời gian làm việc của các trạm theo phương pháp công đoạn theo sau nhiều nhất



Hình 4. 4 Thời gian của các trạm theo phương pháp xác suất

Qua sơ đồ của bốn phương pháp trên ta có thể thấy toàn bộ các trạm sản xuất đều nằm trong giới hạn kiểm soát, thời gian chờ được phân bố đồng đều hơn, dao động ít hơn so với việc phân chia các trạm như lúc ban đầu. Vì vậy cả bốn phương pháp đều có thể sử dụng để cải tiến.

Để xác định phương án bố trí tối ưu trước khi thực hiện phân bố thực tế, cần tiến hành so sánh kết quả cân bằng giữa bốn phương pháp khác nhau và lựa chọn phương án đạt hiệu suất hoạt động cao nhất. Dưới đây là bảng thể hiện kết quả so sánh về mức độ hiệu quả của dây chuyên lắp ráp thiết bị làm sạch dựa trên bốn phương pháp đã được trình bày:

Bảng 4. 11 Bảng so sánh giữa 4 phương pháp

Phương pháp	Số trạm	Hiệu suất dây chuyên trên lý thuyết (%)	Hiệu suất dây chuyên thực tế (%)	Giá trị mất cân bằng (%)
Phương pháp trọng số vị trí	n= 22	97.3	88.5	11.5
Phương pháp thời gian gia công dài nhất	n=24		81.1	18.9
Phương pháp công đoạn theo sau nhiều nhất	n=24		81.1	18.9
Phương pháp xác suất	n=24		81.1	18.9

***Nhận xét:** Qua bảng so sánh kết quả cân bằng dây chuyên theo các phương pháp khác nhau, có thể nhận thấy rằng phương pháp xếp theo trọng số vị trí (RPW) thể hiện hiệu quả vượt trội hơn hẳn so với ba phương pháp còn lại (LOT, LNFT, Xác suất). Cụ thể, phương pháp RPW đạt được hiệu suất thực tế lên đến 88,5%, cao nhất trong các phương án được phân tích. Đồng thời, mức tổn thất do mất cân bằng chỉ ở mức 11,5%, thấp nhất so với các phương pháp còn lại. Đặc biệt, RPW cũng giúp tối ưu hóa số lượng trạm làm việc, khi chỉ cần 22 trạm để hoàn thành toàn bộ các công việc, thấp hơn từ 1 đến 2 trạm so với các phương pháp khác (vốn yêu cầu 23 hoặc 24 trạm).

Việc sử dụng phương pháp RPW cho thấy khả năng phân bố công việc hợp lý hơn, đảm bảo các trạm làm việc được tận dụng tối ưu, giảm thời gian chết và đảm bảo tính liên tục trong dòng chảy sản xuất. Điều này đặc biệt quan trọng đối với một dây chuyền có quy mô lớn và nhiều công đoạn như trong sản phẩm K2 Silent UM*JP, nơi sự mất cân bằng dù nhỏ cũng có thể ảnh hưởng lớn đến tổng năng suất của dây chuyền.

Từ các chỉ số định lượng thu được cũng như phân tích định tính về mức độ phù hợp của từng phương pháp, có thể kết luận rằng phương pháp xếp theo trọng số vị trí (RPW) là phương án tối ưu nhất đối với dây chuyền sản xuất được nghiên cứu trong đề tài.

Phương pháp này không những mang lại hiệu suất cao, giảm lãng phí mà còn có tính khả thi cao khi áp dụng vào thực tế sản xuất tại doanh nghiệp, góp phần nâng cao năng lực cạnh tranh và hiệu quả vận hành của hệ thống.

CHƯƠNG V: MÔ PHỎNG ARENA

5.1 Mục tiêu mô phỏng và dữ liệu đầu vào

5.1.1 Mục tiêu mô phỏng

Mục tiêu của mô phỏng trong chương này là đánh giá và phân tích hiệu quả của phương án bố trí dây chuyền sản xuất sau khi đã được cân bằng theo phương pháp tính toán tại chương IV. Cụ thể, mô phỏng sẽ giúp:

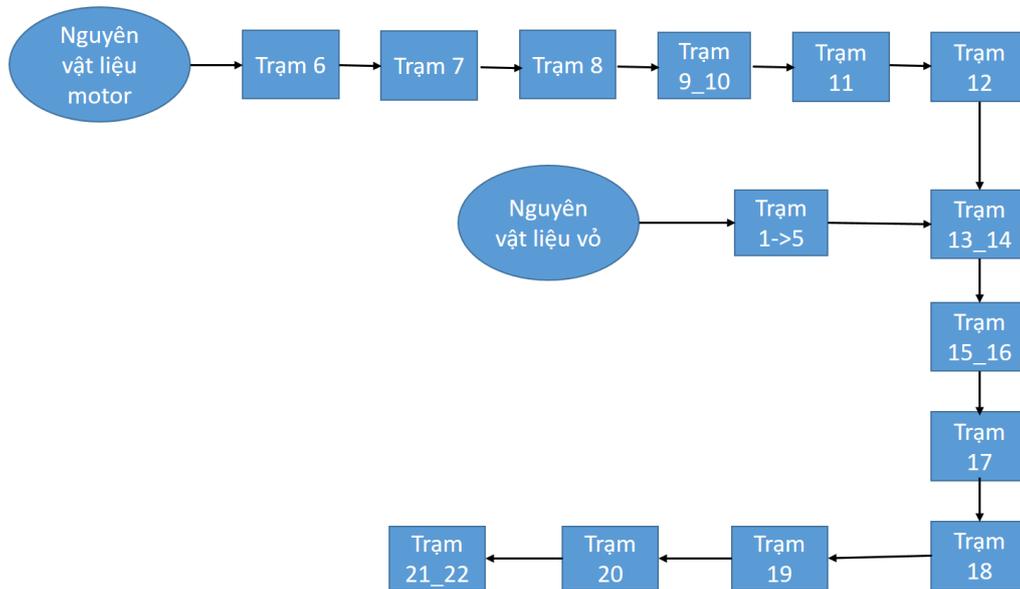
- Xác định mức độ hợp lý của việc phân bố các trạm làm việc trên dây chuyền sản xuất;
- Phân tích chi tiết các yếu tố ảnh hưởng đến năng suất như: thời gian chờ, thời gian di chuyển, mức độ sử dụng các trạm;
- Kiểm tra sự cân bằng trong tải công việc giữa các trạm;
- Đưa ra các thông số đầu ra định lượng để hỗ trợ đánh giá hiệu quả phương án bố trí;
- Làm cơ sở để đề xuất các giải pháp cải tiến nhằm tối ưu hóa hiệu suất dây chuyền và giảm lãng phí trong sản xuất.

Thông qua phần mềm mô phỏng Arena, quá trình sản xuất sẽ được tái hiện một cách trực quan và định lượng, giúp dễ dàng phát hiện các điểm nghẽn và cơ hội cải tiến trong hệ thống.

5.1.2 Dữ liệu đầu vào

Dựa vào kết quả tính toán tại chương IV ta tiến hành mô phỏng ARENA cho phương pháp cân bằng trọng số vị trí, nhằm có thể phân tích chi tiết các yếu tố như thời gian nhàn rỗi và hiệu quả sử dụng trạm, từ đó đề xuất giải pháp cải tiến tối ưu hóa hiệu năng dây và giảm thời gian chờ trong thời gian làm việc.

Dựa vào Bảng 4. 4 ta có sơ đồ trình bày cách bố trí các trạm và các công đoạn trước sau của mỗi trạm như sau:



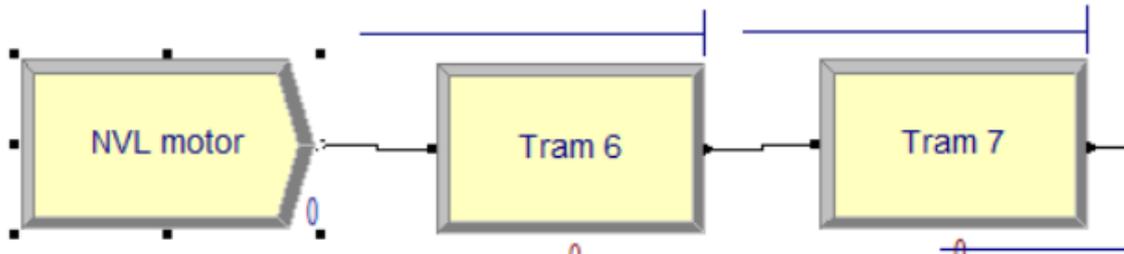
Hình 5 1 Sơ đồ quy trình của các trạm

Trong quá trình mô phỏng dây chuyền lắp ráp thiết bị làm sạch bằng phần mềm Arena, quy trình sản xuất được thiết lập dựa trên hai loại liên kết chính nhằm tạo ra các bán thành phẩm và thành phẩm thông qua các giai đoạn khác nhau, từ nguyên liệu nguyên liệu đến sản phẩm cuối cùng như sau:

5.1.2.1 Liên kết giữa nguyên vật liệu và trạm A tạo ra bán thành phẩm A



Ở loại liên kết này nguồn nguyên liệu được đưa vào trạm, nơi công nhân thực hiện gia công để biến nguyên liệu thành bán thành phẩm cho công đoạn A. Sau đó, bán thành phẩm này được chuyển tiếp sang công đoạn tiếp theo. Loại liên kết này được mô phỏng theo cách sau:



Hình 5. 2 Mô hình mô phỏng tổng quát của liên kết với nguyên vật liệu đầu vào

Trong đó:

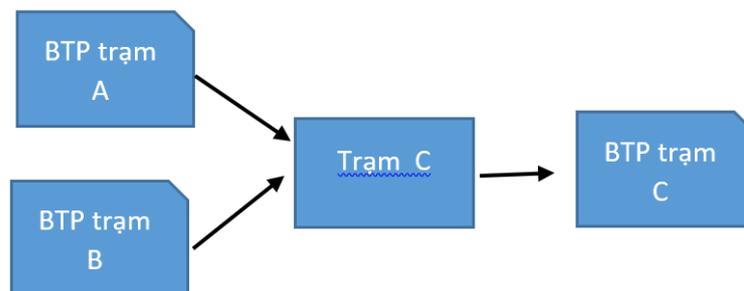
Modul NVL motor: Là khối tạo nguồn cung cấp cho trạm 6 gia công

Modul Tram 6: Thực hiện các công đoạn gia công đã thiết lập thời gian

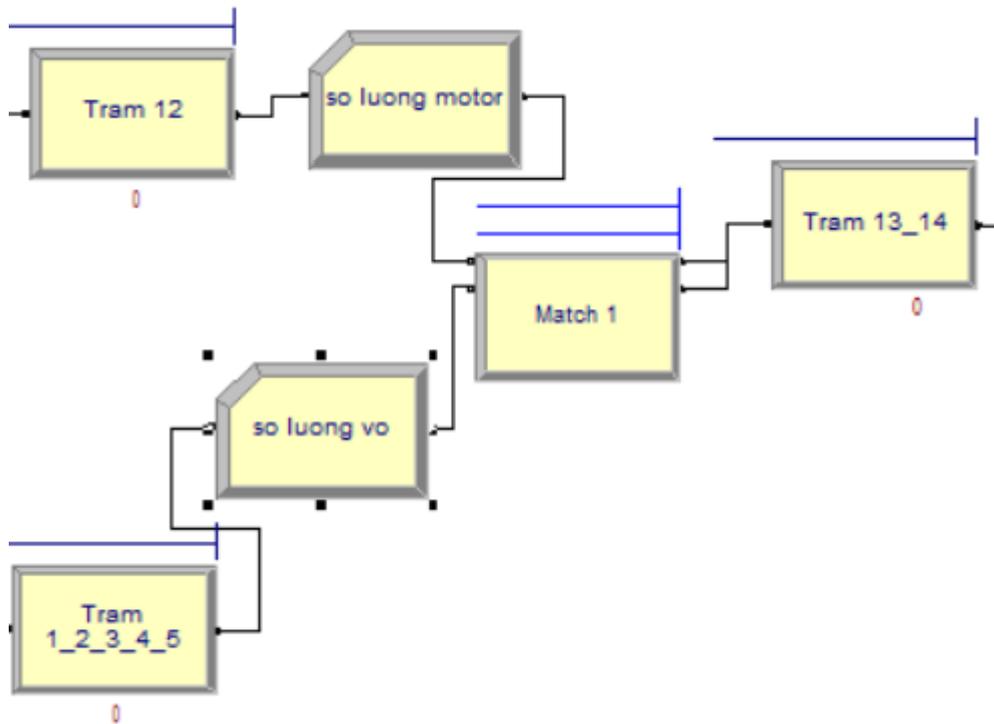
Modul Tram 7: Sử dụng bán thành phẩm của trạm 6 để thực hiện gia công

*Ở loại liên kết này còn có thêm sự liên kết của bán thành phẩm trạm này là nguyên vật liệu của trạm kế tiếp. Ví dụ như Hình 5. 2 bán thành phẩm của trạm 6 là nguyên vật liệu để trạm 7 tiến hành gia công.

5.1.2.2 Liên kết giữa hai bán thành phẩm để tiến hành gia công

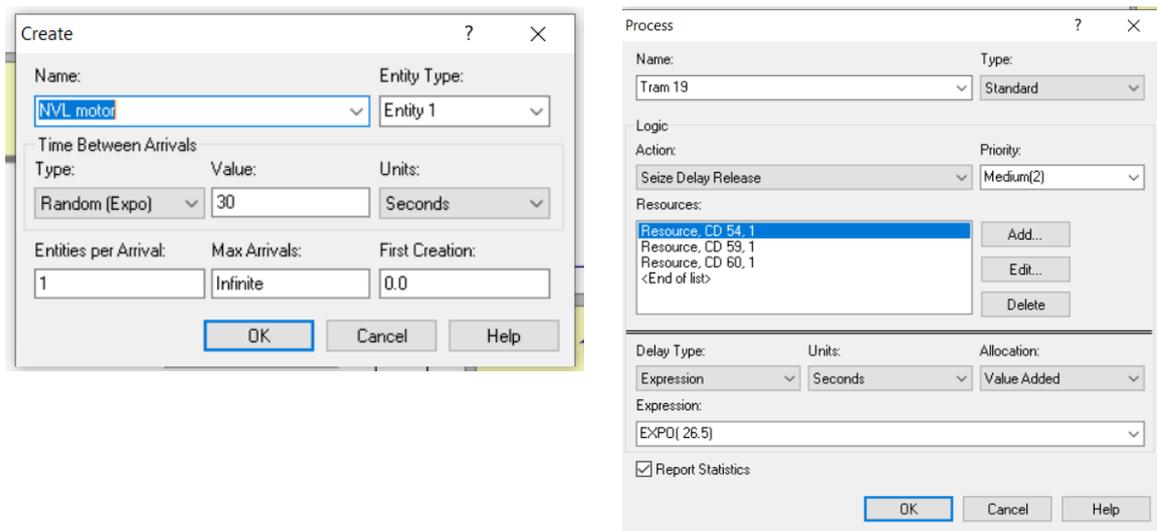


Trong loại trạm này, việc làm gia công đoạn C chỉ được thực hiện khi có đủ hai bán thành phẩm từ công đoạn A và công đoạn B. Sau đó, công đoạn C sẽ xử lý hai bán thành phẩm này để tạo ra một bán thành phẩm mới thuộc công đoạn C. Ta lấy ví dụ từ mô hình bán thành phẩm của trạm 12 và bán thành phẩm của các trạm 1, 2, 3, 4, 5 thông qua trạm 13, 14 để tạo ra bán thành phẩm của trạm 13, 14.



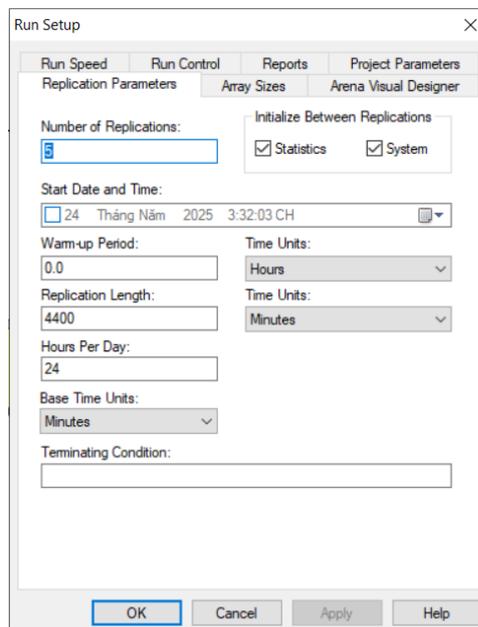
Hình 5. 3 Mô hình mô phỏng liên kết hai trạm để gia công

Toàn bộ dữ liệu được sử dụng trong mô phỏng được thu thập trực tiếp thông tin qua quá trình đo đạc tại nhà máy sản xuất thiết bị làm sạch. Các phép đo được thực hiện nhiều lần tại từng công đoạn trong dây chuyền nhưng để tăng tính khách quan và mô phỏng sự biến động của thời gian gia công, dây chuyền lắp ráp áp dụng chức năng Random (Exponential) kết hợp với hàm Exponential trong phần mềm Arena cho các trạm trong dây chuyền.



Hình 5. 4 Các công thức sử dụng trong mô hình mô phỏng

Nhằm tăng tính chính xác của kết quả mô phỏng, ta tiến hành setup thời gian làm việc trong vòng 10 ngày mỗi ngày làm việc trong vòng 440 phút và lặp lại 5 lần.



Hình 5. 5 Thời gian setup cho dây chuyền

5.2 Kết quả mô phỏng dây chuyền lắp ráp trên ARENA

(Tổng quan dây chuyền mô phỏng được thể hiện tại phần phụ lục)

Khi dây chuyền sản xuất bắt đầu hoạt động thực tế, điều đầu tiên cần quan tâm là năng suất của dây chuyền có đáp ứng được kỳ vọng đã đặt ra hay không. Tiếp theo, cần đánh giá xem công việc của các trạm trong dây chuyền đã đạt được yêu cầu hay chưa. Để phân tích các yếu tố này, ta sẽ thu thập dữ liệu từ các kết quả báo cáo của từng trạm sau khi tiến hành mô phỏng bằng phần mềm Arena. Qua đó, có thể xác định khả năng vận hành của dây chuyền cũng như công suất trong công việc của từng công đoạn tại mỗi trạm làm việc.

Theo lý thuyết năng suất tối đa của dây chuyền là 890 sp/ngày. Sau khi chạy mô hình mô phỏng ta có kết quả trung bình là 881 sp/ngày và năng suất của các công đoạn theo hình dưới đây.

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
	CD 1	0.9348	0.02	0.9133	0.9607	0.00
CD 11	0.9831	0.01	0.9718	0.9919	0.00	1.0000
CD 12	0.9831	0.01	0.9718	0.9919	0.00	1.0000
CD 13	0.9094	0.02	0.8948	0.9288	0.00	1.0000
CD 14	0.9094	0.02	0.8948	0.9288	0.00	1.0000
CD 15	0.9094	0.02	0.8948	0.9288	0.00	1.0000
CD 16	0.9094	0.02	0.8948	0.9288	0.00	1.0000
CD 17	0.9094	0.02	0.8948	0.9288	0.00	1.0000
CD 18	0.9188	0.01	0.9035	0.9281	0.00	1.0000
CD 19	0.9831	0.01	0.9718	0.9919	0.00	1.0000
CD 2	0.9348	0.02	0.9133	0.9607	0.00	1.0000
CD 20	0.9831	0.01	0.9718	0.9919	0.00	1.0000
CD 21	0.9831	0.01	0.9718	0.9919	0.00	1.0000
CD 22	0.8082	0.02	0.7979	0.8232	0.00	1.0000
CD 23	0.8082	0.02	0.7979	0.8232	0.00	1.0000
CD 24	0.8082	0.02	0.7979	0.8232	0.00	1.0000
CD 25	0.8082	0.02	0.7979	0.8232	0.00	1.0000
CD 26	0.8082	0.02	0.7979	0.8232	0.00	1.0000
CD 27	0.8082	0.02	0.7979	0.8232	0.00	1.0000
CD 28	0.8087	0.01	0.7977	0.8160	0.00	1.0000
CD 29	0.8087	0.01	0.7977	0.8160	0.00	1.0000
CD 3	0.9348	0.02	0.9133	0.9607	0.00	1.0000
CD 30	0.8087	0.01	0.7977	0.8160	0.00	1.0000
CD 31	0.8528	0.02	0.8336	0.8667	0.00	1.0000
CD 32	0.8528	0.02	0.8336	0.8667	0.00	1.0000
CD 33	0.8528	0.02	0.8336	0.8667	0.00	1.0000
CD 34	0.8528	0.02	0.8336	0.8667	0.00	1.0000
CD 35	0.8528	0.02	0.8336	0.8667	0.00	1.0000
CD 36	0.9988	0.00	0.9982	0.9991	0.00	1.0000
CD 37	0.9988	0.00	0.9982	0.9991	0.00	1.0000
CD 38	0.9988	0.00	0.9982	0.9991	0.00	1.0000
CD 39	0.9988	0.00	0.9982	0.9991	0.00	1.0000
CD 4	0.9348	0.02	0.9133	0.9607	0.00	1.0000
CD 40	0.9988	0.00	0.9982	0.9991	0.00	1.0000
CD 41	0.9988	0.00	0.9982	0.9991	0.00	1.0000
CD 42	0.8848	0.02	0.8478	0.8848	0.00	1.0000
CD 43	0.8848	0.02	0.8478	0.8848	0.00	1.0000

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
	CD 44	0.8648	0.02	0.8478	0.8848	0.00
CD 45	0.8648	0.02	0.8478	0.8848	0.00	1.0000
CD 46	0.7972	0.01	0.7857	0.8135	0.00	1.0000
CD 47	0.7972	0.01	0.7857	0.8135	0.00	1.0000
CD 48	0.7972	0.01	0.7857	0.8135	0.00	1.0000
CD 49	0.9027	0.01	0.8961	0.9088	0.00	1.0000
CD 5	0.9094	0.02	0.8948	0.9288	0.00	1.0000
CD 50	0.9027	0.01	0.8961	0.9088	0.00	1.0000
CD 51	0.9027	0.01	0.8961	0.9088	0.00	1.0000
CD 52	0.9027	0.01	0.8961	0.9088	0.00	1.0000
CD 53	0.9027	0.01	0.8961	0.9088	0.00	1.0000
CD 54	0.8794	0.01	0.8674	0.8888	0.00	1.0000
CD 55	0.6688	0.01	0.6583	0.6808	0.00	1.0000
CD 56	0.8713	0.02	0.8563	0.8929	0.00	1.0000
CD 57	0.8713	0.02	0.8563	0.8929	0.00	1.0000
CD 58	0.6688	0.01	0.6583	0.6808	0.00	1.0000
CD 59	0.8794	0.01	0.8674	0.8888	0.00	1.0000
CD 6	0.9094	0.02	0.8948	0.9288	0.00	1.0000
CD 60	0.8794	0.01	0.8674	0.8888	0.00	1.0000
CD 61	0.8713	0.02	0.8563	0.8929	0.00	1.0000
CD 62	0.8713	0.02	0.8563	0.8929	0.00	1.0000
CD 7	0.9188	0.01	0.9035	0.9281	0.00	1.0000
CD 8	0.9831	0.01	0.9718	0.9919	0.00	1.0000
CD 9	0.9188	0.01	0.9035	0.9281	0.00	1.0000
CD10	0.9188	0.01	0.9035	0.9281	0.00	1.0000

Hình 5. 6 Năng suất từng công đoạn

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
	so luong motor	8697.60	84.79	8621.00
so luong san pham chua dong goi	8828.20	98.20	8705.00	8900.00
so luong sp tram 11	8702.40	85.30	8622.00	8806.00
so luong sp tram 13_14	8844.80	92.99	8731.00	8923.00
so luong sp tram 15_16	8835.20	93.44	8723.00	8910.00
so luong sp tram 17	8832.60	99.53	8710.00	8910.00
so luong sp tram 19	8817.00	89.13	8703.00	8885.00
so luong sp tram 20	8815.00	90.21	8700.00	8885.00
so luong sp tram 6	8838.20	140.37	8693.00	8973.00
so luong sp tram 7	8826.00	129.32	8688.00	8951.00
so luong sp tram 8	8716.60	95.49	8636.00	8839.00
so luong sp tram 9_10	8711.20	98.99	8624.00	8838.00
so luong thanh pham	8812.00	92.21	8693.00	8881.00
so luong vo	8822.40	155.35	8665.00	8992.00

Hình 5. 7 Số lượng sản phẩm của từng trạm

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
	Tram 1_2_3_4_5.Queue	7.1149	2.84	5.5835	11.0709	0.00
Tram 11.Queue	1.7288	0.15	1.6377	1.9265	0.00	15.8236
Tram 12.Queue	2.6645	0.49	2.1491	3.1968	0.00	21.2653
Tram 13_14.Queue	1060.43	31.37	1041.33	1101.72	0.00	2188.33
Tram 15_16.Queue	2.8671	0.91	2.2152	3.7259	0.00	25.7009
Tram 17.Queue	1.6036	0.24	1.3573	1.8532	0.00	16.7330
Tram 18.Queue	4.0376	0.45	3.5088	4.4953	0.00	29.1779
Tram 19.Queue	3.5281	0.52	2.9026	4.0037	0.00	21.7007
Tram 20.Queue	0.6762	0.08	0.5880	0.7238	0.00	8.9353
Tram 21_22.Queue	3.1871	1.09	2.3881	4.4491	0.00	29.5088
Tram 6.Queue	4.5016	1.85	3.4661	7.1362	0.00	43.7600
Tram 7.Queue	4.9906	1.85	3.5056	6.8044	0.00	35.4152
Tram 8.Queue	33.2719	23.24	10.0107	58.1828	0.00	116.94
Tram 9_10.Queue	1.7285	0.18	1.5853	1.9486	0.00	12.4659

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
	Tram 1_2_3_4_5.Queue	14.3252	5.98	11.0021	22.6274	0.00
Tram 11.Queue	3.4307	0.35	3.2246	3.9027	0.00	36.0000
Tram 12.Queue	5.2691	0.96	4.2516	6.2952	0.00	45.0000
Tram 13_14.Queue	4203.95	103.95	4127.34	4340.41	0.00	8684.00
Tram 15_16.Queue	5.7613	1.82	4.4931	7.4685	0.00	52.0000
Tram 17.Queue	3.2232	0.51	2.6935	3.7527	0.00	38.0000
Tram 18.Queue	8.1061	0.95	6.9443	9.0336	0.00	71.0000
Tram 19.Queue	7.0933	1.08	5.7418	8.0431	0.00	50.0000
Tram 20.Queue	1.3555	0.17	1.1629	1.4552	0.00	24.0000
Tram 21_22.Queue	6.3900	2.21	4.7192	8.9285	0.00	61.0000
Tram 6.Queue	9.0803	3.90	6.8488	14.6213	0.00	90.0000
Tram 7.Queue	10.0409	3.84	7.0635	13.7622	0.00	71.0000
Tram 8.Queue	67.0479	47.36	19.8981	117.42	0.00	258.00
Tram 9_10.Queue	3.4264	0.37	3.1238	3.8658	0.00	34.0000

Hình 5 8 Thời gian và sản phẩm tồn trong từng trạm

5.3 Phân tích năng suất của quá trình mô phỏng

5.3.1 Phân tích từng công đoạn mô hình

Kết quả mô phỏng bằng phần mềm Arena của Hình 5. 6 cho thấy năng suất sản xuất trên mô phỏng 881 sản phẩm/ngày, thấp hơn một chút so với trình lý tưởng là 890 sản phẩm/ngày, với độ chênh lệch khoảng 1,01%. Năng suất thực tế khá tốt với kỳ vọng, sự chênh lệch này có thể phát ra từ các yếu tố như biên động thời gian gia công (sử dụng hàm EXPO) hoặc thời gian chờ tại một số công đoạn sản xuất. Một số công đoạn có năng suất thấp so với các công đoạn khác như sau:

Bảng 5 1 Hai công đoạn có công suất thấp nhất trong mô phỏng

Công đoạn	Công suất
CD 55	66.90%
CD 58	66.90%

*Nhận xét: Dựa vào Hình 5. 6 cho thấy năng suất hoạt động của hầu hết các đoạn đều đạt tốc độ cao, từ 80% phản ánh sự vận hành tương đối ổn định và hiệu quả của dây chuyền mô phỏng. Tuy nhiên, hai công đoạn 55 và 58 chỉ đạt năng suất 66,9%, thấp hơn đáng kể so với mức độ trung bình của các công đoạn còn lại. Để cải thiện, cần tập trung phân tích nguyên nhân tại công đoạn 55 và 58.

5.3.2 Phân tích từng trạm mô hình

Dựa trên kết quả mô phỏng thể hiện tại Hình 5.7, có thể nhận định rằng hiệu suất hoạt động của các trạm trong dây chuyền nhìn chung tương đối ổn định. Sản lượng sản phẩm đầu ra dao động trong khoảng 881 đến 887 sản phẩm/ngày, cho thấy phần lớn các trạm làm việc đã đạt được mức năng suất khá đồng đều và phù hợp với mục tiêu đề ra. Điều này phản ánh rằng dây chuyền được tổ chức hợp lý, các công đoạn liên kết nhịp nhàng, hạn chế tối đa thời gian chết và tình trạng tắc nghẽn tại các điểm trung gian.

Tuy nhiên, trạm gia công bán thành phẩm motor (trạm 12) lại thể hiện một kết quả thấp hơn đáng kể so với các trạm còn lại, với sản lượng chỉ đạt 869 sản phẩm/ngày. Mức chênh lệch này tuy không quá lớn (khoảng 1,4% đến 2,1% so với các trạm đạt hiệu suất cao nhất) nhưng có thể gây ảnh hưởng tiêu cực đến chu kỳ sản phẩm của toàn dây chuyền. Trong hệ thống sản xuất liên tục như dây chuyền lắp ráp, chỉ một trạm hoạt động kém hiệu quả cũng có thể gây ra hiện tượng “thắt cổ chai” (bottleneck), làm chậm tiến độ toàn hệ thống và ảnh hưởng đến tổng sản lượng cuối ngày. Do đó, trạm 12 là điểm cần được xem xét và cải tiến để đảm bảo sự đồng bộ và ổn định trong toàn bộ dây chuyền.

Bên cạnh đó, các trạm 13 và 14 cũng thể hiện tình trạng có thời gian chờ đợi và tồn sản phẩm cao, cho thấy một mức độ mất cân bằng nhẹ tại giai đoạn sau của dây chuyền. Tuy nhiên, vì đầu ra của nhóm trạm này vẫn đáp ứng được sản lượng yêu cầu trong ngày, nên có thể xem xét là chấp nhận được trong ngắn hạn. Mặc dù vậy, đây vẫn là những điểm cần theo dõi để kịp thời điều chỉnh khi có sự thay đổi về nhu cầu hoặc tốc độ sản xuất ở các công đoạn trước đó.

Từ các phân tích nêu trên, có thể khẳng định rằng tối ưu hóa hoạt động tại trạm 12 là yếu tố then chốt giúp nâng cao hiệu suất tổng thể của toàn dây chuyền. Đồng thời, cần duy trì giám sát và kiểm tra định kỳ hiệu suất của các trạm 13–14 để đảm bảo không gây ra các biến động lớn về sau.

CHƯƠNG VI: PHÂN TÍCH NGUYÊN NHÂN VÀ ĐỀ SUẤT CẢI TIẾN TRONG DÂY CHUYỀN CÂN BẰNG

6.1. Phân tích nguyên nhân gây mất cân bằng trong dây chuyền

Thông qua quá trình mô phỏng dây chuyền lắp ráp thiết bị làm sạch bằng phần mềm Arena và kết hợp với khảo sát thực tế tại xưởng sản xuất, nhóm tác giả đã tiến hành phân tích và xác định được các nguyên nhân chính ảnh hưởng đến hiệu suất và tính đồng bộ của dây chuyền như sau:

6.1.1. Tác nghẽn tại Trạm 8 ảnh hưởng đến sản lượng Trạm 12

Dữ liệu mô phỏng cho thấy Trạm 8 là nút thắt chính trong dây chuyền, nơi có thời gian chờ và lượng tồn sản phẩm cao nhất. Nguyên nhân là do số lượng công đoạn tại trạm này nhiều và tổng thời gian gia công tiệm cận với thời gian chu kỳ, dẫn đến hiện tượng trễ tiến độ và dôn ứ bán thành phẩm. Sự chậm trễ này lan tỏa ảnh hưởng đến Trạm 12, nơi sản xuất bán thành phẩm motor, làm giảm đáng kể sản lượng đầu ra so với các nhóm khác.

6.1.2. Hiệu suất thấp tại công đoạn 55 và 58

Qua thống kê hiệu suất toàn bộ 62 công đoạn, hai công đoạn 55 và 58 được xác định là có hiệu suất làm việc thấp nhất. Hai công đoạn này được bố trí trong trạm có thời gian rảnh rỗi lớn, dẫn đến việc không tận dụng triệt để năng suất lao động và thiết bị. Điều này ảnh hưởng đến năng suất tổng thể của dây chuyền.

6.1.3. Thời gian gia công vượt chu kỳ tại công đoạn đầu dây chuyền (1–4)

Tại các công đoạn đầu tiên (1, 2, 3, 4), thời gian gia công vượt quá thời gian chu kỳ quy định là 30 giây. Để đảm bảo không vượt chu kỳ, dây chuyền phải chia thành 5 trạm riêng biệt, làm tăng chi phí bố trí và nhân công. Qua khảo sát thực tế, các nguyên nhân chủ yếu gồm:

- Nguyên vật liệu không được bố trí khoa học, gây lãng phí thời gian tìm kiếm.
- Thao tác nhét miếng xốp gấp khó khăn, gây đau tay, ảnh hưởng đến tốc độ và chất lượng thao tác.
- Công nhân chưa thành thạo thao tác do chưa có hướng dẫn quy trình chuẩn.

6.2. Đề xuất cải tiến dây chuyền

Dựa trên các nguyên nhân đã phân tích, nhóm đề xuất một số giải pháp cải tiến như sau:

6.2.1. Phân bổ lại công đoạn để giảm tải cho Trạm 8

Trạm 8 có thời gian sử dụng gần chạm ngưỡng chu kỳ, trong khi Trạm 9–10 có thời gian rảnh lên đến 11 giây.

Giải pháp đề xuất: Chuyển công đoạn 21 có thời gian gia công 5.3 giây từ Trạm 8 sang Trạm 9–10.

Bảng 6. 1 Hiệu chỉnh giữa các trạm

Tiêu chí	Trước cải tiến	Sau cải tiến
Trạm 8 – Tổng thời gian gia công	~29.8 giây	~24.5 giây
Trạm 9–10 – Tổng thời gian gia công	~24.5 giây	~27.2 giây



Hình 6. 1 Sản phẩm chờ trong trạm 8



Hình 6. 2 Thời gian chờ trong trạm 8

Counter

Count	Value
so luong motor	8873.00
so luong san pham chua dong goi	8892.00
so luong sp tram 11	8873.00
so luong sp tram 13_14	8926.00
so luong sp tram 15_16	8908.00
so luong sp tram 17	8907.00
so luong sp tram 19	8890.00
so luong sp tram 20	8889.00
so luong sp tram 6	8904.00
so luong sp tram 7	8897.00
so luong sp tram 8	8886.00
so luong sp tram 9_10	8885.00
so luong thanh pham	8882.00

Hình 6. 3 Số lượng motor đã đạt đến kỳ vọng

Kết quả sau điều chỉnh:

- Thời gian gia công mới của Trạm 9–10 là 54.3 giây (< 60 giây – chu kỳ tiêu chuẩn).
- Trạm 8 giảm tải đáng kể, tránh vượt chu kỳ, cải thiện tính đồng bộ dây chuyền.
- Sản lượng vỏ motor đã đạt với kỳ vọng đặt ra

6.2.2. Phân phối lại công đoạn có hiệu suất thấp để nâng cao mức sử dụng trạm

Thông qua kết quả phân tích hiệu suất, các công đoạn 55 và 58 tại Trạm 20 có hiệu suất thấp, làm lãng phí tài nguyên.

Phương án cải tiến:

- Chuyển công đoạn 60 (4 giây) từ Trạm 19 sang Trạm 20.
- Tổng thời gian Trạm 20 sau cải tiến vẫn nhỏ hơn 30 giây, đảm bảo không vi phạm chu kỳ và không vi phạm quy tắc công đoạn trước sau của quy trình.

CD 55	0.8215
CD 56	0.8769
CD 57	0.8769
CD 58	0.8215

Hình 6. 4 Hiệu suất công đoạn 55, 58

Sau khi cải tiến hiệu suất của hai công đoạn trên đã đạt trên 80%. Giờ đây các công đoạn đều có hiệu suất tương đương nhau giúp các công đoạn tiến hành song, tránh tình trạng công đoạn này chờ công đoạn kia, từ đó giảm thiểu thời gian nhàn rỗi.

6.2.3. Áp dụng phương pháp 5S và cải tiến thao tác tại các công đoạn đầu dây chuyền

Nhằm tối ưu hóa hiệu suất sản xuất và giảm thiểu số lượng trạm cần thiết trong các công đoạn đầu dây chuyền (công đoạn 1 đến 4), tôi thực hiện đề xuất đồng thời hai hướng cải tiến: áp dụng phương pháp 5S và thiết kế dụng cụ hỗ trợ thao tác.

** Giải pháp 1: Áp dụng phương pháp 5S vào các công đoạn đầu dây chuyền*

Phương pháp 5S (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke) là công cụ quản lý trực quan giúp tổ chức nơi làm việc một cách khoa học, được minh họa cụ thể như sau:

Bảng 6. 2 Cách thức thực hiện quy trình 5S trong dây chuyền sản xuất

Thành phần	Ý nghĩa	Ứng dụng trong dây chuyền
Seiri – Sàng lọc	Loại bỏ vật dụng, nguyên vật liệu không cần thiết	Chỉ giữ lại các linh kiện, dụng cụ phục vụ trực tiếp cho công đoạn 1–4
Seiton – Sắp xếp	Bố trí dụng cụ theo trình tự thao tác	Các dụng cụ cần dùng được đặt theo thứ tự thao tác để rút ngắn thời gian tìm kiếm
Seiso – Sạch sẽ	Giữ gìn vệ sinh, gọn gàng	Vệ sinh thường xuyên để tránh bụi bẩn làm ảnh hưởng đến quá trình thao tác
Seiketsu – Săn sóc	Duy trì tình trạng tiêu chuẩn	Thiết lập quy trình duy trì 3S đầu tiên hằng ngày, tuần
Shitsuke – Sẵn sàng	Tạo thói quen tự giác, trách nhiệm	Đào tạo và kiểm tra thường xuyên để nhân viên tuân thủ 5S như văn hóa làm việc

*** Giải pháp 2: Thiết kế dụng cụ hỗ trợ thao tác nhét xốp**

Qua quan sát, công đoạn "nhét miếng xốp vào rãnh" tiêu tốn nhiều thời gian và gây đau tay, đặc biệt với thao tác lặp đi lặp lại nhiều lần trong ca làm việc. Điều này không chỉ làm giảm năng suất mà còn ảnh hưởng đến sức khỏe công nhân. Có thể thiết kế một vật dụng có thể làm việc nhét các miếng xốp vào một cách dễ dàng hơn điều này sẽ giúp công nhân thực hiện thao tác dễ dàng, giảm thiểu đau đớn và tăng tốc độ gia công.

Bảng 6. 3 Bảng so sánh trước và sau khi cải tiến 4 công đoạn đầu

Tiêu chí đánh giá	Trước cải tiến	Sau cải tiến (dự kiến)
Số trạm xử lý công đoạn 1-4	5 trạm	4 trạm hoặc thấp hơn
Thời gian thao tác mỗi công đoạn	> 30 giây	25-28 giây
Sức khỏe và an toàn lao động	Ảnh hưởng do thao tác khó	Giảm đau mỗi tay, dễ thao tác
Năng suất và chi phí vận hành	Trung bình	Tăng năng suất, giảm chi phí

Replications: 1

Time Units : Minutes

Key Performance Indicators

System

Number Out

Average

8,909

Hình 6. 5 Kết quả chạy được sau khi cải tiến trong 10 ngày

*** Kết luận:** Việc tiến hành cải tiến các vấn đề liên quan đến sắp xếp lại các công đoạn đã giúp cho năng suất đầu ra của mô phỏng đạt đến kỳ vọng mà số lượng lý thuyết đặt ra.

Việc áp dụng phương pháp 5s và thiết kế dụng cụ hỗ trợ vẫn chỉ là phỏng đoán và chưa được thực nghiệm thực tế.

CHƯƠNG VII: KẾT LUẬN

Thông qua đồ án này, việc tiến hành phân tích, thiết kế và mô phỏng dây chuyền lắp ráp sản phẩm máy phun áp lực cao K2 SILENT UM*JP, từ đó đề xuất các giải pháp cân bằng dây chuyền nhằm tối ưu hóa quy trình sản xuất.

Bằng việc áp dụng các phương pháp cân bằng dây chuyền hiện đại như xếp theo trọng số vị trí (RPW), thời gian gia công dài nhất (LOT), nhiệm vụ theo sau nhiều nhất (LNFT) và phương pháp xác suất, kết hợp với mô phỏng bằng phần mềm Arena, đồ án đã cho thấy khả năng rút ngắn thời gian chu kỳ, giảm thiểu thời gian chờ, đồng thời phân bổ công việc hiệu quả giữa các trạm làm việc. Các kết quả đạt được đã minh chứng tính khả thi của phương án đề xuất, cả về mặt lý thuyết lẫn ứng dụng thực tiễn.

Ngoài ra, việc tích hợp phương pháp sản xuất tinh gọn 5S vào mô hình sản xuất không chỉ góp phần cải thiện hiệu suất vận hành mà còn nâng cao tính chuyên nghiệp và an toàn trong môi trường làm việc. Điều này tạo nền tảng vững chắc để mở rộng quy mô sản xuất trong tương lai, đồng thời đáp ứng được yêu cầu ngày càng cao từ thị trường trong và ngoài nước.

Tuy nhiên, do giới hạn về thời gian và nguồn lực, đề tài vẫn còn một số hạn chế nhất định như chưa có cơ hội thực nghiệm thực tế nên chỉ có thể tiến hành cân bằng và mô phỏng trên lý thuyết.

Tóm lại, đồ án đã hoàn thành được mục tiêu đề ra, góp phần làm rõ vai trò của cân bằng và mô phỏng trong thiết kế dây chuyền sản xuất hiện đại. Hy vọng kết quả của nghiên cứu có thể là tài liệu tham khảo hữu ích cho các doanh nghiệp và nhà quản lý trong quá trình cải tiến sản xuất và phát triển bền vững.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- (1) Becker, C., & Scholl, A. (2006). A survey on problems and methods in generalized assembly line balancing. *European Journal of Operational Research*, 168(3), 694–715. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.07.023>
- (2) Baybars, I. (1986). A survey of exact algorithms for the simple assembly line balancing problem. *Management Science*, 32(8), 909-932. <https://doi.org/10.1287/mnsc.32.8.909>
- (3) Scholl, A., & Becker, C. (2006). State-of-the-art exact and heuristic solution procedures for simple assembly line balancing. *European Journal of Operational Research*, 168(3), 666–693. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.07.022>
- (4) Stevenson, W. J. (2020). *Operations Management* (14th ed.). McGraw-Hill Education.
- (5) Scholl, A. (1999). *Balancing and Sequencing of Assembly Lines* (2nd ed.). Physica-Verlag.
- (6) Becker, C., & Scholl, A. (2006). A survey on problems and methods in generalized assembly line balancing. *European Journal of Operational Research*, 168(3), 694-715.
- (7) Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2011). *Factory Physics* (3rd ed.). Waveland Press.
- (8) Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press.
- (9) Banks, J., Carson, J. S., Nelson, B. L., & Nicol, D. M. (2010). *Discrete-Event System Simulation* (5th ed.). Pearson.
- (10) Law, A. M. (2015). *Simulation Modeling and Analysis* (5th ed.). McGraw-Hill.
- (11) Kelton, W. D., Smith, J. S., & Sturrock, D. T. (2015). *Simio and Simulation: Modeling, Analysis, Applications* (4th ed.). Simio LLC.
- (12) Rockwell Automation. (2023). *Arena Simulation Software: User Guide and Documentation*. Retrieved from <https://www.arenasimulation.com/>

PHỤ LỤC

