

**ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA QUẢN LÝ DỰ ÁN**



ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

CHUYÊN NGÀNH: QUẢN LÝ CÔNG NGHIỆP

ĐỀ TÀI

**ỨNG DỤNG MÔ HÌNH SIX SIGMA
DMAIC TRONG QUY TRÌNH THỎI NHỰA
SẢN PHẨM CÁNH HƯỚNG GIÓ**

Người hướng dẫn: TS. NGUYỄN HỒNG NGUYỄN

Sinh viên thực hiện: VÕ THỊ THU LIỄU

Mã sinh viên: 118210066

Lớp: 21QLCN1

Đà Nẵng, 6/2025

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA QUẢN LÝ DỰ ÁN

-----ស្ថាប័ន-----



ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

CHUYÊN NGÀNH: QUẢN LÝ CÔNG NGHIỆP

ĐỀ TÀI

**ỨNG DỤNG MÔ HÌNH SIX SIGMA
DMAIC TRONG QUY TRÌNH THỜI NHỰA
SẢN PHẨM CÁNH HƯỚNG GIÓ**

Người hướng dẫn: TS. NGUYỄN HỒNG NGUYỄN

Sinh viên thực hiện: VÕ THỊ THU LIỄU

Mã sinh viên: 118210066

Lớp: 21QLCN1

Đà Nẵng, 6/2025

NHẬN XÉT CỦA GIÁO VIÊN HƯỚNG DẪN

I. Thông tin chung

- | | |
|--|----------------------------|
| 1. Họ và tên: Võ Thị Thu Liễu | Mã số sinh viên: 118210066 |
| 2. Lớp: 21QLCN1 | Khoa: Quản lý dự án |
| 3. Tên đề tài: Ứng dụng mô hình Six Sigma DMAIC trong quy trình thổi nhựa sản phẩm cánh hướng gió. | |
| 4. Giáo viên hướng dẫn: Nguyễn Hồng Nguyên | Học hàm/ học vị: Tiến sĩ |

II. Nhận xét, đánh giá đề án tốt nghiệp

- Về tính cấp thiết, tính mới, khả năng ứng dụng của đề tài
.....
.....
- Về kết quả giải quyết các nội dung nhiệm vụ yêu cầu của đề án
.....
.....
- Về hình thức, cấu trúc, bố cục của đề án tốt nghiệp
.....
.....
- Đề tài có giá trị khoa học/ có bài báo/ giải quyết vấn đề đặt ra của doanh nghiệp hoặc nhà trường
.....
.....
- Các tồn tại, thiếu sót cần bổ sung, chỉnh sửa
.....
.....

III. Thái độ, mức độ thực hiện của sinh viên trong quá trình thực hiện đề án
.....
.....

IV. Đánh giá đề án tốt nghiệp

Điểm đánh giá:/10

Đề nghị: ☐ Được bảo vệ đề án ☐ Bổ sung để bảo vệ ☐ Không được bảo vệ

Đà Nẵng, ngày tháng năm 2025

Giáo viên hướng dẫn

(Ký, ghi rõ họ tên)

NHẬN XÉT CỦA GIÁO VIÊN PHẢN BIỆN

I. Thông tin chung

- | | |
|--|----------------------------|
| 1. Họ và tên: Võ Thị Thu Liễu | Mã số sinh viên: 118210066 |
| 2. Lớp: 21QLCN1 | Khoa: Quản lý dự án |
| 3. Tên đề tài: Ứng dụng mô hình Six Sigma DMAIC trong quy trình thổi nhựa sản phẩm cánh hướng gió. | |
| 4. Giáo viên phản biện: | Học hàm/ học vị: |

II. Nhận xét, đánh giá đề án tốt nghiệp

- Về tính cấp thiết, tính mới, khả năng ứng dụng của đề tài
.....
.....
- Về kết quả giải quyết các nội dung nhiệm vụ yêu cầu của đề án
.....
.....
- Về hình thức, cấu trúc, bố cục của đề án tốt nghiệp
.....
.....
- Đề tài có giá trị khoa học/ có bài báo/ giải quyết vấn đề đặt ra của doanh nghiệp hoặc nhà trường
.....
.....
- Các tồn tại, thiếu sót cần bổ sung, chỉnh sửa
.....
.....

TT	Các tiêu chí đánh giá	Điểm tối đa	Điểm đánh giá
1	<i>Sinh viên có phương pháp nghiên cứu phù hợp, giải quyết đủ nhiệm vụ đồ án được giao</i>	70	
1a	Tính mới (nội dung chính của ĐATN có những phần mới so với các ĐATN trước đây). Đề tài có giá trị khoa học, công nghệ; có thể ứng dụng thực tiễn.	10	
1b	Kỹ năng giải quyết vấn đề; hiểu, vận dụng được kiến thức cơ bản, cơ sở, chuyên ngành trong vấn đề nghiên cứu. Chất lượng nội dung ĐATN (thuyết minh, bản vẽ, chương trình, mô hình, ...)	50	
1c	Có kỹ năng vận dụng thành thạo phần mềm ứng dụng trong vấn đề nghiên cứu (thể hiện qua kết quả tính toán bằng phần mềm); Có kỹ năng sử dụng tài liệu tiếng nước ngoài liên quan vấn đề nghiên cứu (thể hiện qua các tài liệu tham khảo); Có kỹ năng làm việc nhóm (đánh giá đối với đề tài do nhóm SV thực hiện);	10	
2	<i>Kỹ năng viết</i>	30	
2a	Bố cục hợp lý, lập luận rõ ràng, chặt chẽ, lời văn súc tích	20	
2b	Thuyết minh đồ án không có lỗi chính tả, in ấn, định dạng	10	
3	<i>Tổng điểm đánh giá theo thang 100</i>	100	
	Quy về thang 10 (lấy đến 1 số lẻ)		

Câu hỏi đề nghị sinh viên trả lời trong buổi bảo vệ (làm dấu chấm dòng)

Đề nghị: ☐ Được bảo vệ đồ án ☐ Bổ sung đề bảo vệ ☐ Không được bảo vệ

Đà Nẵng, ngày tháng năm 2025

Giáo viên phản biện

(Ký, ghi rõ họ tên)

TÓM TẮT

Nhằm nâng cao chất lượng sản phẩm và giảm thiểu lãng phí trong quy trình sản xuất cánh hướng gió ô tô tại Công ty THACO INDUSTRIES, đề tài này tập trung vào việc áp dụng mô hình Six Sigma theo chu trình DMAIC (Define – Measure – Analyze – Improve – Control). Qua quá trình khảo sát thực tế, đề tài xác định các lỗi phổ biến như độ dày không đồng đều, hở đường giáp mí và bavaria dư thừa được xác định là nguyên nhân chính ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm và hiệu quả sản xuất.

Thông qua các công cụ phân tích định tính (biểu đồ xương cá, 5Why) và định lượng (Pareto, Cp/Cpk, FMEA), đề tài đã xác định nguyên nhân gốc rễ, từ đó đề xuất các giải pháp cải tiến: điều chỉnh thông số máy móc, chuẩn hóa thao tác vận hành, kiểm soát đầu vào nguyên vật liệu. Kết quả sau cải tiến cho thấy tỷ lệ sản phẩm lỗi giảm đáng kể, tối ưu hóa thời gian và chi phí sản xuất.

Đề tài không chỉ góp phần giải quyết bài toán thực tiễn tại doanh nghiệp mà còn khẳng định tính ứng dụng hiệu quả của phương pháp Six Sigma trong lĩnh vực công nghiệp nhựa, hướng đến mục tiêu sản xuất bền vững, ổn định và đáp ứng tiêu chuẩn chất lượng quốc tế.

NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Tên sinh viên: Võ Thị Thu Liễu

Mã sinh viên: 118210066

Lớp: 21QLCN1

Khoa: Quản lý dự án

Chuyên ngành: Quản lý Công nghiệp

1. Tên đề tài dự án:

Ứng dụng mô hình Six Sigma DMAIC trong quy trình thổi nhựa sản phẩm cánh hướng gió tại công ty sản xuất Linh kiện nhựa THACO INDUSTRIES

2. Đề tài thuộc diện: ☐ Có ký kết thỏa thuận sở hữu trí tuệ đối với kết quả thực hiện

3. Các số liệu và dữ liệu ban đầu:

Thông tin chung về Công ty sản xuất Linh kiện Nhựa THACO INDUSTRIES

Thông tin về quy trình sản xuất, nguyên liệu và máy móc.

Tình hình hiện tại tại công ty bao gồm các lỗi thường gặp, ...

4. Nội dung trình diễn, tính toán:

Chương 1: Giới thiệu

Chương 2: Cơ sở lý thuyết

Chương 3: Giới thiệu về công ty và sản phẩm

Chương 4: Thực trạng quy trình sản xuất

Chương 5: Ứng dụng mô hình DMAIC

Chương 6: Đánh giá hiệu quả

5. Tên giảng viên: Ts. Nguyễn Hồng Nguyên

6. Ngày giao dự án: / /2025

7. Ngày hoàn thành dự án: / /2025

Đà Nẵng, ngày tháng 6 năm 2025

Trưởng bộ môn.....

Người hướng dẫn

LỜI MỞ ĐẦU

Trong những năm gần đây, ngành công nghiệp nhựa tại Việt Nam đang trên đà phát triển mạnh mẽ, với tốc độ tăng trưởng cao và đóng vai trò ngày càng quan trọng trong nền kinh tế. Tuy nhiên, bên cạnh tiềm năng tăng trưởng lớn, ngành cũng đang đối mặt với nhiều thách thức, đặc biệt là tỷ lệ khuyết tật sản phẩm cao, gây ra lãng phí nguyên liệu, tăng chi phí sản xuất và ảnh hưởng đến chất lượng đầu ra. Điều này càng trở nên cấp thiết trong bối cảnh nguồn nguyên liệu nhựa nguyên sinh trong nước còn hạn chế, phần lớn phải phụ thuộc vào nhập khẩu.

Tại Nhà máy sản xuất linh kiện nhựa THACO INDUSTRIES, sản phẩm cánh hướng gió – một bộ phận quan trọng trong hệ thống điều hướng gió xe ô tô – được sản xuất bằng công nghệ thổi nhựa. Tuy nhiên, trong quá trình sản xuất, sản phẩm vẫn còn phát sinh nhiều lỗi phổ biến không chỉ làm giảm chất lượng và tính thẩm mỹ của sản phẩm, mà còn khiến một lượng lớn nguyên vật liệu bị lãng phí, tạo ra phế phẩm và gia tăng áp lực xử lý chất thải, từ đó ảnh hưởng không nhỏ đến hiệu quả sản xuất cũng như môi trường. Nhận thức được tầm quan trọng của việc cải tiến chất lượng và giảm thiểu lãng phí trong sản xuất, đề tài “*Ứng dụng mô hình Six Sigma DMAIC trong quy trình thổi nhựa sản phẩm cánh hướng gió*” được thực hiện nhằm giải quyết vấn đề một cách hiệu quả và có hệ thống. Việc áp dụng mô hình Six Sigma, cụ thể là chu trình DMAIC, cho phép xác định rõ ràng các vấn đề chất lượng trọng yếu, phân tích nguyên nhân gốc rễ và đề xuất giải pháp cải tiến thực tiễn, hướng đến mục tiêu giảm tỷ lệ sản phẩm lỗi, tối ưu hóa hiệu suất và nâng cao độ ổn định trong sản xuất.

Thông qua đề tài, em không chỉ mong muốn áp dụng hiệu quả các kiến thức chuyên ngành đã học trong quá trình đào tạo, mà còn muốn đóng góp thiết thực vào hoạt động cải tiến chất lượng tại doanh nghiệp. Đây là cơ hội để em tiếp cận với phương pháp quản lý chất lượng hiện đại, phát triển kỹ năng tư duy phân tích, giải quyết vấn đề và nâng cao nhận thức về sản xuất bền vững trong môi trường công nghiệp thực tế. Trong quá trình thực hiện đồ án, em đã nhận được nhiều sự hỗ trợ quý báu từ công ty và nhà trường. Em xin chân thành cảm ơn các anh/chị chuyên viên tại Công ty sản xuất linh kiện nhựa THACO INDUSTRIES đã nhiệt tình giúp đỡ, tạo điều kiện thuận lợi cho em trong suốt quá trình thu thập thông tin và triển khai đề tài. Đặc biệt, em xin gửi lời cảm ơn sâu sắc đến Thầy Nguyễn Hồng Nguyên đã tận tình hướng dẫn, hỗ trợ chuyên môn và luôn đồng hành cùng em trong quá trình hoàn thành đồ án tốt nghiệp này.

Em xin chân thành cảm ơn!

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan rằng đồ án tốt nghiệp với đề tài “Ứng dụng mô hình Six Sigma DMAIC trong quy trình thổi nhựa sản phẩm cánh hướng gió” được thực hiện bởi chính tôi dưới sự theo dõi và hướng dẫn của giảng viên Nguyễn Hồng Nguyên. Toàn bộ nội dung và kết quả là sản phẩm mà tôi đã nỗ lực nghiên cứu trong quá trình học tập tại trường cũng như thực tập tại Công ty Tập đoàn Công nghiệp Trường Hải.

Trong quá trình viết bài có sự tham khảo một số tài liệu có nguồn gốc rõ ràng và đã được trích dẫn đầy đủ.

Tôi xin hoàn toàn chịu trách nhiệm trước khoa và nhà trường về lời cam đoan này.

Đà Nẵng, ngày 25 tháng 6 năm 2025

Sinh viên thực hiện

Võ Thị Thu Liễu

MỤC LỤC

LỜI MỞ ĐẦU.....	I
LỜI CAM ĐOAN.....	II
MỤC LỤC.....	III
DANH MỤC HÌNH ẢNH.....	VI
DANH MỤC BẢNG BIỂU.....	VII
DANH SÁCH TỪ VIẾT TẮT.....	IX
CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU.....	1
1.1. Bối cảnh nghiên cứu.....	1
1.2. Mục tiêu của nghiên cứu.....	2
1.2.1. Mục Tiêu Chung.....	2
1.2.2. Mục Tiêu Cụ Thể.....	2
1.3. Ý Nghĩa Của Nghiên Cứu.....	3
1.4. Phạm vi và giới hạn của nghiên cứu.....	3
1.5. Tính cấp thiết của đề tài.....	3
1.6. Câu hỏi nghiên cứu.....	4
1.7. Bố cục nghiên cứu.....	5
CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT.....	8
2.1. Tổng quan về Six sigma.....	8
2.1.1. Khái niệm Six sigma.....	8
2.1.2. Ý nghĩa đo lường mức six – sigma.....	8
2.1.3. Các lợi ích của Six sigma.....	10
2.1.4. Các mô hình cải tiến trong Six Sigma.....	11
2.2. Tổng quan về mô hình DMAIC.....	12
2.2.1. Cơ sở lựa chọn mô hình DMAIC.....	12
2.2.2. Mô hình DMAIC.....	13
2.3. Các công cụ hỗ trợ.....	14

2.3.1. Một số công cụ phân tích định tính [3]	14
2.3.2. Một số công cụ phân tích định lượng [3]	15
2.3.3. Chỉ số năng lực quy trình	18
2.3.4. Phân tích chế độ lỗi và tác động (FMEA).....	19
2.4. Các phương pháp lấy mẫu.....	19
CHƯƠNG 3. GIỚI THIỆU VỀ CÔNG TY VÀ SẢN PHẨM.....	21
3.1. Giới thiệu về công ty	21
3.1.1. Lịch sử hình thành và phát triển.....	21
3.1.2. Lĩnh vực hoạt động và thị trường.....	21
3.1.3. Hệ thống công nghệ sản xuất	22
3.2. Sản phẩm cánh hướng gió ô tô	23
3.2.1. Mô tả sản phẩm	23
3.2.2. Nguyên vật liệu trong quá trình sản xuất	24
3.2.3. Quy trình sản xuất sản phẩm	27
3.3. Hệ thống quản lý chất lượng tại nhà máy.....	28
3.3.1. Hệ thống các tiêu chuẩn áp dụng	28
3.3.2. Công cụ kiểm soát chất lượng	29
3.4. Kết luận	29
CHƯƠNG 4. THỰC TRẠNG QUY TRÌNH SẢN XUẤT.....	31
4.1. Thực trạng quy trình sản xuất.....	31
4.2. Phân tích quy trình sản xuất	32
4.2.1. Phân tích quy trình và thời gian chu kỳ sản xuất	32
4.2.2. Phân tích các lỗi phát sinh trong quy trình thổi nhựa.....	34
4.2.3. Nguyên nhân và ảnh hưởng của lỗi.....	35
4.3. Cách thức đo lường lỗi trong quá trình sản xuất.....	37
4.4. Cơ sở dữ liệu và phương pháp phân tích.....	39
4.4.1. Các loại dữ liệu.....	39
4.4.2. Phương pháp lấy mẫu.....	39

4.4.3. Phương pháp phân tích.....	40
4.5. Kết luận	41
CHƯƠNG 5. ỨNG DỤNG MÔ HÌNH DMAIC	42
5.1. Định nghĩa (Define).....	42
5.2. Đo lường (Measure)	48
5.3. Phân tích (Analyze)	59
5.4. Cải tiến (Improve)	67
5.5. Kiểm soát (Control).....	81
5.6. Kết luận	85
CHƯƠNG 6. ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ.....	86
6.1. Ước tính chi phí triển khai cải tiến.....	86
6.2. Đánh giá hiệu quả.....	89
6.3. Nhận xét.....	93
6.4. Kiến nghị	94
KẾT LUẬN.....	95
TÀI LIỆU THAM KHẢO	96
PHỤ LỤC.....	98

DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 2.1. Đường cong hình chuông phân đoạn six-sigma	9
Hình 2.2. Các vùng minh họa trong biểu đồ kiểm soát	17
Hình 3.1. Cánh hướng gió ô tô	23
Hình 3.2. Quy trình công nghệ sản xuất cánh hướng gió	27
Hình 5.1. Biểu đồ Pareto các lỗi xảy ra trong quy trình thổi nhựa	47
Hình 5.2. Biểu đồ X – Chart về độ dày sản phẩm	50
Hình 5.3. Phân tích năng lực quy trình về độ dày sản phẩm	52
Hình 5.4. Phân tích năng lực quy trình về hở đường giáp mí	55
Hình 5.5. Phân tích năng lực quy trình về bavaria dư thừa	58
Hình 5.6. Sơ đồ xương cá độ dày không đồng đều	61
Hình 5.7. Sơ đồ xương cá hở đường giáp mí	64
Hình 5.8. Sơ đồ xương cá lỗi bavaria dư thừa nhiều	66
Hình 5.9. Biểu đồ hiệu ứng chính cho tỷ lệ trung bình và S/N về độ dày	74
Hình 5.10. Biểu đồ hiệu ứng chính cho tỷ lệ trung bình và S/N về độ hở đường giáp mí	78
Hình 5.11. Đồ thị tương tác của 7 yếu tố trong quá trình thổi nhựa	82
Hình 5.12. Các bước sử dụng biểu đồ tương tác như một cơ chế kiểm soát	83
Hình 5.13. Biểu đồ Flowchart kiểm soát lỗi	84

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 2.1. Bảng chuyển đổi DPMO và mức sigma đã được đơn giản hóa.....	10
Bảng 2.2. 8 quy tắc để xác định quy trình có nằm ngoài vùng kiểm soát hay không ...	17
Bảng 3.1. Khả năng công nghệ máy thổi nhựa 10L – 30L.....	25
Bảng 3.2. Khả năng công nghệ máy thổi nhựa DC-SABM-100.....	26
Bảng 4.1. Thực trạng quy trình thổi nhựa	31
Bảng 4.2. Thời gian các công đoạn sản xuất.....	33
Bảng 4.3. Nguyên nhân sơ bộ và ảnh hưởng của lỗi.....	35
Bảng 4.4. Bảng tổng hợp các phương pháp đo lường lỗi.....	38
Bảng 5.1. Bảng SIPOC cho công đoạn thổi thừa	43
Bảng 5.2. Số liệu các loại lỗi trong tháng 3/2025	46
Bảng 5.3. Độ dày cánh hướng gió.....	49
Bảng 5.4. Độ hở đường giáp mí	54
Bảng 5.5. Đo lường khối lượng bavaria dư thừa.....	57
Bảng 5.6. Đánh giá chỉ số RPN độ dày không đồng đều	61
Bảng 5.7. Đánh giá chỉ số RPN hở đường giáp mí	64
Bảng 5.8. Đánh giá chỉ số RPN lỗi bavaria dư thừa nhiều.....	66
Bảng 5.9. Hiệu ứng tham số liên quan đến các loại lỗi.....	69
Bảng 5.10. Chọn dãy trực giao Taguchi theo bậc tự do	70
Bảng 5.11. Các yếu tố kiểm soát, mức độ và giá trị tương ứng	71
Bảng 5.12. Các yếu tố, mức độ, mức độ DOF và DOF cho quá trình	71
Bảng 5.13. Thiết kế thử nghiệm Taguchi cho các yếu tố kiểm soát.....	72
Bảng 5.14. Đầu ra phản hồi của độ dày cho cánh hướng gió.....	73
Bảng 5.15. Bảng phản hồi cho tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu (S/N)	75
Bảng 5.16. Bảng phản hồi cho giá trị trung bình	75
Bảng 5.17. Các thông số sau cải tiến.....	76
Bảng 5.18. Các yếu tố kiểm soát, mức độ và giá trị tương ứng cho tỷ lệ pha trộn	76
Bảng 5.19. Các yếu tố, mức độ, mức độ DOF và DOF cho quá trình	77
Bảng 5.20. Thiết kế thử nghiệm Taguchi cho các yếu tố kiểm soát.....	77
Bảng 5.21. Đầu ra phản hồi của độ dày cho cánh hướng gió.....	78
Bảng 5.22. Bảng phản hồi cho tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu (S/N)	79
Bảng 5.23. Bảng phản hồi cho giá trị trung bình	79
Bảng 5.24. Các biện pháp cải tiến khác nhằm khắc phục lỗi.....	80
Bảng 6.1. Ước tính chi phí cải tiến quy trình sản xuất.....	86

Bảng 6.2. Ước tính chi phí cải tiến thiết kế khuôn.....	88
Bảng 6.3. Dự kiến hiệu quả khi triển khai cải tiến quy trình sản xuất.....	89
Bảng 6.4. Dự kiến hiệu quả khi triển khai cải tiến thiết kế khuôn	91
Bảng 6.5. Dự kiến hiệu quả khi triển khai cả 2 đề xuất cải tiến.....	92

DANH SÁCH TỪ VIẾT TẮT

Từ viết tắt	Ý nghĩa
6σ / Six Sigma	Phương pháp cải tiến chất lượng nhằm giảm thiểu khuyết tật và biến động
DMAIC	Define - Measure - Analyze - Improve - Control
Cp	Process Capability – Chỉ số năng lực tiềm năng của quy trình
Cpk	Process Capability Index – Chỉ số năng lực thực tế của quy trình
DPMO	Defects Per Million Opportunities – Số lỗi trên một triệu cơ hội
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis – Phân tích chế độ lỗi và tác động
RPN	Risk Priority Number – Chỉ số ưu tiên rủi ro
PDCA	Plan - Do - Check - Act – Chu trình cải tiến chất lượng truyền thống
TQM	Total Quality Management – Quản lý chất lượng toàn diện
SIPOC	Supplier - Input - Process - Output - Customer – Sơ đồ tổng quan quy trình
$\bar{X}$ (X-bar)	Giá trị trung bình mẫu
S/N	Signal to Noise Ratio – Tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu (trong thiết kế Taguchi)
DOE	Design of Experiments – Thiết kế thí nghiệm
ISO	International Organization for Standardization – Tổ chức Tiêu chuẩn hóa quốc tế
IATF	International Automotive Task Force - Tiêu chuẩn quốc tế cho Hệ thống quản lý chất lượng ngành ô tô.
QC	Quality Control – Kiểm soát chất lượng

CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU

Trong bối cảnh phát triển mạnh mẽ của nền công nghiệp hiện đại, yêu cầu về chất lượng sản phẩm ngày càng trở nên khắt khe và đóng vai trò then chốt trong việc nâng cao năng lực cạnh tranh của doanh nghiệp. Đặc biệt, đối với các doanh nghiệp sản xuất, việc kiểm soát chất lượng trong từng công đoạn là yếu tố sống còn nhằm đảm bảo tính ổn định của sản phẩm, giảm thiểu lãng phí và thỏa mãn nhu cầu ngày càng cao của khách hàng. Trước những áp lực từ thị trường, các doanh nghiệp đang dần chuyển mình theo hướng cải tiến liên tục, ứng dụng các phương pháp quản lý chất lượng tiên tiến để tối ưu hóa quy trình sản xuất và nâng cao hiệu quả hoạt động.

1.1. Bối cảnh nghiên cứu

Trên thế giới cũng như ở Việt Nam, ngành công nghiệp Nhựa dù còn non trẻ so với các ngành công nghiệp lâu đời khác như cơ khí, điện – điện tử, hóa chất, dệt may,... nhưng đã có sự phát triển mạnh mẽ trong những năm gần đây. Ngành Nhựa giai đoạn 2010 – 2020, là một trong những ngành công nghiệp có tăng trưởng cao nhất Việt Nam với mức tăng hàng năm từ 16% - 18% (chỉ sau ngành viễn thông và dệt may). Với tốc độ phát triển nhanh, ngành Nhựa đang được coi là một ngành năng động trong nền kinh tế Việt Nam. Tuy có tiềm năng tăng trưởng mạnh mẽ, ngành công nghiệp Nhựa vẫn phải đối mặt với thách thức lớn từ tỷ lệ sản phẩm lỗi. Những khuyết tật này không chỉ làm giảm năng suất mà còn ảnh hưởng trực tiếp đến độ tin cậy của sản phẩm. Do đó, việc giảm thiểu khuyết tật không chỉ là yêu cầu cấp bách mà còn là yếu tố then chốt để tối ưu hóa quy trình sản xuất và củng cố vị thế cạnh tranh trên thị trường. [1]

Đặc thù của ngành nhựa Việt Nam là nguyên liệu nhựa nguyên sinh phụ thuộc phần lớn vào nhập khẩu do thượng nguồn của ngành nhựa chưa phát triển tương xứng với quy mô và nhu cầu nguyên liệu của hạ nguồn. Trong suốt giai đoạn từ 2010 đến 2017, năng lực sản xuất nguyên liệu nhựa nguyên sinh của thượng nguồn ngành nhựa chỉ đáp ứng được trung bình khoảng 20% nhu cầu nguyên liệu của các nhà sản xuất hạ nguồn. [2]

Do phụ thuộc vào nguồn nguyên liệu thô nhập khẩu, ngành công nghiệp nhựa phải đối mặt với áp lực lớn về chi phí sản xuất. Việc tối ưu hóa việc sử dụng tài nguyên và giảm thiểu khuyết tật không chỉ giúp hạn chế lãng phí mà còn mang lại lợi ích kép. Một mặt, nó giúp tiết kiệm đáng kể ngoại tệ bằng cách giảm nhu cầu nhập khẩu nguyên liệu. Mặt khác, chi phí sản xuất giảm đồng nghĩa với việc gia tăng lợi nhuận cho doanh nghiệp. Do đó, cải thiện hiệu quả sản xuất là giải pháp quan trọng để ngành nhựa phát triển bền vững.

Nhà máy sản xuất Linh kiện Nhựa THACO INDUSTRIES cũng đang đối mặt với thách thức lớn do tỷ lệ khuyết tật cao trong sản xuất. Một lượng đáng kể nguyên liệu thô bị biến thành sản phẩm lỗi, gây lãng phí tài nguyên và ảnh hưởng đến hiệu quả hoạt động. Dù một phần sản phẩm bị lỗi có thể được tái sử dụng, điều này không thể bù đắp hoàn toàn chi phí phát sinh do khuyết tật. Công ty đã xây dựng chiến lược dài hạn nhằm cải thiện chất lượng và giảm tỷ lệ sản phẩm lỗi qua từng năm. Tuy nhiên, do đặc tính của nguyên liệu thô, khuyết tật đôi khi không được nhận diện rõ ràng do khả năng tái chế và pha trộn trong quy trình sản xuất. Điều này khiến doanh nghiệp chịu thêm chi phí và làm tăng giá thành sản phẩm. Để giảm chi phí sản xuất và cải thiện chất lượng sản phẩm, doanh nghiệp cần áp dụng các công cụ quản lý chất lượng. Một trong những phương pháp hiệu quả nhất là Six Sigma, giúp giảm thiểu lỗi bằng cách kiểm soát sự biến động trong quá trình sản xuất. Trong đó, mô hình DMAIC (Định nghĩa, Đo lường, Phân tích, Cải tiến và Kiểm soát) được sử dụng rộng rãi để cải tiến quy trình sản xuất, đặc biệt trong ngành ép nhựa. Nhiều lĩnh vực khác cũng đã áp dụng mô hình này để giảm tỷ lệ sản phẩm lỗi. Báo cáo này tập trung vào việc triển khai mô hình DMAIC trong quy trình thổi nhựa để giảm thiểu khuyết tật sản phẩm.

1.2. Mục tiêu của nghiên cứu

1.2.1. Mục Tiêu Chung

Nghiên cứu này hướng đến việc nâng cao hiệu quả sản xuất thông qua việc giảm thiểu số lượng sản phẩm lỗi tại quy trình thổi nhựa sản xuất cánh hướng gió ô tô. Để đạt được mục tiêu này, mô hình Six Sigma DMAIC được lựa chọn như một phương pháp trọng tâm nhằm giải quyết bài toán chất lượng một cách hệ thống, khoa học và có thể kiểm soát. Thông qua quá trình áp dụng DMAIC, nghiên cứu kỳ vọng không chỉ xác định được nguyên nhân gây lỗi mà còn đề xuất được các giải pháp cải tiến phù hợp với thực tiễn vận hành của nhà máy, góp phần nâng cao chất lượng sản phẩm và tối ưu hóa quy trình sản xuất.

1.2.2. Mục Tiêu Cụ Thể

Xác định các loại khuyết tật chính đang ảnh hưởng nghiêm trọng đến quá trình sản xuất của nhà máy: Nghiên cứu tiến hành thu thập thông tin và phân tích dữ liệu để nhận diện những dạng lỗi phổ biến nhất trong quá trình sản xuất cánh hướng gió. Việc xác định đúng các khuyết tật chính sẽ giúp khoanh vùng vấn đề cốt lõi và là nền tảng cho việc lựa chọn hướng cải tiến hiệu quả nhất.

Tính toán số lượng sản phẩm lỗi theo từng loại khuyết tật: Thông qua thống kê dữ liệu từ các đợt sản xuất trước đây, nghiên cứu tiến hành phân loại và đo lường tỷ lệ sản phẩm không đạt chất lượng theo từng lỗi cụ thể. Kết quả này sẽ phản ánh mức độ phổ biến và mức độ ảnh hưởng của mỗi loại khuyết tật trong toàn bộ quy trình sản xuất.

Phân tích các yếu tố gây ra lỗi và tìm hiểu cách chúng ảnh hưởng đến quá trình sản xuất: Dựa trên các công cụ phân tích nguyên nhân như biểu đồ xương cá, biểu đồ Pareto hay khảo sát hiện trường, nghiên cứu làm rõ các nguyên nhân gốc rễ gây ra khuyết tật. Sự tác động của các yếu tố con người, máy móc, vật liệu và phương pháp sẽ được đánh giá một cách toàn diện để xác định mối liên hệ giữa các sai lỗi và điều kiện sản xuất thực tế.

Đề xuất các biện pháp cải tiến phù hợp: Trên cơ sở các nguyên nhân đã được xác định và phân tích, nghiên cứu đề xuất các giải pháp cải tiến khả thi, tập trung vào các yếu tố có ảnh hưởng lớn nhất đến sản phẩm đầu ra. Mục tiêu là thiết lập quy trình giám sát và phòng ngừa hiệu quả nhằm hạn chế tối đa các lỗi phát sinh, từ đó nâng cao độ ổn định và hiệu suất của dây chuyền sản xuất.

1.3. Ý Nghĩa Của Nghiên Cứu

Nghiên cứu này mang ý nghĩa quan trọng trong việc cải thiện chất lượng sản phẩm thông qua việc phân tích và loại bỏ các nguyên nhân gốc rễ gây ra lỗi trong quá trình sản xuất. Bằng cách tiếp cận vấn đề một cách có hệ thống, dựa trên các công cụ phân tích dữ liệu và phương pháp quản lý chất lượng hiện đại như Six Sigma, nghiên cứu không chỉ dừng lại ở việc phát hiện lỗi mà còn đi sâu vào bản chất của vấn đề để tìm ra giải pháp khắc phục lâu dài.

Việc giảm thiểu lỗi sản phẩm sẽ góp phần trực tiếp vào việc nâng cao hiệu quả sản xuất, giảm tỷ lệ phế phẩm và tiết kiệm chi phí vận hành. Đồng thời, quá trình này giúp tăng mức độ ổn định của quy trình, từ đó cải thiện sự hài lòng của khách hàng và năng lực cạnh tranh của doanh nghiệp trên thị trường.

1.4. Phạm vi và giới hạn của nghiên cứu

Nghiên cứu này là một trường hợp thực tế, tập trung vào nhà máy sản xuất Linh kiện Nhựa thuộc Tập đoàn THACO INDUSTRIES. Mặc dù nhà máy sản xuất đa dạng các loại sản phẩm, nghiên cứu chỉ tập trung vào các sản phẩm chính đóng góp tương đối nhiều vào doanh thu và có tỷ lệ khuyết tật cao nhất. Cụ thể, nghiên cứu chỉ phân tích loại sản phẩm là cánh hướng gió ô tô.

Ngoài ra, do thời gian thực hiện nghiên cứu có hạn và các yêu cầu bảo mật tài liệu của công ty khá nghiêm ngặt, quá trình thu thập và phân tích dữ liệu không thể được thực hiện một cách toàn diện. Điều này có thể dẫn đến việc một số nguyên nhân tiềm ẩn chưa được xác định hoặc đánh giá đầy đủ.

1.5. Tính cấp thiết của đề tài

Đề tài nghiên cứu ứng dụng mô hình Six Sigma – DMAIC trong cải tiến quy trình thổi nhựa sản phẩm cánh hướng gió tại nhà máy linh kiện nhựa THACO INDUSTRIES mang tính cấp thiết cao khi xét theo bốn tiêu chuẩn đánh giá sau:

Thứ nhất, về tầm quan trọng của đề tài: Ngành công nghiệp nhựa hiện đóng vai trò chủ lực trong lĩnh vực sản xuất linh kiện ô tô, với nhu cầu ngày càng gia tăng về chất lượng và tính chính xác của sản phẩm. Tuy nhiên, tỷ lệ sản phẩm lỗi trong thực tế sản xuất vẫn còn ở mức cao, không chỉ ảnh hưởng đến hiệu quả sản xuất mà còn làm giảm uy tín và năng lực cạnh tranh của doanh nghiệp trên thị trường. Việc cải thiện chất lượng sản phẩm nhựa là nhiệm vụ trọng tâm cần được ưu tiên thực hiện.

Thứ hai, về sự cần thiết: Sản phẩm lỗi phát sinh trong quy trình thổi nhựa gây ra lãng phí lớn về nguyên liệu, thời gian và nhân công. Đồng thời, khối lượng phế liệu tăng lên tạo áp lực cho công tác tái chế và xử lý chất thải, gây ảnh hưởng tiêu cực đến môi trường. Do đó, việc áp dụng các phương pháp quản lý chất lượng hiện đại như Six Sigma và mô hình DMAIC là yêu cầu cấp bách để kiểm soát lỗi và cải tiến quy trình sản xuất một cách hiệu quả, khoa học và có hệ thống.

Thứ ba, về tiềm năng phát triển: Khi quá trình sản xuất được cải tiến thành công, không chỉ chất lượng sản phẩm được nâng cao mà còn giúp giảm thiểu lỗi một cách ổn định và bền vững. Mô hình cải tiến này hoàn toàn có thể nhân rộng để áp dụng cho các dòng sản phẩm khác hoặc các công đoạn sản xuất khác trong cùng nhà máy, từ đó mở rộng phạm vi tác động tích cực và nâng cao hiệu quả vận hành tổng thể.

Thứ tư, về khả năng ứng dụng: Phương pháp Six Sigma – DMAIC được đánh giá là phù hợp với điều kiện sản xuất thực tế tại các nhà máy công nghiệp, đặc biệt là trong môi trường có dữ liệu đo lường sẵn có và cần cải tiến liên tục. Kết quả nghiên cứu của đề tài có thể được ứng dụng trực tiếp vào thực tiễn sản xuất, mang lại giá trị thiết thực cả về mặt kinh tế và môi trường, giúp doanh nghiệp tiết kiệm chi phí và nâng cao năng suất lao động.

Từ những phân tích trên, có thể thấy rằng nghiên cứu và áp dụng các phương pháp như mô hình DMAIC không chỉ có tác dụng trực tiếp trong việc nâng cao chất lượng sản phẩm mà còn đóng góp vào việc bảo vệ môi trường, giảm thiểu ô nhiễm và rác thải từ ngành nhựa. Việc áp dụng các biện pháp kiểm soát chất lượng hiệu quả sẽ góp phần không nhỏ vào việc tối ưu hóa quy trình, giảm thiểu lãng phí và mang lại lợi ích lâu dài cho cả doanh nghiệp và cộng đồng.

1.6. Câu hỏi nghiên cứu

Nghiên cứu này sẽ trả lời các câu hỏi sau:

1. Lỗi sản phẩm nào đang xảy ra thường xuyên nhất và gây ảnh hưởng nhiều nhất đến chất lượng?

Để cải tiến chất lượng sản phẩm một cách hiệu quả, trước tiên cần xác định loại lỗi nào đang xuất hiện với tần suất cao và gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến chất lượng đầu ra. Câu hỏi nghiên cứu này nhằm xác định các khuyết tật phổ biến nhất trong sản

phẩm, từ đó làm cơ sở để ưu tiên phân tích và triển khai các biện pháp khắc phục. Việc nhận diện đúng lỗi trọng yếu sẽ giúp doanh nghiệp tập trung nguồn lực vào đúng vấn đề, tránh dàn trải và lãng phí thời gian.

2. Làm thế nào để đo lường năng lực quy trình sản xuất?

Việc đánh giá năng lực hiện tại của quy trình sản xuất là bước không thể thiếu trong quá trình cải tiến chất lượng. Câu hỏi này tập trung vào việc xác định các phương pháp và chỉ số phù hợp để đo lường hiệu quả của quy trình. Kết quả đo lường sẽ phản ánh mức độ ổn định và khả năng đáp ứng yêu cầu kỹ thuật của quy trình, từ đó hỗ trợ ra quyết định cải tiến dựa trên dữ liệu khách quan.

3. Những nguyên nhân gốc rễ nào đang gây ra các lỗi chất lượng chính trong quy trình sản xuất?

Để giải quyết triệt để các lỗi sản phẩm, không thể chỉ dừng lại ở hiện tượng bề mặt mà cần đi sâu vào phân tích nguyên nhân gốc rễ. Câu hỏi này đặt mục tiêu làm rõ các yếu tố cốt lõi như máy móc, nguyên vật liệu, phương pháp vận hành, tay nghề công nhân hay điều kiện môi trường... có thể đang tác động tiêu cực đến chất lượng sản phẩm. Việc xác định nguyên nhân chính giúp tránh được các giải pháp tạm thời và tạo tiền đề cho những cải tiến bền vững.

4. Những giải pháp cải tiến nào có thể được áp dụng để giảm tỷ lệ lỗi và nâng cao độ ổn định của quy trình sản xuất?

Dựa trên kết quả phân tích nguyên nhân, câu hỏi này hướng đến việc đề xuất các giải pháp cụ thể và khả thi nhằm cải thiện quy trình sản xuất. Giải pháp có thể bao gồm điều chỉnh thông số kỹ thuật, chuẩn hóa thao tác, cải tiến thiết bị hoặc kiểm soát đầu vào. Mục tiêu là làm giảm tỷ lệ lỗi, đồng thời tăng tính ổn định và khả năng lặp lại của quy trình để đảm bảo chất lượng lâu dài.

5. Cần áp dụng những biện pháp kiểm soát nào để duy trì hiệu quả cải tiến và ngăn ngừa lỗi tái diễn sau khi triển khai thay đổi?

Sau khi các cải tiến được áp dụng, cần có cơ chế kiểm soát nhằm duy trì kết quả đạt được và phòng ngừa lỗi phát sinh trở lại. Câu hỏi nghiên cứu này tập trung vào việc xác định các công cụ và phương pháp kiểm soát phù hợp. Việc kiểm soát liên tục sẽ giúp đảm bảo quy trình sản xuất luôn duy trì ở trạng thái ổn định và chất lượng sản phẩm được đảm bảo theo yêu cầu.

1.7. Bố cục nghiên cứu

Báo cáo nghiên cứu được chia thành 6 chương, nhằm trình bày một cách hệ thống quá trình tìm hiểu, phân tích và đề xuất giải pháp cải tiến chất lượng trong sản xuất sản phẩm:

- Chương 1. Giới thiệu

Chương này tập trung trình bày bối cảnh nghiên cứu trong ngành công nghiệp nhựa, đặc biệt nhấn mạnh tầm quan trọng của việc kiểm soát chất lượng trong bối cảnh chi phí nguyên liệu cao, yêu cầu bảo vệ môi trường và cạnh tranh thị trường khốc liệt. Bên cạnh đó, chương cũng nêu rõ mục tiêu tổng quát và cụ thể của nghiên cứu, ý nghĩa thực tiễn và khoa học, phạm vi nghiên cứu giới hạn trong quy trình sản xuất cánh hướng gió ô tô, và các câu hỏi nghiên cứu cần giải đáp. Tính cấp bách của đề tài được đặt trong yêu cầu cấp thiết về nâng cao chất lượng, giảm tỷ lệ lỗi, tiết kiệm chi phí và hướng đến sản xuất bền vững trong ngành nhựa.

- Chương 2. Cơ sở lý thuyết

Chương này cung cấp nền tảng lý thuyết về phương pháp Six Sigma và mô hình cải tiến DMAIC. Nội dung bao gồm các khái niệm cơ bản, lợi ích và các ứng dụng Six Sigma trong sản xuất, cùng mô tả chi tiết từng giai đoạn trong mô hình DMAIC. Ngoài ra, chương cũng giới thiệu các công cụ phân tích định tính như biểu đồ xương cá, 5 Why, và công cụ định lượng như biểu đồ Pareto, chỉ số năng lực quy trình (C_p , C_{pk}), FMEA và các phương pháp lấy mẫu. Những lý thuyết này là nền tảng cho các phân tích và giải pháp trong chương tiếp theo.

- Chương 3. Giới thiệu công ty

Chương 3 tập trung vào việc giới thiệu tổng quan về Công ty sản xuất linh kiện nhựa thuộc Tập đoàn THACO INDUSTRIES – một đơn vị chủ lực trong lĩnh vực sản xuất linh kiện nhựa cho ngành ô tô tại Việt Nam. Nội dung bao gồm lịch sử hình thành, lĩnh vực hoạt động và thị trường của công ty. Ngoài ra, chương còn trình bày mô tả chi tiết về sản phẩm cánh hướng gió ô tô, nguyên vật liệu sử dụng và quy trình sản xuất cơ bản. Hệ thống công nghệ và tiêu chuẩn chất lượng được áp dụng cũng được phân tích nhằm cho thấy năng lực và tiềm năng cải tiến của nhà máy.

- Chương 4. Thực trạng quy trình sản xuất

Chương này đi sâu vào phân tích thực trạng quy trình sản xuất sản phẩm cánh hướng gió ô tô tại nhà máy. Trọng tâm là đánh giá chi tiết về các công đoạn trong dây chuyền thổi nhựa, thời gian chu kỳ và loại lỗi thường gặp. Đồng thời, chương cũng đánh giá bước đầu mức độ ảnh hưởng của các lỗi này đến chất lượng sản phẩm, trình bày các phương pháp thu thập dữ liệu, cách thức lấy mẫu và công cụ phân tích đã sử dụng, từ đó làm tiền đề cho việc đo lường và phân tích các nguyên nhân cốt lõi ở chương sau.

- Chương 5. Ứng dụng mô hình DMAIC

Chương này triển khai mô hình DMAIC để giải quyết vấn đề lỗi trong quy trình sản xuất. Ở bước Định nghĩa, vấn đề chất lượng và phạm vi cải tiến được xác định. Bước Đo lường giúp lượng hóa lỗi và xác định năng lực hiện tại của quy trình. Trong bước

Phân tích, các nguyên nhân gốc rễ của lỗi được tìm ra thông qua các công cụ phân tích. Bước Cải tiến đề xuất các giải pháp điều chỉnh thông số, cải tiến thao tác, kiểm soát đầu vào. Cuối cùng, bước Kiểm soát xây dựng cơ chế giám sát liên tục nhằm duy trì kết quả cải tiến, đảm bảo quy trình sản xuất vận hành ổn định và hiệu quả.

- Chương 6. Đánh giá hiệu quả

Chương cuối cùng tổng kết và đánh giá kết quả thu được sau khi áp dụng mô hình DMAIC. Các chỉ tiêu như tỷ lệ lỗi, số lượng lỗi, chi phí sản xuất và chi phí hao hụt do lỗi được so sánh trước và sau cải tiến để minh chứng hiệu quả của giải pháp. Đồng thời, chương cũng đưa ra những kiến nghị để duy trì và mở rộng cải tiến, cũng như khả năng ứng dụng mô hình trong các quy trình sản xuất khác tại doanh nghiệp.

CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Trong quá trình sản xuất và quản lý chất lượng hiện nay, các doanh nghiệp ngày càng chú trọng đến việc áp dụng những phương pháp và công cụ tiên tiến nhằm nâng cao hiệu suất, giảm thiểu sai lỗi và đáp ứng kỳ vọng ngày càng cao của khách hàng. Một trong những phương pháp quản lý chất lượng được đánh giá là hiệu quả và có tính hệ thống cao chính là Six Sigma. Phương pháp này không chỉ giúp doanh nghiệp kiểm soát quá trình sản xuất một cách khoa học mà còn hướng đến cải tiến liên tục thông qua việc ra quyết định dựa trên dữ liệu và phân tích thống kê.

Chương này trình bày cơ sở lý thuyết của đề tài, bao gồm tổng quan về phương pháp Six Sigma, mô hình DMAIC – chu trình cải tiến cốt lõi trong Six Sigma, cũng như các công cụ thống kê thường được sử dụng trong từng giai đoạn của mô hình.

2.1. Tổng quan về Six sigma

2.1.1. Khái niệm Six sigma

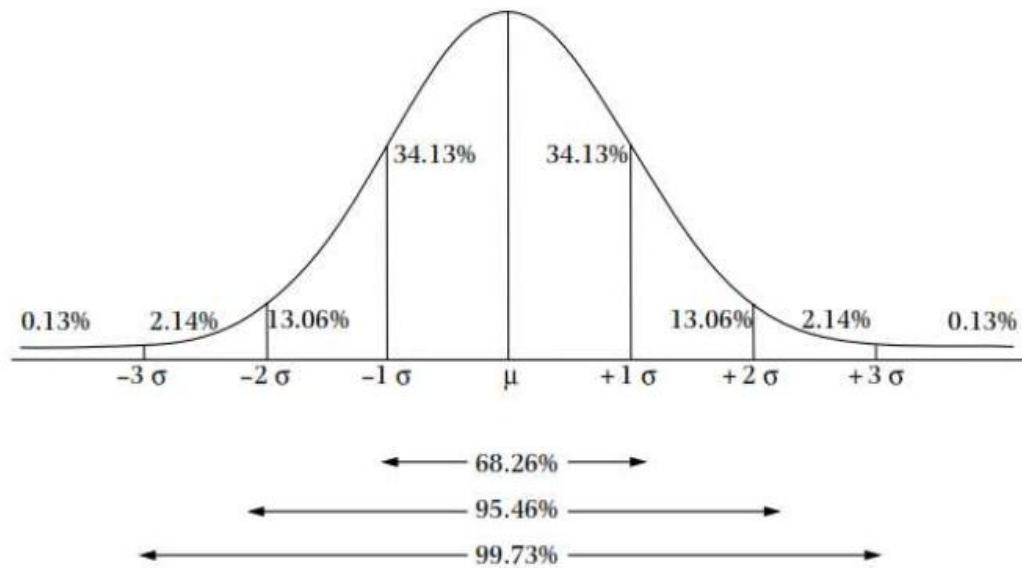
Theo Tổ chức quốc tế về Tiêu chuẩn hóa (ISO) định nghĩa, “6 Sigma là một phương pháp tiếp cận cải tiến hoạt động kinh doanh dựa trên thống kê nhằm tìm kiếm và loại bỏ các khuyết tật và nguyên nhân của chúng từ các quá trình của một tổ chức, tập trung vào kết quả đầu ra quan trọng cho khách hàng”. [3]

Six Sigma bắt nguồn từ đường cong hình chuông được sử dụng trong thống kê, một Sigma tượng trưng cho một độ lệch chuẩn duy nhất so với giá trị trung bình. Với tiêu chuẩn Six Sigma, chỉ cho phép có khoảng 3 - 4 lỗi/ khuyết tật trên 1 triệu sản phẩm được sản xuất hoặc quy trình. 6 Sigma tương đương với tỷ lệ lỗi là khoảng 0,00034% trên tổng sản phẩm/ quy trình sản xuất. [4]

2.1.2. Ý nghĩa đo lường mức six – sigma

Mục đích của 6 Sigma là nâng cao chất lượng của quá trình cho ra thành phẩm bằng cách nhận diện và loại bỏ những nguyên nhân gây lỗi, khuyết tật và giảm thiểu tối đa sự dao động trong sản xuất và hoạt động kinh doanh. Đây là hệ thống các phương pháp quản lý chất lượng, bao gồm các phương pháp thống kê, và tạo ra một nền tảng kiến thức đặc biệt cho những người quản lý trong tổ chức. Mỗi dự án của một tổ chức áp dụng 6 Sigma theo các bước xác định và phải định lượng ra được các mục tiêu, ví dụ: giảm thời gian sản xuất, mức độ thỏa mãn của khách hàng, giảm chất thải gây ô nhiễm môi trường, giảm chi phí sản xuất và nâng mức lợi nhuận. [3]

Mức sigma cho thấy được năng lực quá trình. Mức sigma càng cao thì số khuyết tật càng ít, điều đó tương đương với chi phí sản xuất càng thấp và lợi nhuận càng cao.



Hình 2.1. Đường cong hình chuông phân đoạn six-sigma

Hình trên minh họa cách đo lệch chuẩn đo lường sự biến động của một quy trình so với giá trị trung bình. Nếu 68.26% dữ liệu nằm xung quanh giá trị trung bình, thì ta coi đó là lệch 1 độ lệch chuẩn tức 1 sigma. Khi phạm vi mở rộng đến 2 độ lệch chuẩn, nó bao phủ 94.46% dữ liệu, cho thấy quy trình đang được kiểm soát trong 2 sigma. Six Sigma có nghĩa là quy trình được kiểm soát trong phạm vi 6 độ lệch chuẩn, tức là 99.9997% sản phẩm hoặc dịch vụ được tạo ra đạt chất lượng mong muốn. Điều này đồng nghĩa với việc chỉ có khoảng 3.14 lỗi hoặc khuyết tật trên mỗi một triệu sản phẩm hoặc cơ hội sản xuất

Theo các chuyên gia Six Sigma, mỗi quy trình có nhiều cơ hội để xảy ra lỗi hoặc khuyết tật. Vì vậy, khi tính toán DPMO (Defects Per Million Opportunities – Số khuyết tật trên một triệu cơ hội), người ta xem xét không chỉ số lượng lỗi mà còn số lần có thể xảy ra lỗi trong quy trình.

Trước khi tính toán DPMO, cần xác định ba yếu tố quan trọng:

Số lỗi: Bất kỳ lỗi nào không đáp ứng yêu cầu của khách hàng.

Số cơ hội xảy ra lỗi: Một cơ hội cho một khuyết tật xảy ra.

Số đơn vị sản xuất: Sản phẩm được sản xuất hoặc dịch vụ đang được cung cấp.

$$DPMO = \frac{\text{Số lỗi} \times 1000000}{\text{Số cơ hội xảy ra lỗi} \times \text{số đơn vị sản xuất}} \quad (2.1)$$

Sau khi tính được DPMO, chúng ta có thể tra bảng để xác định mức sigma của quy trình, từ đó đánh giá chất lượng sản phẩm hoặc dịch vụ.

Bảng 2.1. Bảng chuyển đổi DPMO và mức sigma đã được đơn giản hóa

Tỷ lệ đạt của quá trình	DPMO	Mức sigma
30,9%	691500	1
69,2%	308500	2
93,3%	66800	3
99,4%	6200	4
99,98%	230	5
99,9997%	3.4	6

Bảng trên cho thấy mối tương quan giữa tỷ lệ đạt của quá trình, chỉ số DPMO và mức sigma. Thông qua bảng này, có thể dễ dàng đánh giá mức độ hoàn thiện của một quy trình dựa trên số lượng lỗi phát sinh trên một triệu cơ hội. Mức sigma càng cao thì DPMO càng thấp, đồng nghĩa với việc quy trình tạo ra sản phẩm hoặc dịch vụ có độ chính xác cao hơn. Bảng chuyển đổi này là công cụ quan trọng trong Six Sigma, giúp doanh nghiệp theo dõi và cải thiện hiệu suất chất lượng một cách cụ thể và định lượng.

2.1.3. Các lợi ích của Six sigma

Six Sigma không chỉ là một phương pháp cải tiến quy trình, mà còn là một hệ thống quản lý chất lượng toàn diện đã được chứng minh hiệu quả qua thực tiễn tại hàng loạt các tập đoàn hàng đầu thế giới như Motorola, GE, Honeywell, Citigroup, IBM, Sony, Ford,... Việc lựa chọn phương pháp Six Sigma trong đề tài này xuất phát từ những giá trị thiết thực mà phương pháp này mang lại, cụ thể: [3]

Giảm thiểu chi phí sản xuất và gia tăng lợi nhuận: Six Sigma giúp giảm mạnh tỷ lệ khuyết tật, từ đó hạn chế lãng phí nguyên vật liệu, nhân công và thời gian xử lý sai lỗi. Điều này trực tiếp làm giảm chi phí sản xuất trên từng đơn vị sản phẩm, giúp doanh nghiệp tối ưu hóa lợi nhuận.

Nâng cao hiệu quả quản lý: Khi quy trình được kiểm soát chặt chẽ và lỗi được ngăn ngừa từ gốc, doanh nghiệp tiết kiệm thời gian xử lý lỗi và có thể tập trung nguồn lực cho các hoạt động giá trị cao hơn như phát triển sản phẩm mới, cải tiến kỹ thuật, đào tạo nhân lực...

Tăng mức độ hài lòng và trung thành của khách hàng: Bằng cách giảm thiểu sai lỗi và nâng cao chất lượng ổn định, Six Sigma giúp doanh nghiệp duy trì chất lượng sản phẩm đồng đều và đáp ứng tốt hơn kỳ vọng của khách hàng, từ đó xây dựng niềm tin và nâng cao uy tín thương hiệu.

Rút ngắn thời gian chu kỳ sản xuất: Với quy trình được tối ưu hóa, sự cố trong quá trình sản xuất ít xảy ra hơn, dẫn đến thời gian sản xuất ngắn hơn và chi phí nhân công giảm. Điều này đặc biệt quan trọng trong ngành nhựa kỹ thuật, nơi tốc độ và sự ổn định là yếu tố cạnh tranh then chốt.

Cải thiện khả năng giao hàng đúng hạn: Một trong những vấn đề lớn trong sản xuất là giao hàng trễ do sự cố quy trình. Six Sigma giúp loại bỏ sự biến động bất ổn, đảm bảo lịch trình sản xuất ổn định và tăng tỷ lệ giao hàng đúng hạn.

Tăng khả năng mở rộng quy mô sản xuất: Với quy trình được kiểm soát tốt và hiểu rõ nguyên nhân gốc rễ của các sai lỗi tiềm ẩn, doanh nghiệp dễ dàng nhân rộng mô hình sản xuất mà không làm tăng tỷ lệ lỗi hoặc phát sinh sự cố mới.

Với những lợi ích vượt trội về kỹ thuật, tài chính và quản trị đã được chứng minh trong thực tế doanh nghiệp toàn cầu, Six Sigma là lựa chọn phù hợp để THACO INDUSTRIES triển khai cải tiến chất lượng, đặc biệt trong bối cảnh sản xuất hàng loạt linh kiện nhựa đòi hỏi độ chính xác, tốc độ và ổn định cao.

2.1.4. Các mô hình cải tiến trong Six Sigma

Trong suốt nhiều thập kỷ qua, các nhà nghiên cứu và học giả về Six Sigma đã phát triển nhiều mô hình cải tiến nhằm tối ưu hóa chất lượng và hiệu quả quy trình. Một số mô hình tiêu biểu có thể kể đến như: DMAIC, DMADV, Breakthrough Strategy, Six Sigma Roadmap, New Six Sigma, phương pháp Eckes, IDOV và DMEDV. Trong số đó, hai mô hình được ứng dụng phổ biến và rộng rãi nhất là DMAIC và DMADV. [5]

- DMAIC (Define – Measure – Analyze – Improve – Control)

Mô hình DMAIC là phương pháp phổ biến nhất trong Six Sigma, được áp dụng khi sản phẩm hoặc quy trình đã tồn tại nhưng chưa đáp ứng yêu cầu khách hàng. Phương pháp này gồm năm bước: Xác định vấn đề (Define), đo lường hiệu suất hiện tại (Measure), phân tích nguyên nhân gốc rễ (Analyze), cải tiến quy trình (Improve) và kiểm soát để duy trì kết quả (Control). DMAIC giúp loại bỏ sai lỗi, giảm biến động và nâng cao chất lượng sản phẩm.

- DMADV (Define – Measure – Analyze – Design – Verify)

DMADV là phương pháp được sử dụng để thiết kế hoặc tái thiết kế quy trình sản phẩm mới nhằm đảm bảo đáp ứng các yêu cầu chất lượng ngay từ đầu. Khác với DMAIC, hai bước cuối được thay bằng “Design” và “Verify” để tập trung vào việc phát triển và kiểm định thiết kế. Phương pháp này đặc biệt phù hợp với các dự án chưa có quy trình hoặc sản phẩm hiện hữu.

- Breakthrough Strategy (Chiến lược đột phá)

Được đề xuất bởi Dr. Mikel Harry và Dr. Richard Schroeder vào năm 2000, Breakthrough Strategy là một phương pháp định hướng theo cấp độ tổ chức, gồm ba tầng: kinh doanh, vận hành và quy trình. Ở cấp độ kinh doanh, mục tiêu là tăng lợi nhuận và duy trì chiến lược dài hạn. Cấp độ vận hành tập trung nâng cao hiệu suất, giảm lãng phí và chi phí không chất lượng. Trong khi đó, cấp độ quy trình hướng đến giảm sai lỗi và biến động, đảm bảo sự liên kết giữa mục tiêu chiến lược và vận hành.

- Six Sigma Roadmap (Lộ trình triển khai Six Sigma)

Đây là phương pháp do John M. Gross phát triển năm 2001, chuyên dùng để định hướng triển khai chương trình Six Sigma trong tổ chức. Lộ trình bao gồm các bước như: Đào tạo quản lý, xây dựng đội ngũ chuyên gia nội bộ (Black Belt, Green Belt), chỉ định người bảo trợ cấp cao, đặt mục tiêu định lượng và lập kế hoạch thực hiện cụ thể. Phương pháp này giúp toàn doanh nghiệp hiểu rõ vai trò, chi phí và lợi ích của các dự án Six Sigma trước khi bắt đầu.

- New Six Sigma (Six Sigma mới)

Phát triển bởi Matt Barney và Tom McCarty năm 2003, phương pháp New Six Sigma nhấn mạnh việc tích hợp Six Sigma vào các chỉ số chiến lược chính của doanh nghiệp (như thẻ điểm cân bằng). Mô hình này bắt đầu bằng đánh giá hiệu quả hiện tại thông qua phân tích SWOT, sau đó đào tạo các nhóm thực hiện, và triển khai các dự án với sự giám sát liên tục từ lãnh đạo cấp cao.

- Eckes Method (Phương pháp Eckes)

George Eckes đưa ra phương pháp này vào năm 2001 với định hướng tập trung vào khía cạnh quản trị quy trình và văn hóa tổ chức. Các bước chính bao gồm: Xác định mục tiêu kinh doanh, xây dựng quy trình trọng yếu, lựa chọn dự án Six Sigma, thiết lập các chỉ số đo lường và quản lý quy trình cải tiến liên tục. Mô hình này đặc biệt chú trọng đến việc phân công trách nhiệm rõ ràng và huy động toàn bộ nhân sự tham gia.

- IDOV (Identify – Design – Optimize – Verify)

IDOV là phương pháp phát triển sản phẩm mới thuộc Design for Six Sigma (DFSS), được tạo ra bởi David Woodford vào năm 2003. Phương pháp gồm bốn bước: xác định yêu cầu khách hàng (Identify), thiết kế các giải pháp (Design), tối ưu hóa sản phẩm bằng công cụ thống kê (Optimize), và xác nhận toàn bộ yêu cầu đã được đáp ứng (Verify).

- DMEDI (Define – Measure – Explore – Develop – Implement)

DMEDI được Kimberly Watson-Hemphill phát triển cho PwC nhằm kiểm soát chặt chẽ quá trình ra mắt sản phẩm hoặc dịch vụ mới. Mô hình bao gồm: xác định vấn đề (Define), đo lường chi tiết (Measure), phân tích các phương án phát triển (Explore), phát triển giải pháp (Develop) và triển khai (Implement).

2.2. Tổng quan về mô hình DMAIC

2.2.1. Cơ sở lựa chọn mô hình DMAIC

Hiện nay, mô hình DMAIC được sử dụng rất phổ biến trong việc triển khai phương pháp Six Sigma. Nhiều ngành công nghiệp áp dụng mô hình này để giải quyết các vấn đề liên quan đến chất lượng sản phẩm và quy trình sản xuất. Lý do khiến DMAIC được ưa chuộng là vì nó đi theo các bước giống như một quy trình giải quyết vấn đề rõ

ràng, dễ hiểu và có tính thực tiễn cao. Mô hình DMAIC còn được xem là nền tảng cốt lõi khi áp dụng Six Sigma, đóng vai trò như một “bản đồ chỉ đường” cho các hoạt động cải tiến chất lượng. DMAIC là một lựa chọn hợp lý và thực tiễn cho các doanh nghiệp muốn cải tiến chất lượng một cách hiệu quả và bền vững. [5]

Không những vậy, DMAIC có khả năng đồng bộ với mục tiêu kinh doanh thông qua việc xác định và loại bỏ các vấn đề tồn tại trong quá trình. Nhờ vào tính chất chu trình, mô hình còn thúc đẩy cải tiến liên tục: Sau mỗi vòng cải tiến và kiểm soát, quy trình lại tiếp tục với việc xác định vấn đề mới. DMAIC cũng được xem như một bước phát triển nâng cao của chu trình PDCA truyền thống, và có thể tích hợp linh hoạt với các hoạt động quản lý chất lượng toàn diện (TQM) và Kaizen.

Từ những phân tích trên, có thể thấy DMAIC không chỉ là nền tảng cho Six Sigma mà còn là một lộ trình cải tiến toàn diện và gần như tối ưu. Mô hình này phù hợp với thực tiễn doanh nghiệp, giúp giảm lỗi hiệu quả, đồng thời nâng cao kỹ năng và kiến thức cho toàn bộ nhân viên thông qua các công cụ cụ thể ở từng giai đoạn. Vì vậy, lựa chọn DMAIC là một giải pháp khả thi và hợp lý cho mục tiêu cải tiến chất lượng trong tổ chức.

2.2.2. Mô hình DMAIC

Six Sigma tiếp cận theo chu trình cải tiến qua 5 bước: Define (Xác định), Measure (Đo lường), Analyze (Phân tích), Improve (Cải tiến) và Control (Kiểm soát), gọi tắt là DMAIC. Định nghĩa chi tiết của từng giai đoạn được liệt kê như sau: [3]

- **Giai đoạn Xác định (Define):** Mục tiêu của giai đoạn này là xác định rõ ràng vấn đề và mục tiêu của dự án.

Cụ thể:

- Làm rõ mong muốn và kỳ vọng của khách hàng.
- Xác định phạm vi dự án: làm ở đâu, giới hạn đến đâu.
- Xác định quy trình hiện tại để thấy toàn bộ luồng công việc.
- **Giai đoạn Đo lường (Measure):** Mục tiêu là thu thập dữ liệu liên quan đến quy trình để hiểu rõ vấn đề.
Các bước chính:
 - Đo lường hiệu suất hiện tại của quy trình (có đáp ứng yêu cầu khách hàng không?).
 - Lập kế hoạch thu thập dữ liệu phù hợp.
 - So sánh dữ liệu thực tế với mục tiêu để xác định điểm yếu, lỗi và thiếu sót.
- **Giai đoạn Phân tích (Analyze):** Mục tiêu là tìm ra nguyên nhân gốc rễ của lỗi hoặc vấn đề. Bao gồm:
 - Phân tích dữ liệu để tìm hiểu lý do gây ra khuyết tật.

- Xác định các điểm khiến quy trình dao động (thiếu ổn định).
- Ưu tiên chọn ra các vấn đề lớn nhất để tập trung cải tiến.
- **Giai đoạn Cải tiến (Improve):** Mục tiêu là đề xuất và thực hiện giải pháp để cải thiện quy trình. Bao gồm:
 - Đưa ra các ý tưởng để xử lý nguyên nhân gây lỗi.
 - Thử nghiệm và triển khai các giải pháp phù hợp.
 - Nâng cao hiệu quả và độ ổn định của quy trình.
- **Giai đoạn Kiểm soát (Control):** Mục tiêu là duy trì kết quả đã đạt được và ngăn quy trình quay lại tình trạng cũ. Bao gồm:
 - Theo dõi quy trình để đảm bảo không xuất hiện lỗi mới.
 - Thiết lập hệ thống giám sát và kiểm soát chất lượng.
 - Tích hợp các cải tiến vào quy trình làm việc hằng ngày.

2.3. Các công cụ hỗ trợ

Trong quá trình triển khai Six Sigma, việc sử dụng các công cụ hỗ trợ là yếu tố then chốt giúp phân tích, đánh giá và kiểm soát chất lượng một cách hiệu quả. Các công cụ này được phân thành hai nhóm chính: *Công cụ định tính* và *công cụ định lượng*. Nhóm công cụ định tính thường được sử dụng để thu thập ý kiến, mô tả vấn đề và hỗ trợ ra quyết định dựa trên kinh nghiệm và phán đoán. Trong khi đó, các công cụ định lượng đóng vai trò quan trọng trong việc đo lường, phân tích dữ liệu và xác định nguyên nhân gốc rễ của vấn đề. Sự kết hợp linh hoạt giữa hai nhóm công cụ này giúp đảm bảo độ chính xác và tính toàn diện trong từng giai đoạn của mô hình cải tiến Six Sigma. [3]

2.3.1. Một số công cụ phân tích định tính [3]

❖ Biểu đồ nhân quả

Biểu đồ nhân quả là một danh sách liệt kê những nguyên nhân có thể có dẫn đến kết quả. Đây là một phương pháp nhằm tìm ra nguyên nhân của một vấn đề, từ đó thực hiện hành động khắc phục để đảm bảo chất lượng. Biểu đồ nhân quả là công cụ được dùng nhiều nhất trong việc tìm kiếm những nguyên nhân của khuyết tật trong quá trình sản xuất.

Biểu đồ nhân quả cho biết bức tranh toàn cảnh về tất cả những nguyên nhân của vấn đề; Là công cụ hữu hiệu sắp xếp mối quan hệ giữa nguyên nhân và kết quả, phát hiện ra các nguyên nhân thực để phân tích và phân loại xem vấn đề tồn tại ở đâu; Để chuẩn bị các biện pháp cải tiến: Nó có hiệu quả trong việc phân loại các biện pháp làm giảm ảnh hưởng của các nhân tố đã được xác định.

❖ Biểu đồ cây

Biểu đồ cây, còn được gọi là biểu đồ hệ thống, là sự ứng dụng của phương pháp được phát triển để phân tích chức năng về giá trị của công việc. Phương pháp này bắt

đầu bằng việc thiết lập một mục tiêu (chỉ tiêu, mục đích, hay kết quả) và thực hiện các chiến lược để đạt được mục tiêu đó.

Xây dựng biểu đồ cây đem lại các hướng dẫn cụ thể cho việc giải quyết một vấn đề. Các biểu đồ cây được phân loại theo việc triển khai chiến lược hoặc triển khai từng phần, phụ thuộc vào mục đích sử dụng.

❖ Phương pháp 5 WHY

“5WHY” là một kỹ thuật đơn giản dùng để giải quyết vấn đề, giúp người sử dụng nhanh chóng tìm ra nguyên nhân gốc rễ thật sự. Cách hỏi của 5 tại sao sẽ cho phép truy vấn được nguyên nhân sâu xa, thực sự của mỗi vấn đề và tìm đến các nguyên nhân thực thụ, có tính gốc rễ.

Phương pháp “5WHY” là một công cụ rất hiệu quả và dễ sử dụng để tìm ra gốc rễ của vấn đề. Bởi vì nó rất cơ bản nên dễ áp dụng cho hầu hết mọi vấn đề. Tuy nhiên, nếu nó không đưa ra một câu trả lời rõ ràng, thì nên áp dụng các kỹ thuật giải quyết vấn đề khác.

❖ Sơ đồ quá trình

Sơ đồ quá trình là một đồ thị biểu diễn một chuỗi các bước cần thiết để thực hiện một hành động, làm trực quan mối liên hệ giữa con người, các quá trình và các chức năng nhằm xác định các bước bị lặp lại hoặc các bước không đem lại giá trị trong quá trình.

Thiết lập sơ đồ quá trình rất đơn giản: các công việc được thể hiện bằng hình chữ nhật, các quyết định và xem xét được thể hiện bằng hình thoi, các hoạt động đó được nối với nhau bằng mũi tên để thể hiện luồng công việc.

2.3.2. Một số công cụ phân tích định lượng [3]

❖ Biểu đồ Pareto

Biểu đồ Pareto là một dạng biểu đồ kết hợp cả dạng biểu đồ cột và đường. Trong đó các giá trị được biểu diễn dạng cột theo thứ tự giảm dần và giá trị tích lũy được biểu diễn theo dạng đường. Mục đích của biểu đồ Pareto là làm nổi bật lên các yếu tố quan trọng nhất trong một tập hợp các yếu tố. Trong kiểm soát chất lượng, biểu đồ thường thể hiện các nguyên nhân phổ biến nhất tạo ra khuyết tật, các dạng khuyết tật có tần suất xảy ra cao nhất, hoặc các vấn đề khiếu nại của khách hàng thường gặp nhất...

Biểu đồ Pareto có ý nghĩa trong việc lựa chọn mục tiêu hoặc các vấn đề cần tập trung ưu tiên giải quyết, giúp tối ưu hóa việc đầu tư tiền bạc và thời gian. Biểu đồ được áp dụng khi phân tích dữ liệu liên quan đến việc quyết định yếu tố nào quan trọng nhất ảnh hưởng đến vấn đề. Khi sử dụng biểu đồ này, cần áp dụng quy tắc 80 - 20, tức là 20% loại lỗi có tần suất xảy ra chiếm 80%, đây chính là các vấn đề cần ưu tiên.

❖ Biểu đồ phân bố (Histogram)

Biểu đồ phân bố dùng để đo tần số xuất hiện của một vấn đề nào đó, cho ta thấy rõ hình ảnh sự thay đổi, biến động của một tập dữ liệu. Biểu đồ histogram còn gọi là biểu đồ tần suất, là đồ thị thống kê biểu diễn sự phân bố của một tập dữ liệu liên tục thông qua các cột được vẽ, mỗi cột biểu diễn một loại hoặc khoảng lớp cụ thể. Chiều cao của thanh phản ánh tần suất hoặc số lượng điểm dữ liệu trong mỗi nhóm.

Về bản chất, biểu đồ histogram tiết lộ các mẫu, xu hướng và thông tin chi tiết ẩn trong dữ liệu thô, không có thứ tự – thể hiện một bức tranh có tổ chức giúp việc diễn giải và phân tích dễ quản lý và hiệu quả hơn.

❖ Biểu đồ phân tán (Scatter Diagram)

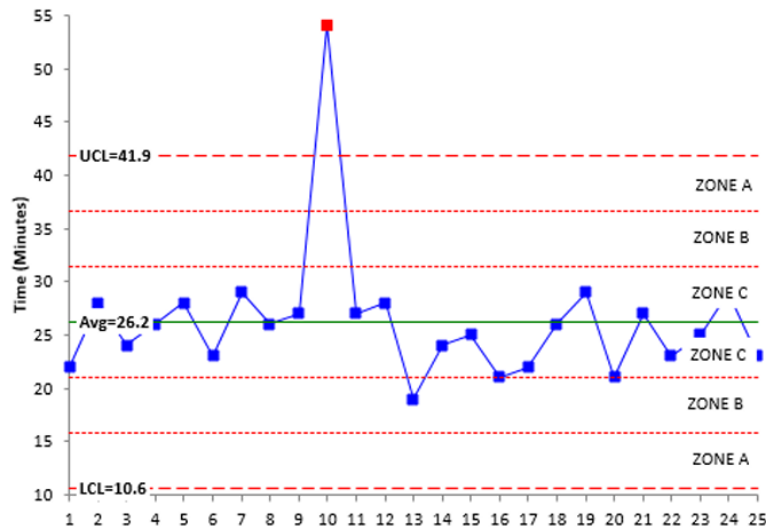
Biểu đồ phân tán chỉ ra mối quan hệ giữa 2 biến trong phân tích số liệu. Biểu đồ này được sử dụng giải quyết các vấn đề và xác định điều kiện tối ưu bằng cách phân tích định lượng mối quan hệ nhân quả giữa các biến số. Dựa vào việc phân tích biểu đồ có thể thấy được nhân tố này phụ thuộc như thế nào vào một nhân tố khác và mức độ phụ thuộc giữa chúng.

❖ Biểu đồ kiểm soát

Để biết được liệu một quá trình đang “trong tầm kiểm soát” hay “ngoài vòng kiểm soát” về mặt thống kê, phải bắt đầu đo lường thực sự một quá trình trong một thời gian và sau đó kiểm tra mức dao động dựa trên những số liệu thu thập được, khi có đủ thông tin, có thể tính toán được một chỉ số gọi là “Giới hạn Kiểm soát” nhằm kiểm tra mức độ hiệu quả của một quá trình đang vận hành.

Phân tích đặc điểm của biểu đồ kiểm soát: [6]

Khi xem xét và phân tích một biểu đồ kiểm soát, chúng ta có 8 quy tắc là các tín hiệu để xem xét công đoạn của chúng ta có dấu hiệu vượt ra ngoài tầm kiểm soát hay không. Một số các quy tắc này được phân loại theo vùng. Để thuận tiện chúng ta sẽ chia biểu đồ kiểm soát ra làm 3 vùng tương ứng là A, B và C. Vùng C là gần nhất với đường trung bình. Nó đại diện cho khu vực từ đường trung bình đến giá trị 1 sigma. Ở đây có 2 vùng C, một bên trên và một bên dưới đường trung bình. Vùng B thể hiện cho khu vực có giá trị từ 1 sigma đến 2 sigma, tương tự như vùng C, vùng B cũng có 2 vùng bên trên và bên dưới đường trung bình. Vùng A là vùng từ 2sigma đến 3sigma và nó cũng có 2 vùng nằm trên và dưới đường trung bình. Hình dưới minh họa cho các vùng đã nói ở trên:



Hình 2.2. Các vùng minh họa trong biểu đồ kiểm soát

Dưới đây là bảng 8 quy tắc để xác định quy trình có nằm ngoài vùng kiểm soát hay không:

Bảng 2.2. 8 quy tắc để xác định quy trình có nằm ngoài vùng kiểm soát hay không

Quy tắc	Tên nguyên tắc	Nguyên mẫu
1	Ngoài giới hạn	Một hoặc nhiều điểm ngoài giới hạn kiểm soát
2	Vùng A	2 trong 3 điểm liên tiếp nằm trong hoặc ngoài vùng A
3	Vùng B	4 trong 5 điểm liên tiếp nằm trong hoặc ngoài vùng B
4	Vùng C	7 điểm liên tiếp hoặc nhiều hơn nằm ở một bên của đường trung tâm
5	Xu hướng	7 điểm liên tiếp tăng dần hoặc giảm dần
6	Hỗn hợp	8 điểm liên tiếp mà không có điểm nào nằm trong vùng C
7	Phân tầng	15 điểm liên tiếp nằm trong vùng C
8	Vượt kiểm soát	14 điểm liên tiếp thay nhau lên xuống

Ý nghĩa của từng quy tắc trong việc phân tích và phát hiện bất thường:

- Ngoài giới hạn: Dữ liệu có thể cho thấy quá trình không ổn định hoặc có sự kiện đặc biệt xảy ra ngoài sự kiểm soát thông thường.
- Vùng A: Quá trình đang có xu hướng di chuyển xa khỏi đường trung tâm, có thể là dấu hiệu của sự thay đổi trong quy trình sản xuất hoặc tác động từ bên ngoài.
- Vùng B: Quá trình có xu hướng bất ổn định, tuy không mạnh mẽ như quy tắc vùng A, nhưng có thể cần chú ý và điều tra nguyên nhân.
- Vùng C: Quá trình bị lệch khỏi trung tâm một cách nhất quán, chỉ ra sự dịch chuyển hoặc thay đổi trong hệ thống.
- Xu hướng: Có xu hướng tăng hoặc giảm liên tục, cho thấy có một yếu tố nhất định đang tác động đến quá trình, dẫn đến sự thay đổi theo thời gian.

- Hỗn hợp: Dữ liệu không xuất hiện trong vùng trung tâm, có thể cho thấy quy trình không ngẫu nhiên hoặc có mẫu số chung nào đó gây ra sự phân tán bất thường.
- Phân tầng: Quy trình đang bị kiểm soát quá mức, dẫn đến dữ liệu tập trung quá gần đường trung tâm. Điều này có thể do thiếu biến động tự nhiên hoặc lỗi trong thu thập dữ liệu.
- Vượt kiểm soát: Quá trình có mẫu hình dao động lặp đi lặp lại, cho thấy sự can thiệp nhân tạo hoặc ảnh hưởng từ các yếu tố bên ngoài như thiết bị không ổn định.

Những nguyên tắc này giúp nhận ra các bất thường trong quy trình, từ đó có thể xác định nguyên nhân và điều chỉnh kịp thời. Mỗi nguyên tắc tương ứng với một loại biến động, như lỗi hệ thống, lỗi ngẫu nhiên, hoặc xu hướng bất ổn. Dựa vào các nguyên tắc trên có thể xác định các lỗi có đang nằm trong vùng kiểm soát hay không.

2.3.3. Chỉ số năng lực quy trình

Chỉ số năng lực quy trình, còn được gọi là C_p và C_{pk} , là một số liệu thống kê được sử dụng để đo lường khả năng của một quy trình sản xuất trong việc tạo ra sản phẩm đáp ứng các yêu cầu hoặc thông số kỹ thuật chất lượng cụ thể.

Nó cung cấp một phương pháp định lượng để đánh giá mức độ hiệu quả của một quy trình so với sự thay đổi tự nhiên hoặc giới hạn dung sai của nó.

Chỉ số năng lực quy trình có hai thành phần chính: [7]

- ❖ **C_p (Khả năng quy trình)** : Đo lường khả năng tiềm tàng hoặc khả năng vốn có của một quy trình để tạo ra sản lượng trong giới hạn dung sai đã chỉ định, giả sử quy trình được tập trung. C_p xem xét tỷ lệ giữa giới hạn thông số kỹ thuật với sự thay đổi hoặc lan truyền tự nhiên của quy trình.

Giá trị C_p bằng 1,00 trở lên cho biết độ biến thiên tự nhiên của quy trình nhỏ hơn độ biến thiên cho phép, nghĩa là quy trình có khả năng đáp ứng các thông số kỹ thuật một cách nhất quán.

Giá trị C_p càng cao thì quy trình càng có khả năng. Sau đây là cách giải thích chung về giá trị C_p :

- $C_p < 1.00$ – Quy trình không có khả năng đáp ứng các thông số kỹ thuật
 - $C_p = 1.00$ – Quy trình hầu như không thể đáp ứng được các thông số kỹ thuật
 - $C_p > 1.00$ – Quy trình có khả năng đáp ứng các thông số kỹ thuật
 - $C_p \geq 1.33$ – Quy trình có khả năng đáp ứng các thông số kỹ thuật cao
- ❖ **C_{pk} (Chỉ số năng lực quy trình)** : Đo lường năng lực thực tế của quy trình, tính đến cả sự thay đổi quy trình và sự tập trung của quy trình so với giới hạn thông số kỹ thuật. C_{pk} tính đến bất kỳ sự dịch chuyển hoặc trôi dạt nào trong giá trị trung bình của quy trình khỏi mục tiêu hoặc điểm giữa của thông số kỹ thuật.

Giá trị Cpk cho biết quy trình được tập trung tốt như thế nào trong giới hạn thông số kỹ thuật. Giá trị Cpk từ 1,00 trở lên cho biết quy trình vừa có khả năng vừa được tập trung tốt. Sau đây là cách giải thích chung về giá trị Cpk:

- $Cpk < 1.00$ – Quy trình không có khả năng và/hoặc không được tập trung tốt
- $Cpk = 1.00$ – Tiến trình hầu như không có khả năng và/hoặc tập trung
- $Cpk > 1.00$ – Quy trình có khả năng và được tập trung tốt
- $Cpk \geq 1.33$ – Quá trình có khả năng cao và được định tâm tốt

Một quy trình có thể có giá trị Cp cao nhưng giá trị Cpk thấp, cho biết quy trình có khả năng nhưng không được tập trung tốt. Lý tưởng nhất là bạn muốn cả Cp và Cpk đều bằng 1,33 hoặc cao hơn đối với quy trình có khả năng cao và được tập trung tốt.

2.3.4. Phân tích chế độ lỗi và tác động (FMEA)

FMEA, viết tắt của Failure Mode and Effects Analysis, là một công cụ quản lý chất lượng toàn diện được sử dụng để phân tích các dạng lỗi và tác động của chúng đến thành phẩm hoặc đầu ra của quy trình sản xuất. Nó giúp phát hiện các lỗi tiềm ẩn trong quá trình thiết kế sản phẩm hoặc quy trình sản xuất và nhằm mục tiêu loại bỏ các dạng hư hỏng và giảm thiểu rủi ro. [8]

FMEA có ba mục để đánh giá các nguy cơ gây ra lỗi trong quy trình, Mức độ nghiêm trọng (S), Tần suất xuất hiện (O) và khả năng phát hiện lỗi (D) và theo cấp độ từ 1 đến 10 (1 là thấp nhất, 10 là cao nhất).

Số ưu tiên rủi ro (RPN) là một phần không thể thiếu trong quá trình tạo tài liệu Phân tích chế độ và tác động lỗi (FMEA). Tuy nhiên, nó cũng được sử dụng rộng rãi ở bất kỳ nơi nào triển khai chiến lược quản lý rủi ro. RPN là phép nhân của một số yếu tố nhằm mục đích đánh giá rủi ro của chế độ lỗi thoát ra và có khả năng biểu hiện với khách hàng như một khiếm khuyết. Các yếu tố được sử dụng là: [8]

- Mức độ nghiêm trọng (S) – tác động của chế độ lỗi hiện diện. Nó được xếp hạng từ 1 đến 10 với 10 là mức độ nghiêm trọng cao nhất. Xếp hạng cao nhất thường là nguy hiểm mà không có cảnh báo, với khả năng gây hại đáng kể.
- Sự xuất hiện (O) – xác suất chế độ lỗi hiện diện. Nó cũng được xếp hạng từ 1 đến 10 với 10 là sự xuất hiện cao nhất và thường được định nghĩa là gần như không thể tránh khỏi.
- Phát hiện (D) – mức độ dễ dàng hoặc khả năng phát hiện chế độ lỗi và ngăn ngừa thoát. Một lần nữa, nó được xếp hạng từ 1 đến 10 với 10 là mức độ không chắc chắn cao nhất của phát hiện.

2.4. Các phương pháp lấy mẫu

Lấy mẫu là quá trình chọn ra một số phần tử từ tổng thể để tiến hành nghiên cứu, nhằm rút ra kết luận về toàn bộ tổng thể. Việc lựa chọn phương pháp lấy mẫu phù hợp

đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo tính đại diện và độ chính xác của kết quả nghiên cứu. Các phương pháp lấy mẫu được phân thành hai nhóm chính: lấy mẫu xác suất và lấy mẫu phi xác suất. [9]

1. Lấy mẫu xác suất (Probability Sampling)

Trong phương pháp này, mỗi phần tử trong tổng thể có xác suất xác định để được chọn vào mẫu. Các phương pháp phổ biến bao gồm:

- **Lấy mẫu ngẫu nhiên đơn (Simple Random Sampling):** Mỗi phần tử trong tổng thể có cơ hội như nhau để được chọn vào mẫu. Phương pháp này đảm bảo tính khách quan và không thiên lệch.
- **Lấy mẫu hệ thống (Systematic Sampling):** Chọn phần tử đầu tiên một cách ngẫu nhiên, sau đó chọn các phần tử tiếp theo theo một khoảng cách cố định. Phương pháp này đơn giản và dễ thực hiện, đặc biệt hữu ích khi tổng thể được sắp xếp theo một trật tự nhất định.
- **Lấy mẫu phân tầng (Stratified Sampling):** Tổng thể được chia thành các tầng dựa trên những đặc điểm chung, sau đó tiến hành lấy mẫu ngẫu nhiên trong từng tầng. Phương pháp này giúp tăng độ chính xác của kết quả khi tổng thể không đồng nhất.
- **Lấy mẫu cụm (Cluster Sampling):** Tổng thể được chia thành các cụm, mỗi cụm đại diện cho một phần của tổng thể. Sau đó, chọn ngẫu nhiên một số cụm để nghiên cứu toàn bộ các phần tử trong các cụm đó. Phương pháp này tiết kiệm chi phí và thời gian, đặc biệt khi tổng thể phân bố rộng và khó tiếp cận.

2. Lấy mẫu phi xác suất (Non-probability Sampling)

Trong phương pháp này, không phải tất cả các phần tử trong tổng thể đều có cơ hội được chọn vào mẫu. Các phương pháp phổ biến bao gồm:

- **Mẫu thuận tiện (Convenience Sampling):** Chọn các phần tử dễ tiếp cận nhất. Phương pháp này nhanh chóng và tiết kiệm chi phí nhưng có thể không đại diện cho tổng thể.
- **Mẫu phán đoán (Judgmental Sampling):** Người nghiên cứu sử dụng kiến thức và kinh nghiệm để chọn các phần tử mà họ cho là điển hình. Phương pháp này phụ thuộc vào sự chủ quan của người nghiên cứu.
- **Mẫu theo lớp (Quota Sampling):** Tổng thể được chia thành các lớp, sau đó chọn mẫu từ mỗi lớp theo một tỷ lệ nhất định. Phương pháp này đảm bảo mỗi lớp được đại diện trong mẫu.
- **Mẫu theo mào (Snowball Sampling):** Bắt đầu với một số phần tử ban đầu, sau đó những phần tử này giới thiệu thêm các phần tử khác. Phương pháp này hữu ích khi nghiên cứu các nhóm khó tiếp cận.

CHƯƠNG 3. GIỚI THIỆU VỀ CÔNG TY VÀ SẢN PHẨM

Để đảm bảo tính thực tiễn và khả năng áp dụng vào môi trường sản xuất cụ thể, đề tài được triển khai tại một doanh nghiệp hoạt động trong lĩnh vực công nghệ hỗ trợ – nơi có quy trình sản xuất hiện đại và yêu cầu kiểm soát chất lượng nghiêm ngặt. Việc tìm hiểu về doanh nghiệp, hoạt động sản xuất cũng như sản phẩm đang được nghiên cứu là yếu tố cần thiết nhằm làm rõ bối cảnh ứng dụng mô hình cải tiến chất lượng.

3.1. Giới thiệu về công ty

3.1.1. Lịch sử hình thành và phát triển

Công ty Sản xuất linh kiện nhựa trực thuộc THACO INDUSTRIES được hình thành từ nền tảng nhà máy nhựa đầu tiên được thành lập vào năm 2012 tại Khu công nghiệp THACO Chu Lai, Quảng Nam. Đây là bước đi chiến lược nhằm chủ động nguồn cung linh kiện nhựa phục vụ cho sản xuất ô tô trong nước và thúc đẩy nội địa hóa. [10]

Đến năm 2014, nhà máy bắt đầu mở rộng quy mô sản xuất với diện tích lên đến 6 ha, tổng vốn đầu tư đạt 70 tỷ đồng. Công suất sản xuất vào thời điểm này đạt 5 triệu sản phẩm/năm. Đặc biệt, công ty đã đầu tư máy ép nhựa có lực ép 3.200 tấn, thuộc loại lớn thứ hai Đông Nam Á, cho phép sản xuất các linh kiện nhựa cỡ lớn cho ô tô.

Năm 2017 đánh dấu cột mốc quan trọng khi Công ty Sản xuất linh kiện nhựa THACO chính thức được thành lập với diện tích nhà xưởng 3,5 ha và tổng vốn đầu tư 30 triệu USD. Công ty chuyên sâu vào lĩnh vực sản xuất các sản phẩm nhựa ép phun và gia công sơn linh kiện nhựa cho ô tô du lịch, hướng đến nâng cao tỷ lệ nội địa hóa linh kiện nhựa trong ngành công nghiệp ô tô.

Đến năm 2019, công ty tiếp tục nâng cấp xưởng sơn, mở rộng năng lực gia công sơn linh kiện nhựa cho xe máy và xe tải, đáp ứng nhu cầu đa dạng của thị trường và mở rộng danh mục sản phẩm.

Năm 2022, công ty mở rộng thêm 4 ha nhà xưởng và đầu tư bổ sung dây chuyền đùn nhựa và thổi nhựa, đánh dấu bước phát triển mới trong việc mở rộng quy mô và lĩnh vực sản xuất.

Với quá trình phát triển không ngừng, công ty sản xuất linh kiện nhựa – THACO INDUSTRIES ngày càng khẳng định vai trò quan trọng trong chuỗi giá trị sản xuất công nghiệp hỗ trợ tại Việt Nam và hướng đến thị trường quốc tế.

3.1.2. Lĩnh vực hoạt động và thị trường

Công ty Sản xuất Linh kiện Nhựa trực thuộc THACO INDUSTRIES hoạt động trong lĩnh vực sản xuất và cung ứng các sản phẩm nhựa kỹ thuật cao, bao gồm nhựa ép phun, nhựa đùn và nhựa thổi. Ngoài ra, công ty còn cung cấp dịch vụ gia công sơn và

lắp ráp linh kiện nhựa phục vụ cho nhiều ngành công nghiệp, đặc biệt là lĩnh vực ô tô và xe máy. [10]

Về thị trường tiêu thụ, công ty không chỉ cung cấp sản phẩm cho các doanh nghiệp nội địa trong các lĩnh vực công nghiệp, điện – điện tử, dân dụng và nông nghiệp, mà còn đẩy mạnh xuất khẩu sang nhiều quốc gia như Mỹ, Úc, Canada, Malaysia,...

Danh mục sản phẩm của công ty rất đa dạng, bao gồm: [10]

- Linh kiện nhựa ô tô – xe máy: cản xe, ốp hông, vè chắn bùn, cánh hướng gió, đèn trần, ốp đồng hồ, ốp cản,...
- Sản phẩm nhựa công nghiệp: bồn nhựa, pallet, lõi nhựa ống chỉ,...
- Sản phẩm phục vụ nông nghiệp và dân dụng: sọt nhựa, dụng cụ hứng mủ cao su, can nhựa, chai nhựa, ống nhựa,...

Với định hướng phát triển thị trường bền vững, công ty đang từng bước mở rộng quy mô và nâng cao năng lực cạnh tranh để đáp ứng nhu cầu ngày càng cao của thị trường trong và ngoài nước.

3.1.3. Hệ thống công nghệ sản xuất

Hệ thống dây chuyền sản xuất của công ty được trang bị đồng bộ và hiện đại, nhập khẩu từ các quốc gia công nghiệp phát triển như Áo, Hàn Quốc và Nhật Bản. Nhờ đó, công ty có khả năng sản xuất lên đến khoảng 12 triệu sản phẩm mỗi năm, đáp ứng tiêu chuẩn chất lượng cao cho cả thị trường trong nước và xuất khẩu. Toàn bộ hệ thống công nghệ gồm các dây chuyền chính: *Ép phun, đùn nhựa, thổi nhựa, phun sơn tự động và lắp ráp*. [10]

Dây chuyền ép phun là công đoạn quan trọng đầu tiên, sử dụng nguyên lý gia nhiệt để làm chảy nguyên liệu nhựa, sau đó bơm vào khuôn dưới áp suất cao để tạo hình sản phẩm. Khuôn được làm nguội và sản phẩm được lấy ra tự động hoặc bán tự động. Đây là quy trình đòi hỏi độ chính xác cao về nhiệt độ, áp suất và thời gian chu trình.

Dây chuyền đùn nhựa là công đoạn tạo hình sản phẩm có tiết diện đều như ống, thanh hoặc tấm. Nguyên liệu nhựa được nấu chảy và đưa qua khuôn tạo hình liên tục. Quy trình này yêu cầu kiểm soát chặt chẽ về nhiệt độ, áp lực và tốc độ vận hành để đảm bảo chất lượng sản phẩm.

Công nghệ thổi nhựa giúp tạo hình các sản phẩm rỗng. Nhựa mềm trong khuôn sẽ được thổi khí vào để định hình sản phẩm theo dạng mong muốn. Quy trình này cũng yêu cầu kiểm soát chính xác nhiệt độ, áp lực và tốc độ vận hành.

Sau khi định hình, sản phẩm được chuyển sang dây chuyền phun sơn tự động. Tại đây, sản phẩm được xử lý bề mặt và loại bỏ bụi bẩn trước khi đưa vào buồng sơn kín. Robot phun sơn tự động thực hiện công đoạn phủ sơn đều màu và bám dính tốt,

đảm bảo tính thẩm mỹ cao cho sản phẩm. Sau khi sơn, sản phẩm được đưa vào hệ thống sấy khô và kiểm tra ngoại quan.

Dây chuyền lắp ráp là công đoạn cuối cùng, nơi các chi tiết nhựa được lắp ráp thành cụm hoàn chỉnh. Quy trình này được bố trí theo dạng dây chuyền một chiều, kết hợp giữa thao tác thủ công và bán tự động. Việc bố trí hợp lý các công đoạn và thiết bị hỗ trợ giúp nâng cao năng suất và đảm bảo kiểm soát chất lượng ngay trong quá trình lắp ráp.

Trong khuôn khổ đề tài này, quy trình thổi nhựa sản xuất cánh hướng gió cho xe ô tô được lựa chọn làm đối tượng nghiên cứu cải tiến. Đây là một sản phẩm đặc thù có yêu cầu cao về độ chính xác hình học, tính thẩm mỹ và độ bền cơ học, đồng thời được sản xuất với sản lượng lớn để cung cấp cho nhiều dòng xe của các thương hiệu như Kia, Mazda,... Thực tế sản xuất tại nhà máy cho thấy quy trình thổi nhựa cánh hướng gió hiện đang tồn tại một số vấn đề liên quan đến tỷ lệ lỗi, như rỗ bề mặt, biến dạng hình học, và sai lệch độ dày thành sản phẩm – những yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng và khả năng lắp ráp trong các cụm linh kiện ngoại thất xe. Do đó, việc lựa chọn quy trình này làm đối tượng áp dụng mô hình Six Sigma – DMAIC là cần thiết và phù hợp, nhằm giúp kiểm soát nguyên nhân gây lỗi, cải tiến hiệu suất sản xuất, đồng thời nâng cao chất lượng và mức độ ổn định của sản phẩm trong thực tế.

3.2. Sản phẩm cánh hướng gió ô tô

3.2.1. Mô tả sản phẩm

Cánh hướng gió ô tô (hay còn gọi là spoiler) là một bộ phận khí động học được lắp đặt ở phía sau xe, thường nằm ở đuôi xe hoặc phần nắp cốp. Chức năng chính của cánh hướng gió là điều chỉnh luồng không khí khi xe di chuyển ở tốc độ cao, giúp giảm lực cản gió, tăng độ bám đường và cải thiện sự ổn định của xe. Ngoài ra, sản phẩm còn mang tính thẩm mỹ cao, góp phần tạo nên vẻ ngoài thể thao và hiện đại cho xe. [10]



Hình 3.1. Cánh hướng gió ô tô

Trong ngành công nghiệp ô tô, cánh hướng gió không chỉ đóng vai trò là một chi tiết phụ trợ mà còn là một yếu tố góp phần nâng cao hiệu suất vận hành và trải nghiệm

người dùng. Tùy theo từng dòng xe, cánh hướng gió được thiết kế với kích thước và hình dạng khác nhau, phù hợp với đặc điểm khí động học và thiết kế tổng thể của từng mẫu xe.

Tại nhà máy, sản phẩm cánh hướng gió được sản xuất từ nhựa kỹ thuật ABS thông qua công nghệ thổi nhựa. Sau khi định hình, sản phẩm được xử lý bề mặt, sơn phủ và kiểm tra chất lượng kỹ lưỡng trước khi xuất xưởng hoặc lắp ráp. Với đặc thù là chi tiết ngoại thất, cánh hướng gió đòi hỏi cao về độ chính xác kích thước, độ đồng đều màu sắc, độ bền cơ học và tính ổn định trong điều kiện môi trường ngoài trời. Do đó, việc kiểm soát chất lượng trong quá trình sản xuất là yếu tố then chốt để đảm bảo sản phẩm đạt chuẩn và đáp ứng được yêu cầu từ các hãng xe.

3.2.2. Nguyên vật liệu trong quá trình sản xuất

Trong quy trình sản xuất cánh hướng gió bằng công nghệ thổi nhựa, các nguyên vật liệu chính bao gồm: Máy móc thiết bị chuyên dụng, hạt nhựa và khuôn thổi.

❖ Hạt nhựa (ABS nguyên sinh)

Nhựa ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) là một loại nhựa kỹ thuật được tạo ra từ quá trình trùng hợp ba monome: acrylonitrile, butadiene và styrene. Nhờ sự kết hợp độc đáo này, ABS sở hữu nhiều đặc tính ưu việt, khiến nó trở thành một trong những loại nhựa được ứng dụng rộng rãi nhất hiện nay. Vật liệu này có độ cứng cao, khả năng chịu va đập tốt và độ dẻo dai đáng kể. Nhiệt độ nóng chảy của nhựa ABS thường nằm trong khoảng 105°C đến 110°C, giúp nó chịu được nhiệt độ cao mà không bị biến dạng. [11]

Nhựa ABS nguyên sinh được sử dụng rộng rãi trong ngành công nghiệp ô tô nhờ vào độ bền cao và khả năng chịu nhiệt tốt. Các bộ phận và các chi tiết nội thất xe ô tô thường được làm từ nhựa ABS để đảm bảo sự bền vững và an toàn.

❖ Khuôn thổi nhựa

Khuôn thổi nhựa là một thành phần quan trọng trong quy trình sản xuất sản phẩm từ nhựa, được thiết kế và gia công chuyên nghiệp từ nhà máy sản xuất Khuôn thuộc Tập đoàn THACO INDUSTRIES. Những khuôn này được chế tạo với độ chính xác cao nhằm đảm bảo hình dạng và kích thước của sản phẩm cuối cùng, đồng thời đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật khắt khe trong ngành công nghiệp sản xuất.

Khuôn thổi nhựa là dụng cụ được sử dụng để tạo ra các sản phẩm rỗng có chất liệu từ nhựa như hộp đựng, chai lọ hoặc các bộ phận ô tô như cánh lướt gió, Các sản phẩm hoặc bộ phận bằng nhựa này được tạo ra bằng cách đun một ống nhựa nóng, được gọi là parison, vào một khuôn mở. Không khí nén ép nhựa ra ngoài theo hình dạng của khuôn thổi. Khi chúng được đúc đúng cách, nhựa sẽ nguội và cứng lại. Cuối cùng, khuôn được mở và sản phẩm khuôn thổi hoàn chỉnh được lấy ra.

❖ **Máy móc**

Các thiết bị máy móc được sử dụng trong quy trình sản xuất cánh hướng gió đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo chất lượng, năng suất và tính ổn định của sản phẩm. Hệ thống máy móc bao gồm máy thổi nhựa, bồn sấy nhựa và các thiết bị phụ trợ khác, được lựa chọn phù hợp với đặc điểm của nguyên liệu ABS và yêu cầu kỹ thuật của sản phẩm. Dưới đây là thông tin chi tiết về khả năng công nghệ của các thiết bị chính đang được sử dụng trong dây chuyền sản xuất.

Bảng 3.1. Khả năng công nghệ máy thổi nhựa 10L – 30L

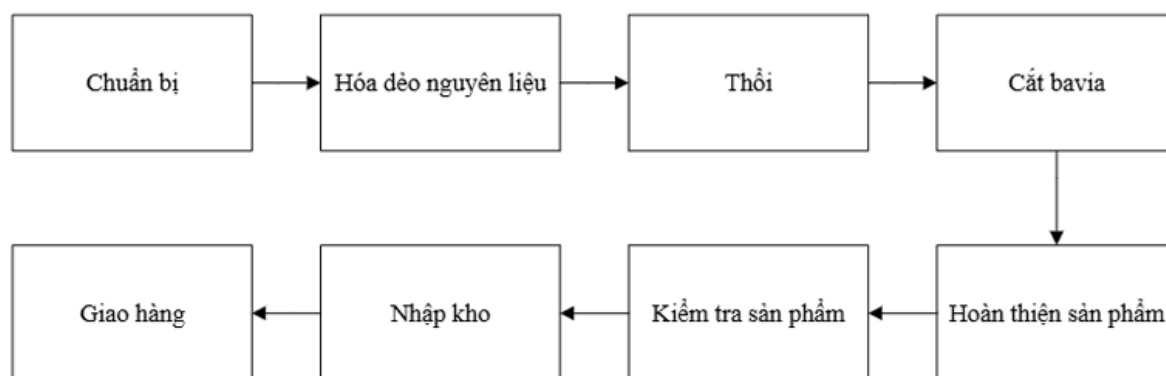
TT	Tên thiết bị	Nhà cung cấp/ Xuất xứ	Khả năng công nghệ	Công suất (Sản phẩm/năm)
1	Máy thổi nhựa 10L-30L	- Thương hiệu: ALBD - Xuất xứ: Trung Quốc	- Thể tích sản phẩm: 10L-30L - Đường kính trục chính: 90 mm - Vật liệu sản xuất: Nhựa HDPE, ABS, PE,... - Kích thước khuôn lớn nhất: 800-1.400 mm - Khoảng cách mở bàn gá khuôn: 1.000 mm - Kích thước máy: 5.650 x 2.835 x 4.170 mm - Áp lực trục vít: 1.848 Mpa	175.000
2	Bồn sấy nhựa	- Thương hiệu: Yudo - Xuất xứ: Hàn Quốc	- Dung tích bồn sấy: 500L - Công suất: 19.6 KVA - Nhiệt độ sấy: 30~130°C	Theo máy thổi nhựa 10L-30L
3	Các loại sản phẩm		- Cánh hướng gió xe ô tô du lịch. - Can 10 lít, 20 lít, 25 lít	

Bảng 3.2. Khả năng công nghệ máy thổi nhựa DC-SABM-100

TT	Tên thiết bị	Nhà cung cấp/ Xuất xứ	Khả năng công nghệ	Công suất (Sản phẩm/năm)
1	Máy thổi nhựa DC-SABM-100	- Thương hiệu: Deachang - Xuất xứ: Hàn Quốc	- Thể tích thổi lớn nhất: ~9 cm ³ (7 kg) - Đường kính trục chính: 100 mm - Vật liệu sản xuất: ABS - Kích thước khuôn lớn nhất: 800-1.400 mm - Khoảng cách mở bàn gá khuôn (lớn nhất): 1.350 mm - Kích thước máy: 5.650 x 2.835 x 4.170 mm - Áp lực trục vít: 1.848 Mpa	175.000
2	Bồn sấy nhựa	- Thương hiệu: Yudo - Xuất xứ: Hàn Quốc	- Dung tích bồn sấy: 500L - Công suất: 19.6 KVA - Nhiệt độ sấy: 30~130°C	Theo máy thổi nhựa DC-SABM-100
3	Các loại sản phẩm		Cánh hướng gió xe ô tô du lịch.	

Cả hai dòng máy thổi nhựa – loại 10L–30L của ALBD (Trung Quốc) và máy DC-SABM-100 của Deachang (Hàn Quốc) – đều có khả năng công nghệ đáp ứng tốt yêu cầu sản xuất các sản phẩm nhựa như cánh hướng gió ô tô. Cả hai máy đều có công suất tương đương (175.000 sản phẩm/năm) và sử dụng vật liệu phù hợp như ABS, HDPE, PE,... phù hợp với sản phẩm yêu cầu độ bền, tính thẩm mỹ cao. Cả hai hệ thống đều sử dụng bồn sấy nhựa dung tích 500L từ thương hiệu Yudo – Hàn Quốc, đảm bảo quá trình sấy nguyên liệu ổn định. Nhìn chung, thiết bị tại nhà máy đáp ứng đầy đủ yêu cầu công nghệ để sản xuất cánh hướng gió với chất lượng ổn định và năng suất cao.

3.2.3. Quy trình sản xuất sản phẩm



Hình 3.2. Quy trình công nghệ sản xuất cánh hướng gió

Quy trình sản xuất cánh hướng gió bằng công nghệ thổi nhựa tại nhà máy bao gồm nhiều công đoạn được kiểm soát chặt chẽ nhằm đảm bảo chất lượng và hiệu suất. Mỗi bước trong quy trình đều đóng vai trò quan trọng trong việc định hình sản phẩm, kiểm soát lỗi và nâng cao tính ổn định trong sản xuất hàng loạt.

Chuẩn bị nguyên liệu và khuôn: Trước khi tiến hành sản xuất, nguyên liệu nhựa như HDPE, ABS, PE,... sẽ được lựa chọn và kiểm tra theo các tiêu chuẩn kỹ thuật đầu vào để đảm bảo chất lượng ổn định. Đồng thời, khuôn thổi được chuẩn bị theo đúng yêu cầu kỹ thuật sản phẩm, đảm bảo đã được vệ sinh sạch sẽ và bôi trơn để tránh hiện tượng bám dính nhựa trong quá trình sản xuất. Khuôn sau đó được lắp đặt vào máy thổi nhựa và cài đặt các thông số vận hành như nhiệt độ, áp lực, và tốc độ thổi phù hợp với loại vật liệu và hình dạng sản phẩm.

Hóa dẻo nguyên liệu: Hạt nhựa được đưa vào phễu cấp liệu của máy, sau đó di chuyển đến bộ phận gia nhiệt. Tại đây, hệ thống gia nhiệt sẽ làm nóng chảy hạt nhựa đến trạng thái lỏng đồng nhất, sẵn sàng cho quá trình thổi định hình. Nhiệt độ được kiểm soát nghiêm ngặt nhằm tránh hiện tượng quá nhiệt gây phân hủy vật liệu, ảnh hưởng đến chất lượng thành phẩm.

Quá trình thổi nhựa: Khi nguyên liệu đã ở trạng thái hóa dẻo, nhựa lỏng được đùn qua đầu khuôn tạo thành một ống rỗng (parison). Không khí được bơm vào bên trong ống nhựa này, ép phần nhựa lỏng áp sát vào thành khuôn để tạo hình cánh hướng gió theo thiết kế. Áp lực thổi được giữ ổn định trong một khoảng thời gian nhất định nhằm đảm bảo sản phẩm được định hình hoàn chỉnh. Sau đó, hệ thống làm mát giúp hạ nhiệt nhanh chóng để giữ nguyên hình dáng và chất lượng sản phẩm.

Cắt bavia: Khi sản phẩm đã nguội và định hình hoàn toàn, khuôn được mở để lấy sản phẩm ra. Công đoạn cắt bavia được thực hiện nhằm loại bỏ phần nhựa dư tại các vị trí như đường chia khuôn hoặc miệng thổi. Đồng thời, sản phẩm sẽ được kiểm tra sơ bộ về bề mặt và kích thước để sàng lọc những lỗi sơ cấp.

Hoàn thiện sản phẩm: Sau công đoạn cắt bavia, sản phẩm tiếp tục được gia công hoàn thiện, bao gồm các thao tác như mài, đánh bóng và xử lý bề mặt nếu cần thiết. Các chỉ tiêu quan trọng như độ dày thành sản phẩm, khả năng chịu lực, và hiện tượng lỗi như rỗ khí, cháy nhựa, biến dạng hình học,... sẽ được kiểm tra kỹ lưỡng nhằm đảm bảo sản phẩm đáp ứng đầy đủ tiêu chuẩn chất lượng.

Kiểm tra chất lượng sản phẩm: Bộ phận kiểm tra chất lượng (QC) thực hiện việc đánh giá sản phẩm qua hai tiêu chí chính: ngoại quan và thông số kỹ thuật. Ngoại quan bao gồm độ đồng đều màu sắc, tính thẩm mỹ bề mặt, không có vết cháy hoặc rỗ khí. Các thông số kỹ thuật như kích thước, độ dày, và độ lệch được đo bằng các thiết bị chuyên dụng, đảm bảo sản phẩm đúng chuẩn thiết kế. Sản phẩm đạt yêu cầu sẽ được phân loại để đóng gói, trong khi sản phẩm lỗi bị loại bỏ hoặc xử lý theo quy trình nội bộ.

Đóng gói và nhập kho: Sản phẩm hoàn thiện được đóng gói theo đúng quy cách bảo quản, sau đó được chuyển về kho thành phẩm để chờ xuất hàng hoặc phục vụ cho các công đoạn gia công tiếp theo trong chuỗi sản xuất.

Giao hàng: Trước khi xuất xưởng, bộ phận QC tiếp tục kiểm tra xác suất nhằm đảm bảo chất lượng đồng đều giữa các lô hàng. Sau đó, sản phẩm được bàn giao đến khách hàng hoặc chuyển tiếp đến các bộ phận lắp ráp khác trong nhà máy tùy theo kế hoạch sản xuất.

3.3. Hệ thống quản lý chất lượng tại nhà máy

3.3.1. Hệ thống các tiêu chuẩn áp dụng

Hệ thống các tiêu chuẩn được áp dụng tại công ty sản xuất Linh kiện nhựa bao gồm:

Tiêu chuẩn ISO 9001:2015: ISO 9001:2015 là tiêu chuẩn quốc tế về Hệ thống quản lý chất lượng do Tổ chức Tiêu chuẩn hóa Quốc tế (ISO) ban hành. Việc áp dụng và đạt chứng nhận quản lý chất lượng theo tiêu chuẩn này sẽ giúp doanh nghiệp có hệ thống quản lý tốt về chất lượng sản phẩm, đáp ứng các yêu cầu của khách hàng. Việc làm thủ tiêu chuẩn ISO 9001:2015 không chỉ giúp công ty kiểm soát chất lượng sản phẩm mà còn tạo điều kiện để công ty tham gia vào chuỗi cung ứng toàn cầu, mở rộng thị trường và nâng cao khả năng cạnh tranh. Đây là bằng chứng cho thấy sự cam kết của công ty trong việc cung cấp các sản phẩm chất lượng cao, đáp ứng nhu cầu ngày càng cao của khách hàng trong và ngoài nước. [12]

Tiêu chuẩn IATF 16949:2016: IATF là viết tắt của “International Automotive Task Force” (Tổ chức Nhiệm vụ Ô tô Quốc tế), là một tổ chức được thành lập bởi các nhà sản xuất ô tô hàng đầu thế giới vào năm 1995 để phát triển và quản lý tiêu chuẩn chất lượng và quản lý chất lượng trong ngành công nghiệp ô tô, là tiêu chuẩn quốc tế về

quản lý chất lượng (QMS) ngành công nghiệp ô tô do Hiệp hội ô tô Thế giới (IATF) và Hiệp hội ô tô Nhật Bản (JAMA) ban hành với sự hỗ trợ của Tổ chức Tiêu chuẩn hóa (ISO). Tiêu chuẩn này phát triển một hệ thống quản lý chất lượng nhằm cải tiến liên tục, nhấn mạnh vào việc ngăn ngừa sai sót và giảm sự biến đổi cũng như lãng phí trong chuỗi cung ứng và quy trình lắp ráp của ngành công nghiệp ô tô. [13]

3.3.2. Công cụ kiểm soát chất lượng

Để đảm bảo chất lượng sản phẩm đầu ra đạt tiêu chuẩn trong ngành công nghiệp ô tô – xe máy cũng như đáp ứng yêu cầu của khách hàng trong và ngoài nước, Công ty Sản xuất Linh kiện Nhựa đã và đang áp dụng nhiều công cụ và hệ thống kiểm soát chất lượng hiện đại theo định hướng của hệ thống quản lý chất lượng ngành công nghiệp ô tô. Trong đó, nổi bật là việc triển khai 5 công cụ cốt lõi (Core Tools) sau: [14]

APQP (Advanced Product Quality Planning – Hoạch định chất lượng sản phẩm nâng cao): Công ty triển khai APQP trong giai đoạn phát triển sản phẩm mới nhằm đảm bảo mọi yếu tố kỹ thuật, yêu cầu khách hàng và khả năng sản xuất đều được xác định rõ ràng và kiểm soát hiệu quả ngay từ đầu. Quy trình này góp phần định hướng cho các hoạt động kiểm tra, thử nghiệm và đánh giá trong suốt vòng đời sản phẩm.

FMEA (Failure Modes and Effects Analysis – Phân tích các dạng sai lỗi và ảnh hưởng): Được sử dụng để nhận diện các sai lỗi tiềm ẩn trong quá trình thiết kế và sản xuất, từ đó đưa ra biện pháp phòng ngừa. Điều này đặc biệt quan trọng đối với các sản phẩm có độ chính xác cao như linh kiện ô tô – xe máy.

MSA (Measurement System Analysis – Phân tích hệ thống đo lường): Công ty áp dụng MSA để đánh giá độ tin cậy và khả năng lặp lại của các thiết bị đo lường, đảm bảo các dữ liệu thu thập được là chính xác và có thể sử dụng làm cơ sở cho các quyết định về chất lượng.

SPC (Statistical Process Control – Kiểm soát quá trình bằng phương pháp thống kê): Là tập hợp các công cụ và kỹ thuật thống kê được sử dụng để theo dõi, kiểm soát và cải tiến chất lượng của một quy trình sản xuất, giúp doanh nghiệp duy trì chất lượng sản phẩm. Các công cụ thường được sử dụng để kiểm soát quy trình thống kê gồm: Biểu đồ kiểm soát (Control Chart), biểu đồ Pareto, biểu đồ nhân quả...

PPAP (Production Part Approval Process – Quy trình phê duyệt sản phẩm): Đối với các đơn hàng xuất khẩu hoặc cung cấp cho các đối tác trong ngành ô tô, công ty áp dụng quy trình PPAP để chứng minh năng lực sản xuất hàng loạt một cách ổn định, đáp ứng đầy đủ các yêu cầu kỹ thuật trước khi đi vào sản xuất chính thức.

3.4. Kết luận

Chương 3 đã giới thiệu tổng quan về Công ty Sản xuất linh kiện nhựa thuộc THACO INDUSTRIES – một đơn vị có vai trò quan trọng trong chuỗi cung ứng linh

kiện nhựa cho ngành ô tô. Công ty sở hữu hệ thống sản xuất hiện đại, đồng bộ và năng lực đáp ứng đa dạng nhu cầu thị trường.

Sản phẩm cánh hướng gió ô tô được lựa chọn làm đối tượng nghiên cứu vì tính đặc thù trong thiết kế và yêu cầu kỹ thuật cao. Nguyên vật liệu sản xuất gồm hạt nhựa kỹ thuật, khuôn thổi và hệ thống máy thổi nhựa – các yếu tố đóng vai trò then chốt trong việc tạo ra sản phẩm đạt chuẩn.

Bên cạnh đó, công ty đang áp dụng các tiêu chuẩn chất lượng như ISO 9001 và IATF 16949 cùng với các công cụ kiểm soát chất lượng phổ biến nhằm đảm bảo chất lượng sản phẩm ổn định và liên tục cải tiến.

Mặc dù sở hữu hệ thống sản xuất hiện đại và quy trình quản lý chất lượng theo tiêu chuẩn quốc tế, quá trình sản xuất cánh hướng gió vẫn phát sinh nhiều lỗi ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm. Do đó, chương 4 sẽ tập trung phân tích thực trạng quy trình sản xuất, nhận diện các loại lỗi phổ biến và các yếu tố có nguy cơ gây ảnh hưởng, làm cơ sở cho các bước cải tiến tiếp theo.

CHƯƠNG 4. THỰC TRẠNG QUY TRÌNH SẢN XUẤT

Sau khi đã trình bày tổng quan về doanh nghiệp cùng với sản phẩm nghiên cứu, chương này tập trung phân tích thực trạng quy trình sản xuất hiện tại nhằm xác định những vấn đề còn tồn tại liên quan đến chất lượng sản phẩm. Việc đánh giá quy trình được thực hiện dựa trên quan sát thực tế, thu thập dữ liệu và phản hồi từ các bộ phận liên quan, từ đó làm cơ sở cho việc áp dụng các công cụ cải tiến phù hợp trong chương tiếp theo. Thông qua quá trình phân tích thực trạng, đề tài hướng đến việc nhận diện các điểm chưa tối ưu trong quy trình thổi nhựa, đồng thời xác định nguyên nhân của các sai lỗi ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm.

4.1. Thực trạng quy trình sản xuất

Trong quá trình thổi nhựa, việc duy trì chất lượng sản phẩm và tối ưu hóa chi phí luôn là những công thức quan trọng. Đặc biệt, với các công nghệ như ép phun hoặc thổi nhựa, các yếu tố kỹ thuật như áp suất, nhiệt độ, tỷ lệ nhựa tái chế và hiệu suất làm mát ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm đầu ra. Tuy nhiên, thực tế sản phẩm hiện nay đang gặp một số vấn đề đáng chú ý, bao gồm tỷ lệ sản phẩm lỗi cao, lãng phí nguyên liệu và các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu suất cũng như an toàn lao động. Dưới đây là những vấn đề đang tồn tại trong quá trình thổi nhựa tại nhà máy:

Bảng 4.1. Thực trạng quy trình thổi nhựa

STT	Thực trạng	Nguyên nhân	Ảnh hưởng	Cách xử lý
1	Số lượng hàng NG tương đối nhiều.	Áp suất thổi không ổn định, nhiệt độ gia nhiệt không phù hợp, lỗi khuôn.	Tỷ lệ sản phẩm lỗi cao, ảnh hưởng đến năng suất và chi phí sản xuất.	Kiểm tra và bảo trì hệ thống khí nén, điều chỉnh nhiệt độ phù hợp.
2	Định mức sản phẩm: Lượng nhựa sử dụng để thổi: 8kg/ sản phẩm → Khối lượng sản phẩm thực tế: 2.2kg/ sản phẩm → Tiêu chuẩn khối lượng sản phẩm cần	Quá trình cắt nhựa dư không tối ưu, chưa tối ưu hóa thiết kế.	Lãng phí nguyên vật liệu, tăng chi phí sản xuất.	Cải tiến thiết kế khuôn để giảm nhựa dư, tối ưu quy trình cắt.

STT	Thực trạng	Nguyên nhân	Ảnh hưởng	Cách xử lý
	đạt: > 2kg/ sản phẩm.			
3	Tái sử dụng lại nhựa đã qua nóng chảy và đóng rắn ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm do lượng nhựa tái sử dụng quá nhiều.	Giảm chất lượng sản phẩm, có thể gây giòn, nứt, sai kích thước.	Tỷ lệ nhựa tái sử dụng quá cao. Nhiệt độ gia công chưa được kiểm soát tốt.	Giảm tỷ lệ nhựa tái chế xuống mức phù hợp, kiểm soát chất lượng đầu vào.

Từ bảng 4.1 có thể thấy quy trình thổi nhựa hiện tại còn tồn tại nhiều bất cập như tỷ lệ lỗi cao, lãng phí nguyên vật liệu và ảnh hưởng tiêu cực từ việc sử dụng nhựa tái chế chưa kiểm soát. Do đó, mục 4.2 sẽ tập trung phân tích các lỗi cụ thể thường xảy ra trong quy trình thổi nhựa, phân tích nguyên nhân sơ bộ và tác động của từng loại lỗi, từ đó tạo cơ sở dữ liệu cần thiết cho việc áp dụng mô hình DMAIC trong chương tiếp theo.

4.2. Phân tích quy trình sản xuất

4.2.1. Phân tích quy trình và thời gian chu kỳ sản xuất

Quy trình sản xuất sản phẩm cánh hướng gió bằng công nghệ thổi khuôn nhựa ABS nguyên sinh bao gồm các công đoạn chính sau: chuẩn bị nguyên liệu, hóa dẻo nguyên liệu, thổi khuôn, cắt bavia, hoàn thiện sản phẩm, kiểm tra chất lượng, nhập kho và giao hàng. Các công đoạn từ "chuẩn bị" đến "hoàn thiện sản phẩm" là các bước sản xuất chính trong quy trình hàng loạt, ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả và chất lượng sản phẩm. Trong đó, việc kiểm tra chất lượng sẽ được thực hiện ở hai bước quan trọng: Tại bước hoàn thiện bề mặt, công nhân đứng máy sẽ tiến hành kiểm tra sơ bộ, sau đó, tại bước kiểm tra chất lượng, chuyên viên chất lượng sẽ thực hiện kiểm tra lại toàn bộ sản phẩm để đảm bảo đáp ứng tiêu chuẩn chất lượng trước khi nhập kho và giao hàng.

Thời gian thực hiện từng công đoạn được ước tính như sau:

- Chuẩn bị (10 phút): Công đoạn chuẩn bị đóng vai trò then chốt trong việc đảm bảo quá trình sản xuất được vận hành liên tục và hiệu quả. Trong khoảng thời gian 10 phút đầu mỗi lô (tương đương 60 sản phẩm), các công việc như kiểm tra tình trạng máy móc, chuẩn bị khuôn, và đánh giá chất lượng nhựa ABS nguyên sinh sẽ được thực hiện đầy đủ. Việc chuẩn bị tập trung theo từng lô như vậy giúp tối ưu hóa thời gian, hạn chế dừng máy giữa chừng, và đảm bảo toàn bộ quá trình sản xuất của lô được vận hành liên tiếp, không gián đoạn.

- Hóa dẻo nguyên liệu (30 giây): Nguyên liệu nhựa ABS được gia nhiệt để đạt độ dẻo cần thiết, phục vụ cho quá trình thổi khuôn. Thời gian này được tối ưu hóa để đảm bảo nhựa đạt được tính chất vật lý cần thiết mà không làm lãng phí năng lượng.
- Thổi sản phẩm (20 giây): Đây là công đoạn cốt lõi trong quy trình sản xuất, ảnh hưởng trực tiếp đến hình dáng và chất lượng của sản phẩm. Thời gian thổi 25 giây là hợp lý đối với nhựa ABS nguyên sinh, giúp sản phẩm có độ chính xác cao về hình dạng và kích thước, đồng thời tránh được các lỗi như phồng, biến dạng hoặc không đầy khuôn.
- Cắt bavia (15 giây): Sau khi sản phẩm được thổi khuôn, phần nhựa dư thừa (bavia) cần được cắt bỏ. Thời gian cắt bavia có thể thay đổi tùy theo độ phức tạp của sản phẩm và kỹ thuật sử dụng. Mặc dù thời gian này không dài, nhưng nếu không thực hiện cẩn thận có thể ảnh hưởng đến chất lượng bề mặt sản phẩm.
- Hoàn thiện sản phẩm (50 giây): Công đoạn này bao gồm các bước như kiểm tra, chỉnh sửa các chi tiết chưa hoàn chỉnh và làm mịn bề mặt sản phẩm. Đây là công đoạn quan trọng để đảm bảo sản phẩm cuối cùng đạt tiêu chuẩn chất lượng, nhưng cũng là công đoạn có thời gian lâu nhất trong quy trình sản xuất. Việc kéo dài thời gian ở công đoạn này có thể là do các lỗi phát sinh trong quá trình sản xuất, như sản phẩm không đạt hình dạng hoặc yêu cầu chất lượng ban đầu.

Bảng 4.2. Thời gian các công đoạn sản xuất

Công đoạn	Thời gian
Chuẩn bị	10 phút/1 lô
Hóa dẻo nguyên liệu	30 giây
Thổi sản phẩm	20 giây
Cắt bavia	15 giây
Hoàn thiện sản phẩm	50 giây

Thời gian chu kỳ sản xuất tổng cộng của một sản phẩm cánh hướng gió là khoảng 115 giây (tương đương 1.92 phút), trong đó không bao gồm thời gian chuẩn bị đầu ca như lắp khuôn, làm nóng nòng, kiểm tra nguyên vật liệu và kiểm tra máy móc. Chu kỳ này phản ánh thời gian thực tế để sản xuất xong một đơn vị sản phẩm trong điều kiện vận hành liên tục. Đáng chú ý, thời gian của công đoạn hoàn thiện sản phẩm hiện đang chiếm tỷ lệ lớn nhất trong chu kỳ sản xuất (50 giây), cho thấy đây là một điểm nghẽn tiềm ẩn trong quy trình. Thời gian hoàn thiện cao có thể bắt nguồn từ việc phải xử lý các lỗi phát sinh ở các công đoạn trước đó. Do đó, việc nhận diện và phân tích các lỗi phát sinh trong toàn bộ quy trình sản xuất là cần thiết để cải thiện hiệu quả, rút ngắn chu kỳ và nâng cao chất lượng sản phẩm. Phần tiếp theo sẽ trình bày cụ thể các lỗi phát sinh trong quy trình thổi nhựa và nguyên nhân gốc rễ của chúng.

4.2.2. Phân tích các lỗi phát sinh trong quy trình thổi nhựa

Thông qua quá trình khảo sát thực tế và rà soát chất lượng tại công đoạn thổi nhựa của nhà máy sản xuất linh kiện nhựa, có thể nhận thấy quy trình hiện tại vẫn còn phát sinh nhiều dạng sai lỗi trong quá trình vận hành. Các lỗi này không chỉ làm giảm chất lượng sản phẩm đầu ra mà còn gây lãng phí nguyên vật liệu, làm gián đoạn tiến độ sản xuất và phát sinh thêm chi phí không cần thiết trong quá trình vận hành.

Một số lỗi phổ biến có thể kể đến bao gồm: *Sản phẩm không đạt kích thước chuẩn, độ dày không đồng đều, hiện tượng rò rỉ khí hoặc cong vênh*, chủ yếu do điều kiện nhiệt độ và áp suất không ổn định trong suốt quá trình tạo hình. Những yếu tố kỹ thuật như nhiệt độ hóa dẻo chưa phù hợp, áp suất thổi thay đổi đột ngột hoặc quá trình làm nguội chưa tối ưu là nguyên nhân chính dẫn đến các hiện tượng này.

Bên cạnh đó, nhóm lỗi liên quan đến khiếm khuyết bề mặt sản phẩm cũng ảnh hưởng trực tiếp đến tính thẩm mỹ và chất lượng cảm quan của linh kiện. Các lỗi bề mặt thường gặp bao gồm:

- Vết rỗ: Các lỗ nhỏ li ti xuất hiện trên bề mặt do nguyên liệu chưa được sấy khô đúng cách hoặc do khí không được thoát hết trong khuôn.
- Vết lõm: Xuất hiện tại các vùng nhựa dày, nơi xảy ra hiện tượng co ngót không đều sau khi làm nguội.
- Vết nhăn: Thường hình thành do dòng chảy nhựa không ổn định hoặc áp suất thổi thấp khiến sản phẩm không được căng đều.
- Vết trầy xước: Gây ra bởi va chạm trong quá trình lấy sản phẩm ra khỏi khuôn hoặc trong quá trình hoàn thiện, lắp ráp.
- Đốm màu: Do phối trộn màu chưa đồng đều hoặc tồn dư phụ gia từ chu kỳ sản xuất trước.
- Bề mặt sần sùi: Xuất hiện khi áp suất hoặc nhiệt độ không đồng nhất trong suốt chu trình thổi.
- Vết cháy: Hình thành khi khí bị nén lại ở một khu vực kín, không được thoát ra đúng lúc, dẫn đến hiện tượng cháy cục bộ.
- Vết hàn dòng chảy: Gây nên bởi dòng nhựa gặp nhau tại các giao điểm, nhưng không hòa quyện hoàn toàn.

Ngoài ra còn có các lỗi liên quan đến đường giáp mí và bavaria như:

- Hở đường giáp mí: Xảy ra khi khuôn không đóng kín hoàn toàn hoặc áp suất trong giai đoạn tạo hình không đủ, khiến hai phần khuôn không khít kín đúng cách. Lỗi này dẫn đến sản phẩm bị hở, không đạt độ kín khít yêu cầu, đặc biệt nghiêm trọng đối với các sản phẩm cơ khí hoặc cần chịu áp lực.

- **Cắt lệch hoặc còn sót bavia:** Phát sinh do dao cắt không sắc, không được căn chỉnh chính xác hoặc thao tác thủ công thiếu cẩn thận. Lỗi này gây ảnh hưởng trực tiếp đến độ chính xác kích thước, làm mất thẩm mỹ sản phẩm và có thể gây nguy hiểm trong quá trình sử dụng nếu cạnh bavia còn sắc nhọn.
- **Bavia dư thừa nhiều:** Xuất hiện khi khuôn không khít hoàn toàn hoặc áp suất thổi quá lớn, khiến nhựa tràn ra ngoài khe hở khuôn. Nếu không được xử lý triệt để sau gia công, các bavia này có thể ảnh hưởng đến quá trình lắp ráp, làm mất tính thẩm mỹ và gây cảm giác kém chất lượng cho người sử dụng cuối.

Từ những quan sát và phân tích trên, có thể khẳng định rằng quy trình thổi nhựa tại nhà máy hiện vẫn còn tiềm ẩn nhiều yếu tố chưa tối ưu, là nguyên nhân chính dẫn đến sự xuất hiện của các sai lỗi trong sản phẩm. Việc ứng dụng các công cụ cải tiến chất lượng như mô hình DMAIC trong Six Sigma là cần thiết và hoàn toàn phù hợp nhằm từng bước loại bỏ các khiếm khuyết, kiểm soát biến động và tối ưu hóa toàn bộ quy trình sản xuất một cách hiệu quả và bền vững.

Từ những quan sát và phân tích trên, có thể khẳng định rằng quy trình thổi nhựa tại nhà máy hiện vẫn còn tiềm ẩn nhiều yếu tố chưa tối ưu, dẫn đến sự xuất hiện của các sai lỗi trong sản phẩm. Những khiếm khuyết này, nếu không được khắc phục kịp thời, sẽ ảnh hưởng nghiêm trọng đến chất lượng sản phẩm và hiệu quả sản xuất. Phần tiếp theo sẽ phân tích các nguyên nhân sơ bộ gây ra lỗi trong sản phẩm, từ đó làm cơ sở cho việc phân tích nguyên nhân cốt lõi trong việc thực hiện DMAIC.

4.2.3. Nguyên nhân và ảnh hưởng của lỗi

Dựa trên các dạng lỗi được ghi nhận trong quá trình khảo sát thực tế tại công đoạn thổi nhựa, có thể tiến hành phân tích nguyên nhân sơ bộ và ảnh hưởng của từng lỗi như sau:

Bảng 4.3. Nguyên nhân sơ bộ và ảnh hưởng của lỗi

STT	Loại lỗi	Nguyên nhân sơ bộ	Ảnh hưởng đến sản phẩm và sản xuất
1	Không đạt kích thước	- Áp suất thổi không ổn định - Nhiệt độ chưa phù hợp - Khuôn bị mòn	- Gây khó khăn khi lắp ráp - Sản phẩm không đạt tiêu chuẩn kỹ thuật
2	Độ dày không đồng đều	- Lưu lượng khí thổi không đều - Khuôn không đồng tâm hoặc lệch - Dòng chảy nhựa không ổn định	- Làm giảm độ bền sản phẩm - Tăng nguy cơ hư hỏng trong quá trình sử dụng

STT	Loại lỗi	Nguyên nhân sơ bộ	Ảnh hưởng đến sản phẩm và sản xuất
3	Hở đường giáp mí	- Áp suất thấp trong giai đoạn tạo hình - Khuôn đóng không kín - Vật liệu không đồng nhất	- Gây mất độ kín khít - Không đạt yêu cầu kỹ thuật cho sản phẩm cơ khí hoặc chịu áp lực
4	Cong vênh	- Làm nguội không đều - Chênh lệch nhiệt độ trong khuôn - Tốc độ làm mát quá nhanh hoặc quá chậm	- Biến dạng sản phẩm - Không đảm bảo hình dạng đúng thiết kế
5	Vết rỗ	- Hạt nhựa ẩm, chưa được sấy đúng cách - Khí còn tồn đọng trong khuôn	- Gây mất thẩm mỹ - Làm giảm độ bền bề mặt và độ kín
6	Vết lõm	- Nhựa co ngót không đều ở các vùng dày - Làm nguội không hiệu quả	- Ảnh hưởng đến hình dạng - Dễ gây tại vùng lõm khi có tải trọng
7	Vết nhăn	- Áp suất thổi thấp - Nhựa chưa được hóa dẻo hoàn toàn	- Mất thẩm mỹ - Sản phẩm không đạt yêu cầu ngoại quan
8	Trầy xước	- Va chạm trong khâu lấy sản phẩm - Cạnh máy móc sắc hoặc thao tác không đúng	- Gây hỏng bề mặt sản phẩm - Ảnh hưởng đến độ nhẵn và thẩm mỹ
9	Đốm màu	- Phối trộn màu không đều - Cặn màu từ chu kỳ trước chưa được làm sạch	- Không đồng nhất màu sắc - Gây hiểu nhầm về chất lượng hoặc làm mất giá trị thẩm mỹ sản phẩm
10	Sần sùi bề mặt	- Nhiệt độ hoặc áp suất không đồng đều - Dòng nhựa không ổn định	- Mất thẩm mỹ - Ảnh hưởng đến khả năng kết dính hoặc xử lý bề mặt tiếp theo

STT	Loại lỗi	Nguyên nhân sơ bộ	Ảnh hưởng đến sản phẩm và sản xuất
11	Vết cháy	- Khí bị nén trong khoang khuôn - Tốc độ dòng chảy quá nhanh ở điểm nghẽn	- Làm giảm tính chất cơ lý tại vị trí bị cháy - Gây mất uy tín sản phẩm
12	Hàn dòng chảy	- Dòng nhựa gặp nhau mà không hòa trộn hoàn toàn - Tốc độ phun không đồng đều	- Làm yếu điểm giao nhau - Gây nứt vỡ hoặc gãy trong quá trình sử dụng
13	Cắt lệch / còn bavaria	- Dao cắt không sắc hoặc không căn chỉnh đúng - Thao tác thủ công thiếu chính xác	- Ảnh hưởng đến kích thước - Gây nguy hiểm khi sử dụng và giám thẩm mỹ
14	Bavia dư thừa nhiều	- Áp lực thổi quá lớn dẫn đến nhựa tràn khỏi khuôn - Khuôn bị mòn hoặc hở giáp nối - Điều kiện làm mát chưa phù hợp	- Làm giảm độ chính xác kích thước sản phẩm - Mất thẩm mỹ và tăng chi phí xử lý - Lãng phí nguyên vật liệu

Các lỗi sản xuất trên không chỉ ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng sản phẩm đầu ra mà còn gây lãng phí nguyên liệu, tăng tỷ lệ phế phẩm, tăng chi phí sản xuất lại và làm giảm uy tín doanh nghiệp với khách hàng. Việc phân tích nguyên nhân sơ bộ này là nền tảng để lựa chọn lỗi trọng tâm và triển khai các công cụ cải tiến chất lượng trong chương 5 theo mô hình DMAIC.

Để việc thu thập dữ liệu phục vụ cho việc phân tích được thực hiện một cách chính xác và có hệ thống, việc xác định cách thức đo lường lỗi là bước cần thiết và không thể bỏ qua. Việc đo lường không chỉ giúp định lượng mức độ xuất hiện của các lỗi mà còn hỗ trợ đánh giá hiệu quả của quy trình hiện tại, làm cơ sở cho việc kiểm soát và cải tiến. Phần tiếp theo sẽ trình bày chi tiết các cách thức đo lường lỗi đang được áp dụng, các tiêu chuẩn chấp nhận cũng như công cụ hỗ trợ trong quá trình kiểm tra và ghi nhận dữ liệu lỗi sản phẩm

4.3. Cách thức đo lường lỗi trong quá trình sản xuất

Trong quá trình sản xuất sản phẩm cánh hướng gió, các phương pháp kiểm tra và đo lường lỗi đã được thiết lập nhằm đảm bảo sản phẩm đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật và chất lượng. Việc áp dụng các công cụ đo lường cụ thể cho từng loại lỗi giúp phát hiện sai lệch kịp thời, hỗ trợ quá trình kiểm soát và giảm thiểu tỷ lệ sản phẩm không phù hợp.

Dưới đây là bảng tổng hợp các phương pháp đo lường lỗi phổ biến đang được sử dụng tại xưởng sản xuất, cùng với tiêu chuẩn chấp nhận tương ứng cho từng loại lỗi.

Bảng 4.4. Bảng tổng hợp các phương pháp đo lường lỗi

STT	Loại lỗi	Cách đo lường	Tiêu chuẩn chấp nhận
1	Không đạt kích thước	Thước cặp, Máy đo laser	± 0.05 mm so với bản vẽ kỹ thuật
2	Độ dày không đồng đều	Máy đo laser	Chênh lệch độ dày $\leq \pm 0.2$ mm
3	Hở đường giáp mí	Kiểm tra bằng mắt, kính lúp đo có thang chia	Khe hở ≤ 0.2 mm, không lọt nước hoặc khí qua
4	Cong vênh	Kiểm tra bằng mắt, thước đo độ cong vênh	Độ cong vênh ≤ 1 mm
5	Vết rỗ	Kiểm tra bằng mắt. Thước đo	Không quá 2 vết rỗ có đường kính > 0.5 mm/sản phẩm
6	Vết lõm	Kiểm tra bằng mắt, Thước đo	Độ sâu vết lõm ≤ 0.3 mm, không ảnh hưởng đến lắp ráp
7	Vết nhăn	Kiểm tra bằng mắt	Không có nếp gấp rõ ràng, không ảnh hưởng thẩm mỹ
8	Trầy xước	Kiểm tra bằng mắt hoặc chiều đèn nghiêng	Không có vết xước > 10 mm hoặc vết ăn sâu > 0.2 mm
9	Đốm màu	Quan sát trực tiếp dưới ánh sáng trắng đều	Màu đồng đều, không có đốm lệch màu rõ rệt ≥ 5 mm
10	Sần sùi bề mặt	Quan sát dưới đèn hoặc bằng tay cảm nhận	Bề mặt trơn, không gợn nổi cảm nhận được bằng tay
11	Vết cháy	Kiểm tra bằng mắt (vết sạm, đen) và thước đo	Không được có vết cháy > 0.5 mm
12	Hàn dòng chảy	Quan sát kỹ điểm nối nhựa	Không tạo đường gãy hoặc dễ nứt, độ dày vùng hàn $\geq 70\%$ chuẩn

STT	Loại lỗi	Cách đo lường	Tiêu chuẩn chấp nhận
13	Cắt lệch / còn bavia	Kiểm tra bằng mắt	Không vượt quá 1.5 mm ngoài biên sản phẩm thiết kế, không có bavia sắc cạnh
14	Bavia dư thừa nhiều	Kiểm tra bằng mắt, Cân lượng bavia cắt ra	Trọng lượng bavia ≤ 3 kg/sản phẩm

Nhìn chung, bảng tổng hợp các phương pháp đo lường lỗi trong quá trình sản xuất cánh hướng gió cho thấy hệ thống kiểm tra đã được thiết lập khá đầy đủ, bao quát hầu hết các lỗi phổ biến ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm. Các công cụ đo lường từ cơ bản như thước cặp, kính lúp đến thiết bị hiện đại như máy đo laser được sử dụng linh hoạt tùy theo tính chất từng lỗi. Bên cạnh đó, tiêu chuẩn chấp nhận cũng được quy định rõ ràng, làm cơ sở cho việc đánh giá chất lượng đầu ra một cách khách quan. Tuy nhiên, để việc đánh giá chất lượng có thể phản ánh chính xác thực trạng và hỗ trợ hiệu quả cho phân tích nguyên nhân cốt lõi trong các bước tiếp theo, cần có hệ thống cơ sở dữ liệu đầy đủ và phương pháp nghiên cứu phù hợp.

Do đó, phần tiếp theo sẽ trình bày cơ sở dữ liệu được thu thập từ quá trình sản xuất thực tế cùng với phương pháp nghiên cứu được sử dụng để phân tích, đánh giá mức độ ảnh hưởng của từng lỗi và xác định nguyên nhân gốc rễ.

4.4. Cơ sở dữ liệu và phương pháp phân tích

4.4.1. Các loại dữ liệu

Trong quá trình thực hiện đề tài, các dữ liệu sơ cấp và dữ liệu thứ cấp đã được sử dụng để phục vụ cho việc thu thập thông tin và phân tích.

- Dữ liệu sơ cấp được thu thập trực tiếp thông qua một số phương pháp như: Phỏng vấn bán cấu trúc với cán bộ kỹ thuật và công nhân vận hành, quan sát trực tiếp quy trình sản xuất tại xưởng,...
- Dữ liệu thứ cấp được tổng hợp từ các tài liệu nội bộ của công ty, bao gồm: Hồ sơ sản xuất của bộ phận kỹ thuật, thông tin công khai trên website chính thức của công ty, sổ theo dõi và ghi chú của bộ phận kiểm tra chất lượng,...

Việc kết hợp cả hai nguồn dữ liệu giúp đảm bảo tính chính xác và khách quan trong quá trình phân tích và đánh giá tình hình thực tế tại doanh nghiệp.

4.4.2. Phương pháp lấy mẫu

Phương pháp lấy mẫu ngẫu nhiên đơn giản đã được sử dụng trong nghiên cứu này để đảm bảo rằng dữ liệu thu thập được là khách quan và đáng tin cậy. Với cách lấy mẫu này, mọi sản phẩm đều có cơ hội ngang nhau để được chọn, giúp tránh tình trạng thiên lệch khi thu thập dữ liệu. Vì nhà máy sản xuất số lượng lớn sản phẩm mỗi ngày,

nên việc chọn phương pháp lấy mẫu ngẫu nhiên là hợp lý và phù hợp với điều kiện thực tế. Điều này giúp giảm thiểu sai sót và đảm bảo kết quả phản ánh đúng tình hình sản xuất.

Sử dụng công thức sau, số lượng mẫu được quyết định cho các loại sản phẩm được chọn.

$$s = \frac{x^2 NP(1 - P)}{D^2 (N - 1) + x^2 P(1 - P)} \quad (4.1) \quad [15]$$

s = kích thước mẫu cần thiết.

x^2 = giá trị bảng của chi-bình phương cho 1 bậc tự do ở mức độ tin cậy mong muốn (3.841).

N = kích thước quần thể.

P = tỷ lệ quần thể (được giả định là 0.50 vì điều này sẽ cung cấp kích thước mẫu tối đa).

D = độ chính xác được biểu thị dưới dạng tỷ lệ (0.05).

4.4.3. Phương pháp phân tích

Trong nghiên cứu này, mô hình DMAIC được sử dụng để triển khai và các công cụ phân tích được chọn cho từng giai đoạn như sau:

- *Định nghĩa*: Ở giai đoạn này, các công cụ như biểu đồ SIPOC và Pareto được sử dụng để xác định các yếu tố quan trọng trong quy trình sản xuất. Biểu đồ SIPOC giúp mô tả tổng quan quy trình từ đầu vào đến đầu ra, giúp nhận diện các bước có thể là nguồn gốc của sự biến động. Bảng Pareto giúp xác định các lỗi chính, từ đó tập trung vào các vấn đề có tác động lớn nhất để đưa ra giải pháp cải tiến.
- *Đo lường*: Trong giai đoạn này, năng lực quy trình được đánh giá thông qua các chỉ số như C_p và C_{pk} để xác định khả năng của quá trình đáp ứng các yêu cầu chất lượng. Các biểu đồ kiểm soát được sử dụng để theo dõi sự ổn định, trong khi phân tích năng lực giúp phát hiện mức độ phù hợp của quy trình với giới hạn kỹ thuật. Những chỉ số thấp cho thấy quy trình cần cải tiến để giảm biến động và nâng cao hiệu suất.
- *Phân tích*: Trong giai đoạn này, biểu đồ nguyên nhân và kết quả và phương pháp FMEA được áp dụng để xác định nguyên nhân gốc rễ gây ra vấn đề. Sau đó, việc áp dụng RPN (Risk Priority Number) giúp xác định các nguyên nhân quan trọng cần cải tiến trong quy trình sản xuất. Các nguyên nhân có RPN cao nhất sẽ được ưu tiên giải quyết, vì chúng ảnh hưởng lớn nhất đến chất lượng sản phẩm và khả năng phát hiện lỗi.

- *Cải tiến*: Phương pháp DOE được sử dụng để tối ưu hóa các tham số quy trình, nhằm giảm thiểu sự biến động và khuyết tật. Thử nghiệm được thực hiện để xác định điều kiện hoạt động tối ưu, từ đó nâng cao chất lượng sản phẩm và hiệu suất quy trình.
- *Kiểm soát*: Cuối cùng, các công cụ như biểu đồ kiểm soát, ANOVA và flowchart được sử dụng để duy trì kết quả và ngăn chặn sự tái diễn của khuyết tật. Biểu đồ kiểm soát tiếp tục giám sát quá trình, ANOVA giúp theo dõi sự tương tác giữa các yếu tố, và flowchart mô tả quy trình, giúp nhận diện và kiểm soát các lỗi có thể xảy ra trong quy trình sản xuất.

4.5. Kết luận

Quy trình sản xuất cánh hướng gió bằng công nghệ thổi nhựa đã chỉ ra những vấn đề chính ảnh hưởng đến chất lượng và hiệu quả sản xuất, như tỷ lệ sản phẩm lỗi cao và lãng phí nguyên liệu. Phân tích quy trình cho thấy các nguyên nhân như áp suất không ổn định, nhiệt độ gia nhiệt chưa phù hợp và tình trạng khuôn bị mòn cần được khắc phục.

Bên cạnh đó, chương này cũng đề cập đến các cơ sở dữ liệu quan trọng, phương pháp lấy mẫu và phương pháp phân tích được trình bày ở trên sẽ là cơ sở vững chắc để tiến hành thu thập dữ liệu chính xác và hiệu quả hơn trong các giai đoạn tiếp theo. Điều này sẽ hỗ trợ cho việc áp dụng phương pháp DMAIC trong Chương 5 để cải tiến quy trình sản xuất.

Những thông tin và cơ sở dữ liệu đã được trình bày trong chương này không chỉ giúp xác định các vấn đề cốt lõi của quy trình mà còn là nền tảng quan trọng để triển khai các bước tiếp theo. Chương 5 sẽ tập trung vào việc áp dụng phương pháp DMAIC để cải tiến chất lượng và tối ưu hóa quy trình sản xuất, từ đó nâng cao hiệu quả sản xuất và giảm thiểu các lỗi trong sản phẩm.

CHƯƠNG 5. ỨNG DỤNG MÔ HÌNH DMAIC

Dựa trên những phân tích thực trạng ở chương trước, chương 5 tập trung trình bày quá trình ứng dụng mô hình DMAIC nhằm cải tiến chất lượng sản phẩm tại doanh nghiệp. Với định hướng tiếp cận theo phương pháp Six Sigma, mô hình DMAIC được triển khai tuần tự qua năm giai đoạn: Định nghĩa, Đo lường, Phân tích, Cải tiến và Kiểm soát. Mỗi giai đoạn sẽ được thực hiện dựa trên dữ liệu thu thập được, kết hợp với các công cụ thống kê và phân tích phù hợp để đảm bảo tính chính xác, khách quan trong đánh giá và đề xuất giải pháp. Việc áp dụng mô hình DMAIC không chỉ giúp nhận diện nguyên nhân gốc rễ gây lỗi mà còn hỗ trợ xây dựng các giải pháp cải tiến hiệu quả, có khả năng duy trì bền vững trong thực tiễn sản xuất. Qua đó, đề tài kỳ vọng tạo ra những thay đổi tích cực, có tính ứng dụng cao và phù hợp với điều kiện thực tế của quá trình sản xuất.

5.1. Định nghĩa (Define)

Giai đoạn "Định nghĩa" là bước đầu tiên trong mô hình cải tiến chất lượng DMAIC, nhằm xác định rõ vấn đề đang tồn tại trong quy trình sản xuất, nhu cầu của khách hàng và phạm vi cải tiến. Đề tài này tập trung vào quá trình sản xuất cánh hướng gió bằng phương pháp thổi nhựa tại nhà máy sản xuất linh kiện nhựa của THACO INDUSTRIES.

Thông qua thu thập và phân tích dữ liệu, chi phí sản xuất trung bình của một sản phẩm cánh hướng gió được ước tính khoảng 256.000 VNĐ/sản phẩm. Mức chi phí này đã bao gồm các yếu tố như nguyên vật liệu (nhựa nguyên sinh và phụ gia), chi phí năng lượng, khấu hao máy móc, nhân công trực tiếp, và chi phí gián tiếp liên quan.

Hiện nay, quy trình sản xuất đang phát sinh một số vấn đề liên quan đến chất lượng sản phẩm. Những lỗi này không chỉ ảnh hưởng đến tính thẩm mỹ và chức năng của sản phẩm, mà còn làm tăng tỷ lệ hàng hỏng, tăng thời gian và chi phí sản xuất.

Để định hình rõ ràng phạm vi cải tiến cũng như xác định các yếu tố đầu vào, đầu ra và các bên liên quan trong quy trình, việc tiến hành xây dựng bảng SIPOC là cần thiết. Bảng SIPOC giúp phác họa tổng thể quy trình sản xuất một cách hệ thống, từ nhà cung cấp nguyên vật liệu đến khách hàng nhận sản phẩm, qua đó tạo cơ sở để triển khai các bước cải tiến tiếp theo.

Bảng 5.1. Bảng SIPOC cho công đoạn thổi nhựa

Nhà cung cấp	Đầu vào	Quy trình	Đầu ra	Khách hàng
- Nhà cung cấp hạt nhựa, phụ gia - Công ty sản xuất khuôn - Bộ phận kho vật tư - Bộ phận kỹ thuật và bảo trì	- Hạt nhựa, phụ gia - Khuôn mẫu - Máy móc thiết bị (máy thổi nhựa, thiết bị kiểm tra) - Nhân công vận hành - Bao bì đóng gói	1. Chuẩn bị 2. Hóa dẻo nguyên liệu 3. Thổi tạo hình sản phẩm 4. Cắt ba vĩa 5. Hoàn thiện sản phẩm 6. Kiểm tra chất lượng 7. Chuyển sang sơn hoặc nhập kho thành phẩm	- Cánh hướng gió hoàn chỉnh đạt tiêu chuẩn - Sản phẩm lỗi để xử lý tái chế	- Xưởng sơn (nội bộ) - Kho thành phẩm - Các công ty Thaco Auto (khách hàng nội bộ) - Các công ty lắp ráp ô tô trong và ngoài nước

Từ bảng SIPOC của công đoạn thổi nhựa, có thể thấy rằng các lỗi sản phẩm phát sinh chủ yếu do sự biến động trong các yếu tố đầu vào và quá trình, bao gồm: Nguyên vật liệu, thiết bị, điều kiện công nghệ và thao tác con người. Dưới đây là phân tích cụ thể về một số lỗi phổ biến và mối liên hệ với các thành phần trong SIPOC:

1. Nhà cung cấp

Lỗi sản phẩm có thể bắt nguồn từ nhà cung cấp nếu các yếu tố đầu vào không được đảm bảo chất lượng ngay từ đầu. Các nhà cung cấp trong công đoạn thổi nhựa bao gồm nhà cung cấp nguyên liệu nhựa, khuôn mẫu, máy móc thiết bị và cả dịch vụ đào tạo, hiệu chuẩn kỹ thuật. Nếu bất kỳ yếu tố nào trong số này không đạt chuẩn, đều có thể trở thành nguyên nhân sâu xa gây ra lỗi trong quá trình sản xuất:

Nguyên liệu không đạt chuẩn do nhà cung cấp không kiểm tra đầy đủ hoặc không tuân thủ tiêu chuẩn bảo quản và vận chuyển:

- Nhựa bị ẩm, chứa tạp chất hoặc tỷ lệ phối trộn màu không đồng đều dẫn đến vết rỗ, đốm màu, bề mặt sần sùi hoặc vết cháy.
- Nhựa có độ dẻo, độ nhớt không phù hợp gây khó khăn trong tạo hình, dẫn đến lỗi hở giáp mí, rò rỉ khí.
- Khuôn mẫu hoặc thiết bị không đảm bảo chính xác kỹ thuật:
- Khuôn không đồng tâm, sai số lớn, bị mòn hoặc nứt gãy sẽ gây lỗi sai kích thước, độ dày không đồng đều, cong vênh hoặc lõm bề mặt.

- Dụng cụ cắt kém chất lượng, không sắc bén từ nhà cung cấp gây khó khăn trong thao tác cắt ba via, dễ để lại ba via hoặc cắt lệch.

Bên cạnh các nhà cung cấp bên ngoài, bộ phận bảo trì khuôn và máy móc nội bộ cũng đóng vai trò như một nhà cung cấp dịch vụ trong nội bộ doanh nghiệp, và việc không thực hiện đầy đủ công tác bảo trì định kỳ có thể làm tăng thêm tình trạng mòn khuôn, lệch khuôn hoặc giảm hiệu suất máy. Khi thiết bị vận hành trong tình trạng không tối ưu – chẳng hạn như bộ gia nhiệt hoạt động không ổn định, hoặc khuôn không được căn chỉnh lại sau mỗi ca sản xuất – thì khả năng xuất hiện các lỗi như độ dày không đồng đều, hằn dòng chảy, vết cháy sẽ tăng cao.

2. Đầu vào: Nguyên liệu – Khuôn – Máy móc – Nhân công

Nguyên liệu không đạt hoặc xử lý không đúng cách là nguyên nhân chính dẫn đến lỗi như:

- Vết rỗ, đốm màu, vết cháy, sần sùi bề mặt: thường do nhựa ẩm, phối trộn màu không đều hoặc chưa được sấy đúng cách.
- Rò rỉ khí, hở giáp mí: vật liệu không đồng nhất, không đủ độ dẻo hoặc độ nhớt thấp khi thổi.

Khuôn và thiết bị bị mòn, không đồng tâm, không được bảo dưỡng đúng cách có thể gây:

- Không đạt kích thước, độ dày không đồng đều, vết lõm, cong vênh: do khuôn hở, lệch, tạo dòng chảy nhựa không ổn định.
- Cắt lệch, còn ba via: dụng cụ cắt không sắc, hoặc khuôn có sai lệch khiến thao tác thủ công trở nên thiếu chính xác.

Máy móc và điều kiện vận hành như nhiệt độ, áp suất, tốc độ dòng chảy... không ổn định dẫn đến:

- Vết nhẵn, vết cháy, hằn dòng chảy: xảy ra do áp suất thổi thấp, tốc độ dòng nhựa không đều, nhiệt độ không đủ để hóa dẻo hoàn toàn.
- Sần sùi bề mặt: do dòng nhựa bị xáo trộn hoặc áp suất không đồng đều giữa các điểm.

Nhân công và thao tác cũng là nguồn gây lỗi lớn nếu:

- Lấy sản phẩm không đúng cách gây trầy xước
- Thao tác cắt không chính xác gây ba via hoặc cắt lệch
- Không kiểm soát đúng các thông số trong quá trình dẫn đến lỗi công nghệ

3. Quá trình: Các công đoạn trong SIPOC

Mỗi công đoạn trong quy trình sản xuất cũng tiềm ẩn khả năng phát sinh lỗi nếu không được kiểm soát chặt chẽ:

- Công đoạn “Hóa dẻo” và “Thổi tạo hình”: là nơi phát sinh hầu hết lỗi kỹ thuật như vết nhăn, hàn dòng chảy, độ dày không đều, vết cháy, nếu điều kiện gia công không ổn định.
- Công đoạn “Cắt ba via” và “Hoàn thiện sản phẩm” là nơi dễ xảy ra lỗi cắt lệch, trà xước, để sót ba via nếu thao tác không chính xác hoặc thiết bị cắt bị cùn.
- Kiểm tra sản phẩm không phát hiện lỗi kịp thời sẽ khiến sản phẩm lỗi đi vào kho hoặc bị trả lại từ khách hàng nội bộ như xưởng sơn, gây tổn kém chi phí xử lý lại.

4. Đầu ra

Lỗi phát sinh ở giai đoạn đầu ra thường là kết quả cuối cùng của các sai sót tích lũy trong toàn bộ chuỗi giá trị, nhưng cũng có thể bắt nguồn từ chính quá trình vận chuyển và bảo quản sau sản xuất. Mặc dù sản phẩm đã đạt yêu cầu kỹ thuật sau khi hoàn thiện và kiểm tra, nhưng nếu quá trình đóng gói không đúng quy cách, vật tư bao bì không phù hợp hoặc thao tác vận chuyển thiếu cẩn trọng, sản phẩm vẫn có thể bị biến dạng, trà xước, nứt vỡ hoặc cong vênh trong quá trình di chuyển.

5. Khách hàng

Khách hàng, bao gồm cả khách hàng nội bộ và bên ngoài, nhận sản phẩm để sử dụng theo mục đích đã được xác định. Lỗi thường ít khi xảy ra do lỗi của khách hàng nội bộ và bên ngoài. Tuy nhiên, các sự cố có thể phát sinh do việc xử lý sản phẩm không đúng cách, thông số kỹ thuật sai hoặc lắp đặt không đúng quy trình.

Các lỗi phát sinh không chỉ ảnh hưởng đến chất lượng ngoại quan (thẩm mỹ) mà còn tác động nghiêm trọng đến tính năng cơ học, độ kín, độ bền và khả năng lắp ráp của sản phẩm. Đặc biệt với sản phẩm là cánh hướng gió sử dụng cho ngành ô tô, các lỗi như rò rỉ khí, cong vênh, vết cháy có thể khiến sản phẩm không đạt chuẩn, bị loại bỏ hoặc khiếu nại từ khách hàng.

Qua biểu đồ SIPOC, toàn bộ quy trình sản xuất cánh hướng gió bằng công nghệ thổi nhựa tại nhà máy linh kiện nhựa THACO INDUSTRIES đã được phân tích và làm rõ các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm, bao gồm: nhà cung cấp, đầu vào, quy trình, đầu ra và khách hàng. Từ đó, các nguyên nhân chính gây ra lỗi kỹ thuật đã được xác định.

Trên cơ sở đó, phạm vi cải tiến của đề tài được giới hạn trong công đoạn thổi nhựa tạo hình sản phẩm thô, bao gồm các bước chuẩn bị và xử lý nguyên vật liệu, vận hành máy móc, cũng như thao tác hoàn thiện sơ bộ như lấy sản phẩm và cắt ba via. Mục tiêu cải tiến là giảm thiểu tỷ lệ lỗi sản phẩm phát sinh nội bộ trong giai đoạn này thông qua việc kiểm soát tốt các yếu tố đầu vào, điều kiện vận hành và thao tác con người. Các công đoạn sau thổi như phun sơn, lắp ráp, đóng gói, vận chuyển hoặc các lỗi do khách

hàng nội bộ/bên ngoài gây ra sẽ không nằm trong phạm vi nghiên cứu do vượt ngoài tầm kiểm soát của quy trình sản xuất hiện tại.

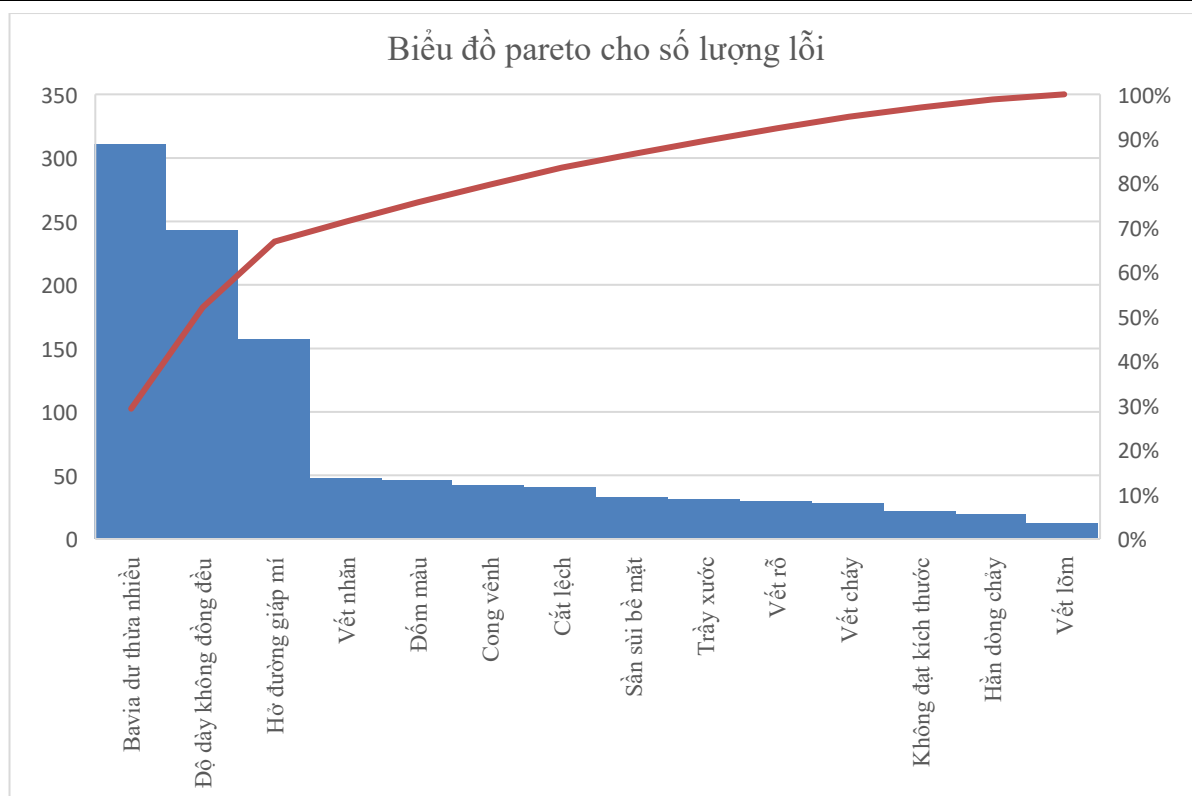
Sau khi phân tích các nguyên nhân tiềm ẩn gây lỗi dựa trên mô hình SIPOC, thực hiện tiến hành thu thập dữ liệu lỗi thực tế để đánh giá mức độ ảnh hưởng và xác định điểm cần cải tiến ưu tiên. Với công suất thiết kế của quy trình thổi nhựa đạt khoảng 350.000 sản phẩm mỗi năm [10], ước tính trung bình mỗi tháng xưởng sản xuất khoảng 6.000 sản phẩm cánh hướng gió – một trong những mã hàng có hình dạng phức tạp, yêu cầu cao về độ chính xác và thẩm mỹ bề mặt. Trong quá trình tìm hiểu và quan sát, số lượng lỗi cũng như tỷ lệ lỗi cho từng dạng lỗi xảy ra trong 1 tháng tại doanh nghiệp được ước tính thống kê như sau:

Bảng 5.2. Số liệu các loại lỗi trong tháng 3/2025

Đơn vị: Sản phẩm

STT	Loại lỗi	Số lượng lỗi	Tỷ lệ lỗi (%)
1	Không đạt kích thước	22	2.07
2	Độ dày không đồng đều	243	22.86
3	Hở đường giáp mí	157	14.77
4	Cong vênh	42	3.95
5	Vết rỗ	30	2.82
6	Vết lõm	12	1.13
7	Vết nhăn	48	4.52
8	Trầy xước	31	2.92
9	Đốm màu	46	4.33
10	Sần sùi bề mặt	33	3.10
11	Vết cháy	28	2.63
12	Hằn dòng chảy	19	1.79
13	Cắt lệch	41	3.86
14	Bavia dư thừa nhiều	311	29.26
Tổng		1063	100

Từ bảng trên có thể thấy rằng các lỗi độ dày không đồng đều, bavia dư thừa nhiều và hở giáp mí là ba loại lỗi phổ biến nhất trong quá trình thổi nhựa sản phẩm cánh hướng gió, với tổng cộng hơn 10% tỷ lệ lỗi trên tổng số 6000 sản phẩm mỗi tháng. Để trực quan hóa mức độ ảnh hưởng của các lỗi này, biểu đồ Pareto được sử dụng nhằm sắp xếp các lỗi theo thứ tự tỷ lệ từ cao xuống thấp. Qua đó, biểu đồ giúp dễ dàng xác định nhóm lỗi trọng yếu (chiếm khoảng 80% tổng số lỗi) theo nguyên lý 80/20.



Hình 5.1. Biểu đồ Pareto các lỗi xảy ra trong quy trình thổi nhựa

Dựa trên biểu đồ Pareto về số lượng lỗi, có thể đưa ra một số nhận xét quan trọng để làm cơ sở chuyển sang giai đoạn Đo lường (Measure) trong phương pháp DMAIC:

Biểu đồ cho thấy ba lỗi nổi bật nhất là:

- Bavia dư thừa nhiều
- Độ dày không đồng đều
- Hở đường giáp mí

Ba lỗi này chiếm tỷ lệ áp đảo so với các lỗi còn lại, với tổng số lượng lên đến khoảng 67% toàn bộ lỗi phát sinh trong tháng. Đây chính là nhóm lỗi trọng yếu cần tập trung đo lường và phân tích sâu trong giai đoạn tiếp theo.

Ngoài ra, các lỗi như vết nhăn, đốm màu, cong vênh, cắt lệch cũng xuất hiện với số lượng đáng kể, tuy không cao bằng nhưng vẫn cần theo dõi để tránh tích lũy thành vấn đề lớn nếu không kiểm soát tốt.

Những thông tin từ biểu đồ Pareto giúp cho việc khoanh vùng đối tượng đo lường và tập trung thu thập dữ liệu định lượng tại những điểm có rủi ro cao nhằm đảm bảo hiệu quả cải tiến tối ưu trong bước tiếp theo của DMAIC.

❖ **Thiết lập mục tiêu**

Việc cải tiến theo phương pháp Six Sigma DMAIC được thực hiện nhằm nâng cao chất lượng sản phẩm cánh hướng gió trong quy trình thổi nhựa tại nhà máy. Qua

khảo sát thực tế, quy trình hiện tại đang phát sinh nhiều lỗi ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu suất sản xuất và tỷ lệ đạt chất lượng.

Mục tiêu cụ thể của dự án là giảm ít nhất 40% tổng số lỗi xảy ra trong công đoạn thổi nhựa sản phẩm cánh hướng gió trong vòng 1 tháng, so với mức lỗi trung bình hiện tại (8/2025 – 9/2025). Mục tiêu này nhằm hướng đến việc ổn định chất lượng đầu ra, giảm chi phí sản xuất và nâng cao độ tin cậy của quá trình sản xuất.

5.2. Đo lường (Measure)

Trong giai đoạn đo lường, bước đầu tiên là xác định mức độ hiện tại của quá trình sản xuất thông qua các chỉ số định lượng cụ thể. Đối với sản phẩm cánh hướng gió trong quy trình thổi nhựa, chỉ số DPMO (Defects Per Million Opportunities) được lựa chọn để đánh giá mức độ khuyết tật của sản phẩm trên cơ sở chuẩn hóa một triệu cơ hội lỗi.

Dựa trên dữ liệu thực tế, trong vòng một tháng, ước tính nhà máy sản xuất trung bình khoảng 6000 sản phẩm. Qua quá trình tìm hiểu và tham khảo, tổng cộng 24 lỗi đã được phát hiện trên toàn bộ số sản phẩm này. Mỗi sản phẩm được đánh giá qua 5 tiêu chí chính gồm: độ dày, bề mặt, màu sắc, đường giáp mí, và bavaria. Đây cũng chính là những cơ hội có thể phát sinh lỗi trên mỗi sản phẩm. Tiếp theo, tiến hành tính toán chỉ số DPMO để phản ánh chính xác hiện trạng chất lượng của quy trình

$$DPMO = \frac{1063 \times 1000000}{6000 \times 5} = 35433 \quad (5.1)$$

Với kết quả tính toán DPMO là 35433, dựa vào cơ sở lý thuyết về Six sigma, chỉ số này tương ứng với mức Sigma khoảng 3.3, có thể nhận định rằng quy trình sản xuất cánh hướng gió đang hoạt động ở mức ổn định và kiểm soát được lỗi ở mức chấp nhận được. Mặc dù quy trình hiện tại đã đạt được sự ổn định và kiểm soát tương đối, nhưng các biện pháp cải tiến tiếp theo có thể giúp nâng cao mức Sigma và giảm thiểu sự xuất hiện của lỗi sản phẩm trong tương lai.

Để đảm bảo việc cải tiến quy trình sản xuất đạt hiệu quả cao nhất, việc thu thập dữ liệu về các loại lỗi quan trọng là bước không thể thiếu. Trong đó, ba loại lỗi chiếm khoảng 80% tổng số lỗi cần được chú ý và cải tiến. Tuy nhiên, để có cơ sở dữ liệu chính xác và đáng tin cậy cho việc phân tích và đưa ra quyết định, việc xác định số mẫu cần thiết để thu thập thông tin về các lỗi này là rất quan trọng. Số mẫu cần thu thập phải đảm bảo tính đại diện cho tổng thể quy trình sản xuất, đồng thời cho phép phát hiện và phân tích các lỗi một cách chính xác.

Do đó, chúng ta sẽ tiến hành tính toán số mẫu cần thiết cho việc thu thập dữ liệu về ba loại lỗi này, với sự hỗ trợ của các phương pháp lấy mẫu ngẫu nhiên đơn giản được trình bày ở phần 4.4.2. Với ước tính có 6000 sản phẩm được sản xuất trong 1 tháng, giả sử số ngày làm việc trung bình tại nhà máy là 25 ngày/tháng, mỗi ngày có 1 ca làm

việc kéo dài 8 tiếng, vậy ước tính có khoảng 240 sản phẩm được sản xuất trong 1 ngày. Từ các dữ liệu thu thập được có thể tiến hành tính toán số mẫu cần thiết như sau:

$$s = \frac{x^2 NP(1 - P)}{D^2 (N - 1) + x^2 P(1 - P)} = \frac{3.841 \cdot 240 \cdot 0.5(1 - 0.5)}{0.05^2(240 - 1) + 3.841 \cdot 0.5(1 - 0.5)} \approx 150 \quad (5.2)$$

Để đảm bảo tính đại diện và bao quát toàn bộ biến động trong quy trình sản xuất, việc lấy mẫu với tổng số mẫu là 150 sẽ được thực hiện như sau:

- Tổng số lần lấy mẫu: 25 lần.
- Số sản phẩm mỗi lần lấy: 6 sản phẩm (ngẫu nhiên).
- Thời điểm lấy mẫu:

Kết thúc ca làm việc: giúp kiểm soát sự thay đổi chất lượng do hao mòn máy móc hoặc ảnh hưởng bởi yếu tố con người khi kết thúc ca. Điều này đảm bảo việc theo dõi liên tục và phát hiện kịp thời các xu hướng sai lệch trong chất lượng.

Đo độ dày sản phẩm

Dữ liệu được lấy từ sản phẩm cánh hướng gió với độ dày cho phép là 3.5 ± 0.2 mm

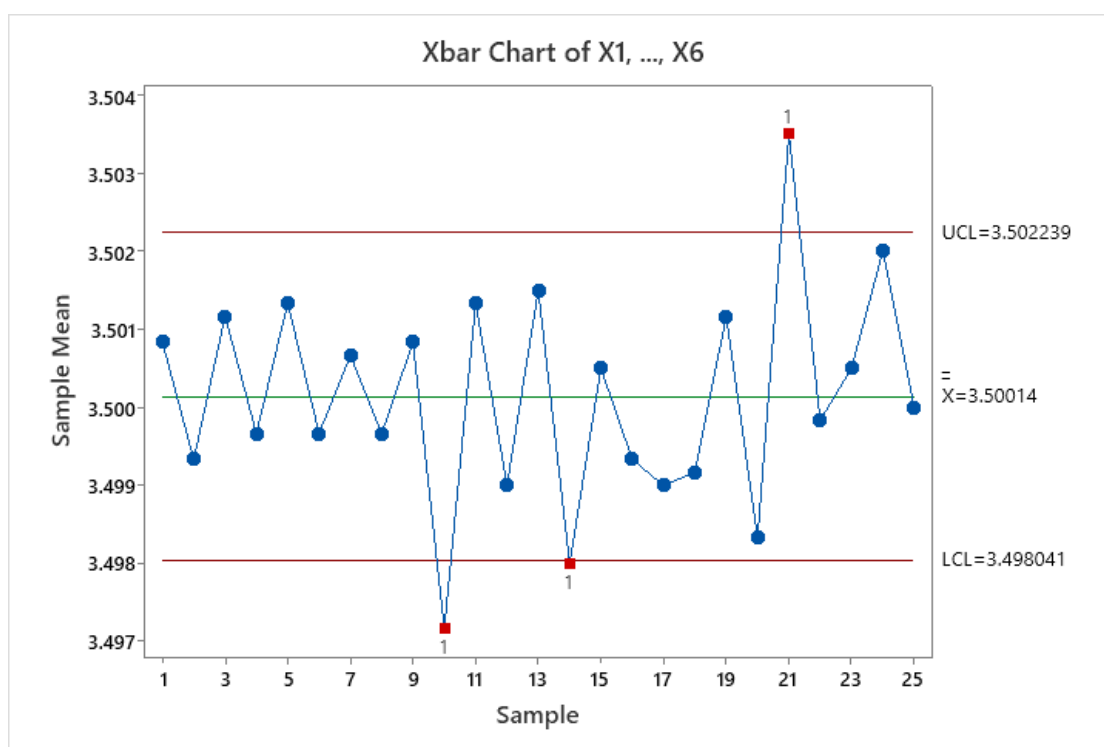
Bảng 5.3. Độ dày cánh hướng gió

Đơn vị: mm

Mẫu	X1	X2	X3	X4	X5	X6
1	3.502	3.5	3.501	3.502	3.5	3.5
2	3.499	3.498	3.502	3.5	3.498	3.499
3	3.502	3.499	3.503	3.502	3.501	3.5
4	3.501	3.498	3.5	3.499	3.5	3.5
5	3.503	3.501	3.499	3.503	3.502	3.5
6	3.501	3.498	3.5	3.499	3.501	3.499
7	3.5	3.504	3.498	3.502	3.497	3.503
8	3.499	3.5	3.501	3.498	3.499	3.501
9	3.5	3.501	3.503	3.502	3.5	3.499
10	3.497	3.5	3.495	3.496	3.497	3.498
11	3.503	3.499	3.504	3.499	3.501	3.502
12	3.499	3.498	3.497	3.499	3.498	3.503
13	3.5	3.501	3.5	3.501	3.503	3.504
14	3.498	3.497	3.499	3.498	3.497	3.499
15	3.5	3.502	3.502	3.5	3.499	3.5
16	3.504	3.503	3.497	3.499	3.496	3.497
17	3.498	3.499	3.496	3.5	3.502	3.499

Mẫu	X1	X2	X3	X4	X5	X6
18	3.499	3.501	3.498	3.5	3.499	3.498
19	3.501	3.5	3.502	3.503	3.501	3.5
20	3.502	3.498	3.499	3.496	3.497	3.498
21	3.503	3.504	3.505	3.504	3.502	3.503
22	3.499	3.5	3.501	3.498	3.501	3.5
23	3.503	3.501	3.5	3.497	3.503	3.499
24	3.502	3.501	3.503	3.504	3.502	3.5
25	3.501	3.5	3.499	3.5	3.498	3.502

Để xem sản phẩm có nằm trong giới hạn kiểm soát hay không, biểu đồ $\bar{X}$ – chart được sử dụng như sau:



Hình 5.2. Biểu đồ $\bar{X}$ – Chart về độ dày sản phẩm

Hình minh họa cho thấy quá trình đang mất kiểm soát tại 3 điểm mẫu, khi sử dụng giá trị trung bình ($\bar{X}$) làm điểm tham chiếu. Điều này có nghĩa là quá trình hiện tại không đáp ứng được yêu cầu của khách hàng, trừ khi có những điều chỉnh thích hợp được thực hiện.

Ngoài ra, kết quả cũng cho thấy sự biến động trong quy trình là đáng kể và có thể đang tồn tại một hoặc nhiều nguyên nhân đặc biệt gây ra hiện tượng này. Do đó, cần điều tra và xử lý các yếu tố gây mất ổn định để đưa quá trình trở lại trạng thái kiểm soát.

Trước khi tìm ra nguyên nhân gốc rễ cho từng loại lỗi, phải đảm bảo quá trình có khả năng thực hiện theo yêu cầu của khách hàng hay không.

Một quy trình được coi là có năng lực khi đáp ứng các điều kiện sau:

- Quy trình phải được kiểm soát về mặt thống kê, tức là không có dấu hiệu mất kiểm soát trên biểu đồ kiểm soát.
- Mức độ biến động của quy trình phải nhỏ hơn phạm vi giới hạn kỹ thuật cho phép (USL – LSL).
- Phân phối của dữ liệu phải tập trung quanh giá trị mục tiêu, nằm trong giới hạn kỹ thuật quy định.

Phân phối chuẩn có độ rộng khoảng 6σ (từ $\mu - 3\sigma$ đến $\mu + 3\sigma$), với giá trị trung bình μ là trung tâm của phân phối. Trong trường hợp dữ liệu tuân theo phân phối chuẩn, chỉ số Cp là một trong những chỉ số được sử dụng phổ biến để đánh giá năng lực quy trình. Công thức tính Cp như sau:

$$Cp = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

Trong đó:

- USL là giới hạn trên của thông số kỹ thuật.
- LSL là giới hạn dưới của thông số kỹ thuật.
- σ là độ lệch chuẩn của quá trình.

Cp chỉ có thể được tính khi cả USL và LSL đều được xác định.

Chỉ số Cp được sử dụng để đánh giá năng lực của một quy trình sản xuất dựa trên mức độ biến động (độ phân tán) so với khoảng dung sai kỹ thuật. Tuy nhiên, Cp chỉ phản ánh độ rộng của quy trình so với giới hạn trên (USL) và giới hạn dưới (LSL), không xét đến vị trí trung tâm của dữ liệu so với các giới hạn đó.

Do đó, chỉ số Cpk được sử dụng để đánh giá đồng thời độ lệch tâm của quy trình và mức độ biến động, giúp xác định xem quy trình có thật sự nằm trong giới hạn kỹ thuật hay không.

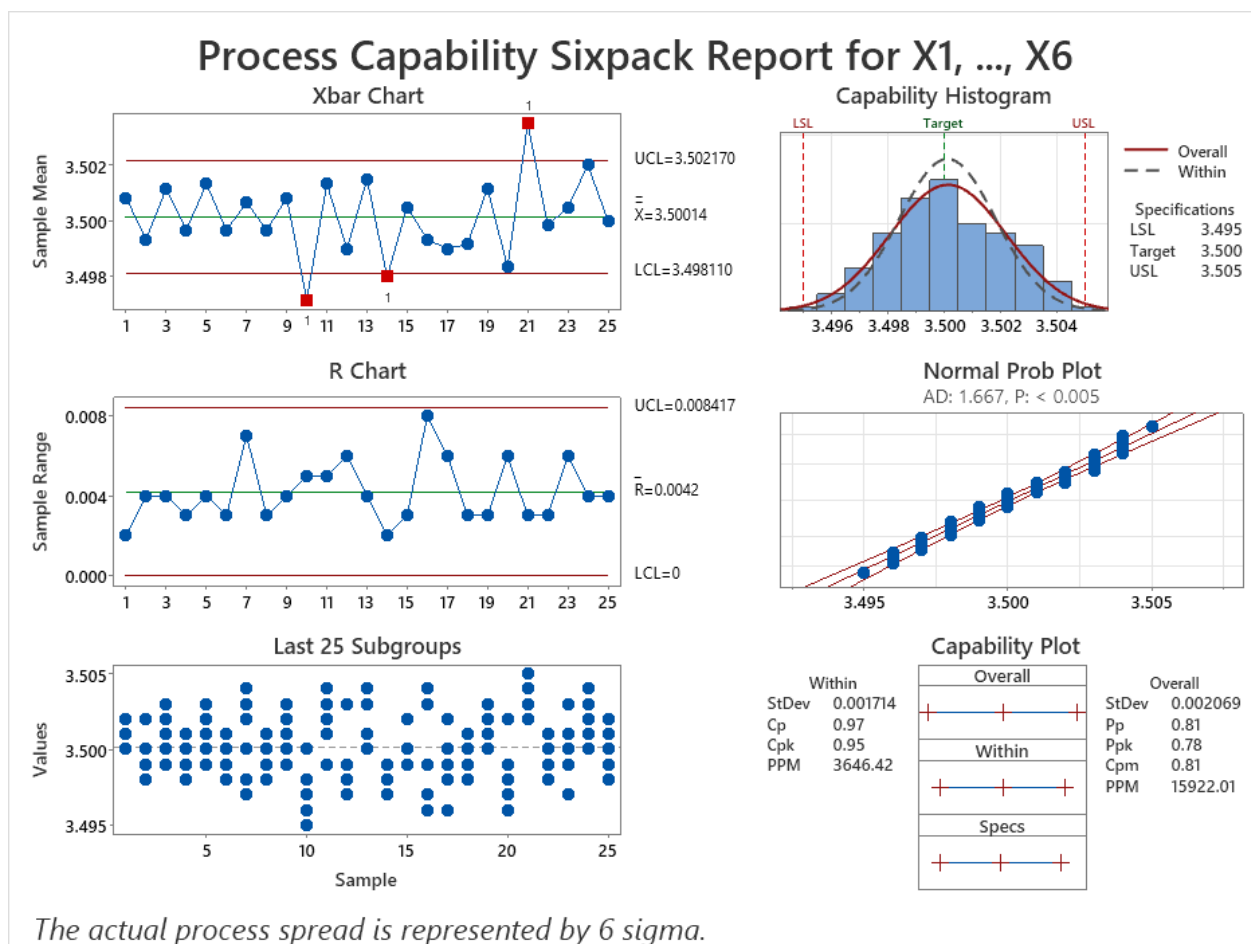
Công thức: $Cpk = \min(CPL, CPU)$

Trong đó: $CPL = (\mu - LSL) / 3\sigma$; $CPU = (USL - \mu) / 3\sigma$

Các chỉ số năng lực quá trình là công cụ quan trọng giúp đánh giá mức độ phù hợp của quá trình sản xuất so với các yêu cầu kỹ thuật đã đề ra. Trong đó, Cp và Pp phản ánh khả năng của quá trình tạo ra sản phẩm nằm trong giới hạn kỹ thuật, với Cp được tính trong điều kiện quá trình ổn định, còn Pp phản ánh hiệu suất thực tế dựa trên toàn bộ dữ liệu thu thập được. Tuy nhiên, các chỉ số này không xem xét đến sự lệch tâm của quá trình. Để khắc phục điều đó, Cpk và Ppk được sử dụng nhằm đánh giá không chỉ khả năng đáp ứng giới hạn mà còn cả mức độ quá trình bị lệch khỏi trung tâm, giúp đưa ra cái nhìn chính xác hơn về rủi ro tạo ra sản phẩm không đạt chuẩn.

Ngoài ra, chỉ số Cpm được sử dụng khi chất lượng không chỉ phụ thuộc vào việc sản phẩm nằm trong giới hạn, mà còn cần gần với giá trị mục tiêu kỹ thuật, điển hình trong các quy trình yêu cầu độ chính xác cao. Bên cạnh đó, chỉ số PPM (Parts Per Million) thể hiện trực quan tỷ lệ lỗi ước tính trên mỗi triệu sản phẩm, từ đó hỗ trợ đánh giá định lượng mức độ ổn định của quá trình. Đáng chú ý, việc so sánh giữa các chỉ số tính theo phương pháp "within" (trong kiểm soát) và "overall" (toàn bộ dữ liệu) giúp xác định mức độ ổn định thực tế của hệ thống: nếu chỉ số overall thấp hơn within đáng kể, điều này cho thấy quá trình đang chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố biến động và cần được cải tiến để đạt mức kiểm soát ổn định hơn.

Việc phân tích có thể thực hiện bằng phần mềm Minitab, thông qua công cụ Six Pack Capability Analysis như sau:



Hình 5.3. Phân tích năng lực quy trình về độ dày sản phẩm

❖ **Nhận xét:**

1. Biểu đồ Xbar (Xbar Chart):

Biểu đồ trung bình mẫu (Xbar Chart) thể hiện quá trình kiểm soát trung bình mẫu qua 25 nhóm. Có ba điểm (10, 14 và 21) vượt ra ngoài giới hạn kiểm soát trên và dưới (UCL và LCL), điều này cho thấy quá trình không ổn định và đã có tín hiệu ngoài kiểm

soát. Trung bình chung ($\bar{X} = 3.50014$) gần với giá trị mục tiêu (Target = 3.500), nhưng sự dao động vẫn cần được xem xét.

2. Biểu đồ R Chart:

Biểu đồ R cho thấy phạm vi biến động trong các nhóm mẫu. Không có điểm nào vượt ngoài giới hạn kiểm soát, điều này chứng tỏ độ biến thiên trong các nhóm là ổn định. Tuy nhiên, giá trị UCL khá sát với các điểm dữ liệu, nên cần theo dõi thêm.

3. Biểu đồ Histogram Năng lực (Capability Histogram):

Biểu đồ phân phối mẫu cho thấy sự lệch nhẹ về bên trái. Một số mẫu vượt khỏi giới hạn quy định ($LSL = 3.495$ và $USL = 3.505$), cho thấy một phần sản phẩm không đạt yêu cầu chất lượng. Đường phân phối tổng thể (Overall) và trong nhóm (Within) khác nhau, cho thấy có sự biến động lớn giữa các nhóm.

4. Biểu đồ xác suất chuẩn (Normal Prob Plot):

P-value < 0.005 và chỉ số Anderson-Darling ($AD = 1.667$) cho thấy dữ liệu chưa tuân theo phân phối chuẩn. Đây là một dấu hiệu quan trọng vì việc phân tích năng lực quá trình thường giả định phân phối chuẩn.

5. Biểu đồ 25 nhóm mẫu cuối (Last 25 Subgroups):

Biểu đồ này mô tả xu hướng gần nhất của 25 nhóm cuối, cho thấy một số mẫu gần chạm giới hạn LSL và USL, cần chú ý đến xu hướng này để tránh vượt giới hạn trong tương lai gần.

6. Biểu đồ năng lực quá trình (Capability Plot):

- Chỉ số $C_p = 0.97$ và $C_{pk} = 0.95$ (Within): Gần đạt yêu cầu nhưng vẫn < 1.33 – quá trình chưa đủ khả năng.
- Chỉ số $P_p = 0.81$ và $P_{pk} = 0.78$ (Overall): Quá trình tổng thể kém ổn định hơn trong nhóm.
- PPM (Parts Per Million) lỗi: 3646.42 (Within) và 15922.01 (Overall): Số lượng lỗi khá cao, cần cải tiến.

Đo độ hở đường giáp mí

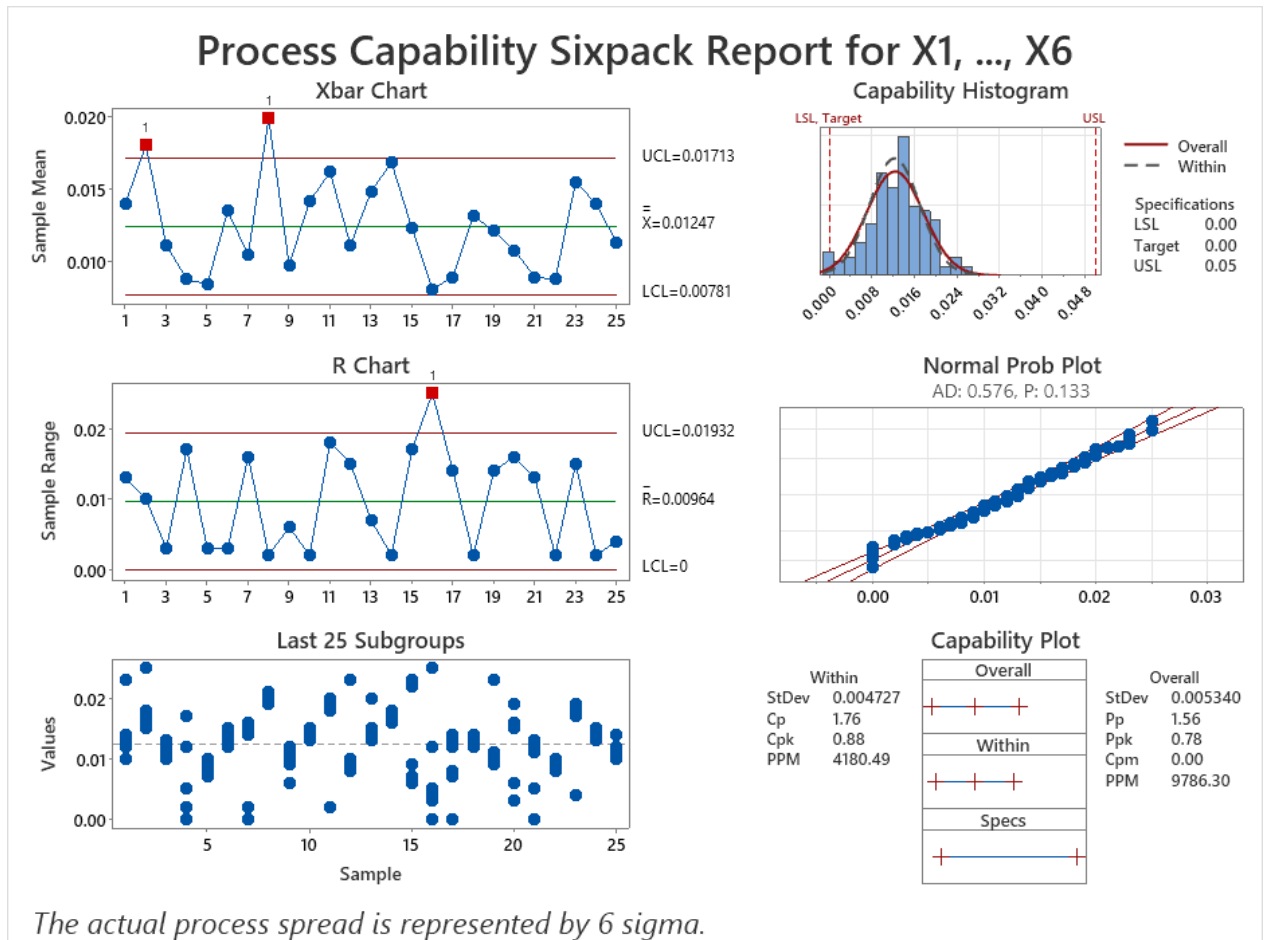
Dữ liệu được lấy từ sản phẩm cánh hướng gió với độ hở đường giáp mí cho phép là 0 ± 0.2 mm.

Bảng 5.4. Độ hở đường giáp mí

Đơn vị: mm

Mẫu	X1	X2	X3	X4	X5	X6
1	0.012	0.023	0.014	0.01	0.013	0.012
2	0.017	0.016	0.018	0.015	0.017	0.025
3	0.01	0.012	0.013	0.011	0.01	0.011
4	0.017	0.017	0.012	0.005	0.002	0
5	0.008	0.009	0.007	0.01	0.009	0.008
6	0.014	0.013	0.012	0.015	0.014	0.013
7	0.015	0.016	0.014	0.002	0.016	0
8	0.02	0.019	0.021	0.02	0.019	0.02
9	0.011	0.012	0.006	0.009	0.01	0.011
10	0.014	0.015	0.013	0.014	0.015	0.014
11	0.019	0.002	0.018	0.019	0.02	0.019
12	0.023	0.008	0.01	0.009	0.008	0.009
13	0.014	0.015	0.013	0.02	0.014	0.013
14	0.016	0.017	0.018	0.017	0.016	0.017
15	0.007	0.009	0.022	0.006	0.023	0.007
16	0.005	0.003	0.025	0.004	0	0.012
17	0	0.012	0.014	0.007	0.013	0.008
18	0.013	0.014	0.012	0.013	0.014	0.013
19	0.01	0.011	0.009	0.01	0.023	0.01
20	0.006	0.019	0.003	0.006	0.015	0.016
21	0	0.011	0.013	0.012	0.013	0.005
22	0.009	0.008	0.01	0.009	0.008	0.009
23	0.018	0.017	0.019	0.018	0.017	0.004
24	0.014	0.015	0.013	0.014	0.013	0.015
25	0.011	0.012	0.01	0.011	0.01	0.014

Từ dữ liệu thu thập được, sử dụng phần mềm Minitab để tiến hành phân tích thống kê. Qua đó, có thể đánh giá năng lực quy trình cũng như mức độ kiểm soát của quá trình, từ đó xác định xem quy trình có đang hoạt động ổn định và đạt yêu cầu chất lượng hay không.



Hình 5.4. Phân tích năng lực quy trình về hờ đường gấp mí

❖ **Nhận xét**

1. Biểu đồ Xbar (Xbar Chart):

Biểu đồ trung bình mẫu cho thấy quá trình kiểm soát trung bình qua 25 nhóm. Có hai điểm vượt ngoài giới hạn kiểm soát (các vị trí 2 và 8), là dấu hiệu của quá trình không ổn định. Trung bình mẫu ($\bar{X} = 0.01247$) nằm trong khoảng kiểm soát, nhưng sự xuất hiện của điểm ngoại lệ cho thấy tồn tại biến động bất thường, cần được điều tra nguyên nhân.

2. Biểu đồ R (R Chart):

Biểu đồ R thể hiện độ dao động trong từng nhóm mẫu. Có một điểm vượt ngoài giới hạn kiểm soát tại nhóm số 17, cho thấy mức biến động tại thời điểm đó cao bất thường. Nhìn chung, các nhóm còn lại nằm trong giới hạn, tuy nhiên sự kiện vượt UCL này cảnh báo quá trình vẫn còn dao động không kiểm soát tại một số thời điểm.

3. Biểu đồ Histogram năng lực (Capability Histogram):

Phân bố dữ liệu có xu hướng lệch nhẹ về bên trái. Một số mẫu vượt giới hạn quy định ($LSL = 0.00$; $USL = 0.05$), cho thấy một phần sản phẩm không đạt yêu cầu chất lượng. Đường phân phối “Within” và “Overall” có sự chênh lệch rõ rệt, cho thấy sự biến động giữa các nhóm và quy trình chưa đồng nhất.

4. Biểu đồ xác suất chuẩn (Normal Probability Plot):

Biểu đồ cho thấy dữ liệu bám khá sát đường chuẩn, và với $p\text{-value} = 0.133 > 0.05$, chấp nhận giả thuyết H_0 rằng dữ liệu tuân theo phân phối chuẩn. Chỉ số AD (Anderson-Darling) = 0.576 cũng không cao $\rightarrow$ việc sử dụng các chỉ số năng lực dựa trên giả định phân phối chuẩn là hợp lý.

5. Biểu đồ 25 nhóm mẫu cuối (Last 25 Subgroups):

Biểu đồ thể hiện rõ sự dao động giữa các nhóm, một số giá trị tiến sát giới hạn dưới (LSL) và trên (USL). Điều này cảnh báo rằng nếu quy trình không được cải thiện, khả năng vượt giới hạn trong tương lai là cao $\rightarrow$ cần giám sát thường xuyên và có hành động khắc phục sớm.

6. Biểu đồ năng lực quá trình (Capability Plot):

Within variation:

- $C_p = 1.76 \rightarrow$ Quy trình có tiềm năng cao nếu kiểm soát tốt.
- $C_{pk} = 0.88 \rightarrow$ Quá trình bị lệch khỏi trung tâm, khả năng sinh lỗi cao.
- $PPM = 4180.49 \rightarrow$ Tức khoảng 4180 sản phẩm lỗi / 1 triệu.

Overall variation:

- $P_p = 1.56, P_{pk} = 0.78 \rightarrow$ Cho thấy sự ổn định chung của quá trình kém hơn so với trong nhóm, có thể do nguyên nhân từ môi trường, thiết bị hoặc thao tác.
- $PPM \text{ Overall} = 9786.30 \rightarrow$ Mức lỗi cao, cần xem xét lại toàn bộ hệ thống kiểm soát quá trình.

Mặc dù quy trình có tiềm năng đạt chuẩn (C_p cao), nhưng thực tế đang lệch khỏi mục tiêu và tồn tại biến động ngoài kiểm soát. Cần xác định nguyên nhân gây biến động (các điểm vượt UCL/LCL), đồng thời cải thiện tính ổn định và độ chính xác của hệ thống để nâng cao năng lực thực sự (C_{pk}/P_{pk}) và giảm lỗi.

Đo lường khối lượng bavia dư thừa

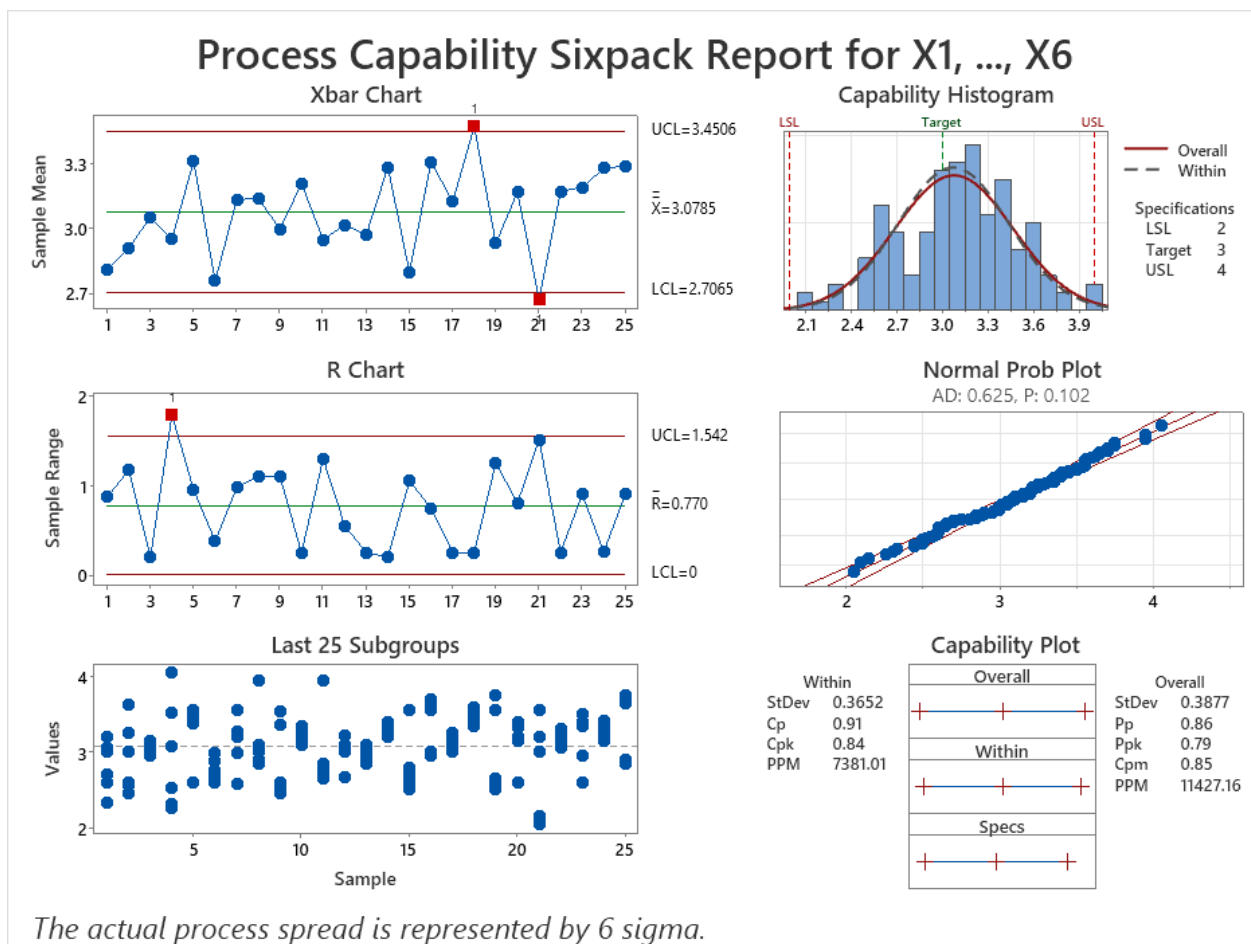
Lỗi ba via dư thừa tuy không ảnh hưởng trực tiếp đến khách hàng, nhưng có thể gây tác động đáng kể đến năng suất sản xuất và chi phí vận hành của doanh nghiệp. Vì vậy, việc tính toán và kiểm soát lượng ba via dư thừa là cần thiết nhằm tối ưu hóa quy trình, giảm lãng phí và nâng cao hiệu quả sản xuất tổng thể.

Bảng 5.5. Đo lường khối lượng bavaria dư thừa

Đơn vị: Kg

Mẫu	X1	X2	X3	X4	X5	X6
1	3.065	3.202	2.598	2.706	3.05	3.001
2	3.509	3.45	2.6	3.62	2.997	3.25
3	3.05	3.1	2.95	3	3.15	3.08
4	3.265	2.523	3.514	3.09	3.305	3.07
5	3.5	3.55	3.4	2.6	3.45	3.38
6	2.75	2.6	2.65	2.7	2.98	2.879
7	3.205	3.561	3.21	2.58	2.98	3.28
8	3	3.1	2.975	2.85	2.9	3.05
9	3.54	3.356	3.567	2.6	2.45	3.55
10	3.2	3.213	3.25	3.15	3.1	3.35
11	3.285	2.85	2.7	2.75	2.654	2.98
12	3.667	3.1	2.895	3.218	3.08	3.177
13	2.95	3	3.05	2.85	2.9	3.1
14	3.3	3.35	3.4	3.25	3.2	3.215
15	3.562	3.259	2.7	3.55	2.65	2.8
16	2.958	3.7	3.55	3.65	3	3.012
17	3.1	3.21	3.05	3	3.15	3.25
18	3.4	3.45	3.35	3.5	3.6	3.55
19	2.55	2.6	2.5	2.65	3.555	3.75
20	3.325	2.598	3.35	3.4	3.2	3.15
21	3	3.125	2.05	3.56	3.002	3.2
22	3.1	3.15	3.2	3.05	3.25	3.3
23	3.4	3.35	3.5	3.357	2.95	2.6
24	3.2	3.15	3.331	3.35	3.25	3.407
25	2.897	2.85	3.75	3.7	3.65	2.9

Từ dữ liệu thu thập được, sử dụng phần mềm Minitab để tiến hành phân tích thống kê. Qua đó, có thể đánh giá năng lực quy trình cũng như mức độ kiểm soát của quá trình, từ đó xác định xem quy trình có đang hoạt động ổn định và đạt yêu cầu chất lượng hay không.



Hình 5.5. Phân tích năng lực quy trình về bavia dư thừa

❖ **Nhận xét**

1. Biểu đồ $\bar{X}$ (Xbar Chart):

Biểu đồ trung bình mẫu (Xbar Chart) thể hiện quá trình kiểm soát trung bình qua 25 nhóm, mỗi nhóm gồm 6 mẫu. Có 2 điểm (18 và 21) vượt ra ngoài giới hạn kiểm soát (UCL và LCL), đây là dấu hiệu quá trình có yếu tố ngoài kiểm soát hoặc nguyên nhân đặc biệt cần được xác minh.

Trung bình chung $\bar{X} = 3.0785$, gần với mục tiêu (3.0), tuy nhiên do xuất hiện điểm vượt giới hạn $\rightarrow$ quá trình chưa hoàn toàn ổn định.

2. Biểu đồ R Chart:

Biểu đồ phạm vi R phản ánh mức độ dao động trong từng nhóm. Có 1 điểm nằm ngoài giới hạn kiểm soát (nhóm 4) $\rightarrow$ cho thấy có dao động bất thường trong nhóm này, quá trình có thể đang bị ảnh hưởng bởi biến động nguyên vật liệu, thao tác công nhân, hoặc điều kiện máy móc.

3. Biểu đồ Histogram năng lực (Capability Histogram):

Biểu đồ phân phối ba via cho thấy hình dáng gần chuẩn, tuy nhiên có một số mẫu vượt ngoài giới hạn kỹ thuật ($LSL = 2.0$, $USL = 4.0$).

Đường phân phối “Overall” và “Within” khác nhau rõ rệt, chứng tỏ có sự biến thiên lớn giữa các nhóm và quá trình chưa kiểm soát thống nhất. Có xu hướng nghiêng trái nhẹ, đồng thời dải giá trị rộng cho thấy mức độ dao động khá cao.

4. Biểu đồ xác suất chuẩn (Normal Prob Plot):

Biểu đồ phân phối chuẩn cho thấy dữ liệu phù hợp với phân phối chuẩn ($P\text{-value} = 0.102 > 0.05$; $AD = 0.625$). Điều này tạo điều kiện thuận lợi cho việc tính toán chỉ số C_p , C_{pk} , vì giả định chuẩn được thỏa mãn.

5. Biểu đồ 25 nhóm mẫu cuối (Last 25 Subgroups):

Biểu đồ thể hiện rõ một số mẫu gần tiệm cận với giới hạn trên (USL) và dưới (LSL), đặc biệt là ở vùng nhóm 4, 11 và 21. Điều này cảnh báo rằng nếu không có biện pháp kiểm soát và cải tiến kịp thời, một số mẫu sẽ vượt chuẩn trong tương lai gần. Xu hướng lên xuống thất thường cũng là biểu hiện của quá trình chưa ổn định lâu dài.

6. Biểu đồ năng lực quá trình (Capability Plot):

- $C_p = 0.91$, $C_{pk} = 0.84$ (Within): Quá trình chưa đạt yêu cầu năng lực tối thiểu ($C_p \geq 1.33$) $\rightarrow$ dao động quá lớn so với giới hạn kỹ thuật.
- $P_p = 0.86$, $P_{pk} = 0.79$ (Overall): Năng lực tổng thể thấp hơn trong nhóm, chứng tỏ quá trình sản xuất hiện tại đang gặp biến động.

Nhận xét: Kết quả đo lường cho thấy quy trình sản xuất hiện tại vẫn còn tồn tại nhiều sai lỗi ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm. Một số chỉ số đánh giá quá trình và biểu đồ kiểm soát cho thấy quá trình chưa thực sự ổn định và khả năng đáp ứng yêu cầu kỹ thuật chưa cao. Các lỗi phát sinh có xu hướng lặp lại, cho thấy sự tồn tại của các nguyên nhân tiềm ẩn chưa được kiểm soát hiệu quả. Do đó, cần tiếp tục thực hiện các bước phân tích sâu hơn để xác định nguyên nhân gốc rễ và đề xuất các biện pháp cải tiến phù hợp nhằm nâng cao năng lực quy trình và giảm thiểu lỗi sản phẩm.

5.3. Phân tích (Analyze)

Trong giai đoạn *Phân tích (Analyze)* của chu trình DMAIC, nghiên cứu sẽ tập trung làm rõ các nguyên nhân gốc rễ gây ra các lỗi quan trọng đã được xác định. Các công cụ như biểu đồ nhân quả, 5 Whys và sau đó, chỉ số RPN (Risk Priority Number) sẽ được áp dụng để đánh giá mức độ rủi ro của từng nguyên nhân nhằm chọn lọc nguyên nhân ưu tiên để đưa vào giai đoạn cải tiến tiếp theo.

❖ Phân tích độ dày không đồng đều

Trên sản phẩm cánh hướng gió ô tô, lỗi độ dày không đồng đều xảy ra khi bề mặt cánh xuất hiện các khu vực có độ dày thay đổi rõ rệt giữa các vùng, đặc biệt thường gặp tại mép cánh và góc bo cánh. Lỗi này ảnh hưởng nghiêm trọng đến khả năng chịu lực gió, độ ổn định khi lắp ráp cũng như yêu cầu cao về thẩm mỹ của sản phẩm.

Để tìm ra nguyên nhân gốc rễ và đề xuất hướng cải tiến, tiến hành phân tích theo phương pháp 4M (Man - Machine - Material - Method) như sau:

1. Con người (Man)

- Chưa tham khảo hướng dẫn vận hành: Công nhân vận hành không đọc kỹ hoặc chưa nắm vững tài liệu hướng dẫn kỹ thuật, dẫn đến thao tác máy và điều chỉnh khuôn không đúng yêu cầu, gây ra sự bất ổn trong quá trình thổi sản phẩm.
- Vệ sinh khuôn chưa đúng cách: Công nhân sử dụng công cụ hoặc dung môi không phù hợp, vệ sinh không sạch toàn bộ bề mặt khuôn và hệ thống thông khí, dẫn đến dòng nhựa thổi bị lệch, gây phân bố vật liệu không đồng đều.
- Chưa điều chỉnh đúng thông số kỹ thuật: Thao tác chỉnh các thông số áp suất khí, thời gian thổi hoặc nhiệt độ chưa theo đúng tiêu chuẩn quy định, khiến quá trình tạo hình không đạt sự đồng đều cần thiết.
- Chưa được đào tạo kỹ càng: Công nhân thiếu kiến thức vận hành thiết bị thổi nhựa, chưa nhận biết được hoặc xử lý kịp thời các dấu hiệu sai lệch trong sản xuất, dẫn đến chất lượng sản phẩm không ổn định.

2. Máy móc (Machine)

- Thiết bị gia nhiệt hoạt động không đồng đều: Thiết bị gia nhiệt hoạt động không ổn định có thể khiến một số vùng của phôi nhựa bị nóng chảy không đúng cách, dẫn đến độ dày không ổn định.
- Vít tải bị mòn: Bộ vít tải trong máy ép thổi bị mòn theo thời gian, làm giảm hiệu quả cấp nhựa và trộn nhựa, dẫn đến lượng nhựa thổi ra không ổn định, gây ra độ dày không đồng đều.
- Áp suất khí không ổn định: Hệ thống cấp khí thổi bị dao động áp suất, lúc cao lúc thấp, khiến tốc độ và lực thổi thay đổi liên tục trong chu kỳ sản xuất, làm cho thành phẩm không đạt độ dày đồng nhất.
- Hệ thống làm mát chưa ổn định: Hệ thống làm mát khuôn không duy trì nhiệt độ ổn định, gây hiện tượng nguội nhanh hoặc chậm bất thường ở từng vùng khuôn, làm biến dạng độ dày sản phẩm.

3. Nguyên vật liệu (Material)

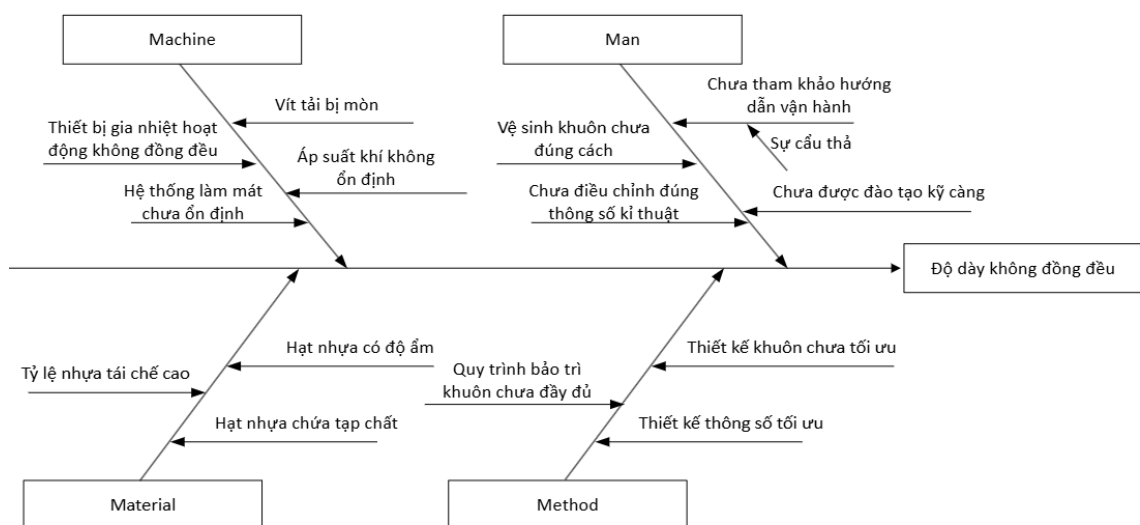
- Tỷ lệ nhựa tái chế cao: Khi pha trộn nhựa nguyên sinh với lượng lớn nhựa tái chế, tính chất cơ học và độ nhớt của nhựa thay đổi, làm cho dòng chảy nhựa không ổn định khi thổi, dễ dẫn đến độ dày phân bố không đều.
- Hạt nhựa chứa tạp chất: Nhựa có lẫn tạp chất có thể làm thay đổi tính chất nóng chảy của dòng nhựa, tạo ra các khu vực dày mỏng không kiểm soát được.

- Hạt nhựa có độ ẩm: Nếu hạt nhựa không được sấy khô kỹ, độ ẩm cao sẽ tạo ra bọt khí hoặc hơi nước trong quá trình gia nhiệt và thổi, gây nên lỗi rỗng cục bộ hoặc độ dày không đồng đều trên bề mặt sản phẩm.

4. Phương pháp (Method)

- Thiết kế khuôn chưa tối ưu: Thiết kế khuôn chưa được tối ưu có thể ảnh hưởng đến sự phân bố nhựa, làm cho một số vùng của sản phẩm bị mỏng hơn so với tiêu chuẩn.
- Thiết kế thông số tối ưu: Các thông số vận hành tiêu chuẩn như nhiệt độ, áp suất thổi, tốc độ thổi, thời gian làm mát chưa được thiết kế tối ưu theo sản phẩm thực tế, gây ra sự phân bố vật liệu không đồng đều.
- Quy trình bảo trì khuôn chưa đầy đủ: Công tác bảo trì khuôn chưa được thực hiện đầy đủ bao gồm việc kiểm tra và sửa chữa kịp thời các lỗ thoát khí, bề mặt khuôn,... có thể làm cho hiệu suất thổi nhựa giảm, gây lỗi về độ dày.

Sau khi hoàn thành việc phân tích 4M, sơ đồ xương cá có thể được sử dụng để hệ thống hóa và trực quan hóa các nguyên nhân tiềm ẩn dẫn đến vấn đề, từ đó giúp xác định các yếu tố chủ yếu để cải thiện quy trình.



Hình 5.6. Sơ đồ xương cá độ dày không đồng đều

Bảng 5.6. Đánh giá chỉ số RPN độ dày không đồng đều

Nguồn gốc sai lỗi	Mức độ nghiêm trọng (S)	Khả năng xảy ra (O)	Mức độ phát hiện (D)	RPN
Con người	4	3	3	36
Máy móc	7	2	3	42
Nguyên vật liệu	6	3	2	36
Phương pháp	7	4	3	84

Kết quả đánh giá RPN cho thấy nguyên nhân thuộc nhóm phương pháp có mức độ rủi ro cao nhất, cho thấy quy trình hiện tại vẫn chưa được thiết kế và kiểm soát tối

ưu, đặc biệt trong việc thiết lập thông số vận hành và bảo trì khuôn. Máy móc cũng là nhóm có mức RPN cao, phản ánh ảnh hưởng đáng kể từ sự không ổn định của thiết bị như hệ thống gia nhiệt và làm mát. Trong khi đó, các yếu tố liên quan đến con người và nguyên vật liệu tuy có mức độ nghiêm trọng và tần suất xuất hiện nhất định nhưng được đánh giá có khả năng phát hiện tốt hơn. Từ bảng đánh giá này, có thể ưu tiên tập trung cải tiến vào việc rà soát, chuẩn hóa quy trình công nghệ và tăng cường kiểm soát thiết bị để nâng cao độ ổn định trong sản xuất và giảm thiểu lỗi độ dày không đồng đều.

❖ Phân tích hở đường giáp mí

Trên sản phẩm cánh hướng gió ô tô, lỗi hở đường giáp mí xảy ra khi hai bề mặt nhựa tại vị trí giáp nối không khít hoàn toàn, để lại khe hở nhỏ hoặc vết nứt, ảnh hưởng trực tiếp đến tính thẩm mỹ, độ kín khít và khả năng chịu lực của sản phẩm. Lỗi này thường xuất hiện dọc theo các đường chia khuôn hoặc tại các vùng kết nối phức tạp. Nếu không kiểm soát tốt, lỗi hở giáp mí có thể gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến chất lượng sản phẩm cũng như gây khó khăn trong quá trình lắp ráp.

Để tìm ra nguyên nhân gốc rễ và đề xuất hướng cải tiến, tiến hành phân tích theo phương pháp 4M (Man - Machine - Material - Method) như sau:

1. Con người (Man)

- Chưa kiểm tra độ khít của khuôn trước khi vận hành: Công nhân chưa thực hiện kiểm tra độ khít và áp sát của hai mặt khuôn trước khi bắt đầu sản xuất, dẫn đến khuôn không ép sát hoàn toàn, tạo khe hở khi thổi sản phẩm.
- Vệ sinh khuôn chưa đúng cách: Quy trình vệ sinh khuôn không kỹ càng khiến bụi bẩn, nhựa dư bám lại trên bề mặt khuôn, làm cản trở sự tiếp xúc giữa hai nửa khuôn, dẫn đến khe hở tại vị trí giáp mí.
- Chưa điều chỉnh đúng thông số kỹ thuật: Các thông số như áp suất khí thổi, lực kẹp khuôn hoặc nhiệt độ vận hành chưa được điều chỉnh chính xác theo yêu cầu, khiến khuôn không ép sát đúng chuẩn trong quá trình thổi.
- Chưa được đào tạo kỹ càng: Công nhân thiếu kiến thức về quy trình kiểm soát khuôn và vận hành thiết bị, không phát hiện và xử lý kịp thời các dấu hiệu khuôn hở trong sản xuất.

2. Máy móc (Machine)

- Thiết bị gia nhiệt hoạt động không đồng đều: Gia nhiệt không ổn định làm cho nhiệt độ khuôn thay đổi cục bộ, gây biến dạng nhẹ ở bề mặt tiếp xúc, làm mất độ kín khít giữa hai nửa khuôn.
- Khuôn bị mòn: Bề mặt khuôn sau thời gian sử dụng dài bị hao mòn làm giảm độ kín khít tại các đường giáp mí, dẫn đến lỗi hở mép sản phẩm.

- Hai mặt khuôn chưa áp sát: Hệ thống cơ cấu đóng mở khuôn hoặc căn chỉnh khuôn không chính xác khiến hai mặt khuôn không ép sát tuyệt đối, tạo ra khe hở trong quá trình thổi.

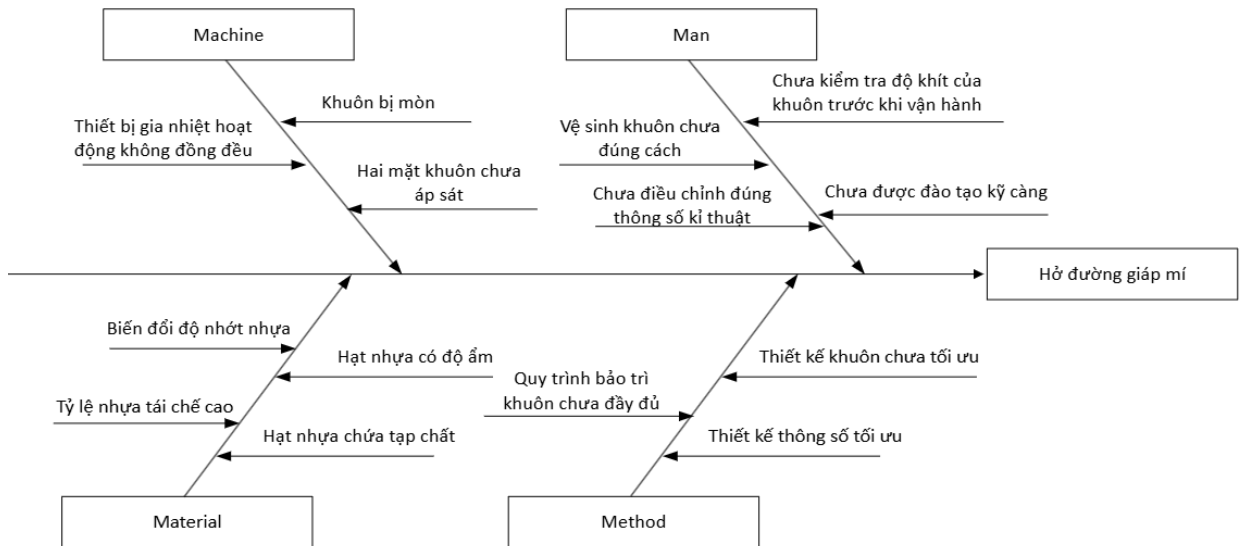
3. Nguyên vật liệu (Material)

- Biến đổi độ nhớt nhựa: Sự thay đổi độ nhớt của dòng nhựa do tính chất vật liệu hoặc điều kiện gia công không ổn định khiến quá trình lấp đầy khuôn không đồng đều, dễ làm tăng khả năng tạo hở ở giáp mí.
- Tỷ lệ nhựa tái chế cao: Việc sử dụng tỷ lệ nhựa tái chế cao làm thay đổi tính chất dòng chảy, khiến khả năng lấp đầy và ép sát mép khuôn giảm, tăng nguy cơ hở đường giáp mí.
- Hạt nhựa chứa tạp chất: Tạp chất trong nhựa cản trở dòng chảy đều đặn và gây bít tắc cục bộ, ảnh hưởng đến việc lấp kín hoàn toàn khuôn ở các mép nổi.
- Hạt nhựa có độ ẩm: Độ ẩm cao trong hạt nhựa tạo ra bọt khí trong quá trình thổi, làm dòng nhựa không liên mạch, dễ sinh ra lỗ hở tại vùng giáp mí.

4. Phương pháp (Method)

- Thiết kế khuôn chưa tối ưu: Cấu trúc thiết kế khuôn không hợp lý khiến hai mặt khuôn khó ép sát chặt với nhau, tăng nguy cơ hở khuôn.
- Thiết kế thông số chưa tối ưu: Các thông số vận hành như lực đóng khuôn, áp suất thổi, tốc độ thổi chưa được tối ưu phù hợp với loại nhựa và thiết kế khuôn, dẫn đến sự thiếu ổn định trong việc ép sát khuôn.
- Quy trình bảo trì khuôn chưa đầy đủ: Bảo trì khuôn không thường xuyên khiến khuôn bị mòn, bề mặt tiếp xúc bị bẩn hoặc hư hại, không đảm bảo độ kín khít khi ép thổi, dẫn đến lỗi hở mép sản phẩm.

Dưới đây là sơ đồ xương cá nhằm hệ thống hóa và trực quan hóa các nguyên nhân tiềm ẩn dẫn đến vấn đề đang phân tích như sau:



Hình 5.7. Sơ đồ xương cá hở đường giáp mí

Bảng 5.7. Đánh giá chỉ số RPN hở đường giáp mí

Nguồn gốc sai lỗi	Mức độ nghiêm trọng (S)	Khả năng xảy ra (O)	Mức độ phát hiện (D)	RPN
Con người	3	2	3	18
Máy móc	3	2	2	12
Nguyên vật liệu	5	4	3	60
Phương pháp	4	3	3	36

Qua bảng đánh giá RPN, nguyên vật liệu có mức độ rủi ro cao nhất với RPN = 60, chủ yếu do tỷ lệ pha trộn nhựa tái chế và nhựa nguyên sinh chưa tối ưu hóa, ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm. Tiếp theo là phương pháp (RPN = 36), cho thấy cần tối ưu hóa các thông số kỹ thuật như lực đóng khuôn và áp suất thổi. Máy móc và con người có mức độ rủi ro thấp hơn nhưng vẫn cần kiểm soát để duy trì ổn định quy trình sản xuất. Cần tập trung vào cải tiến tỷ lệ pha trộn nguyên liệu và thiết lập thông số kỹ thuật phù hợp để giảm thiểu lỗi hở đường giáp mí.

❖ Phân tích lỗi bavia dư thừa nhiều

Trên sản phẩm cánh hướng gió ô tô, lỗi bavia dư thừa xảy ra khi nhựa tràn ra ngoài đường phân khuôn, tạo thành các gờ mỏng hoặc vết thừa tại mép sản phẩm. Mặc dù lỗi này thường không gây ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng chức năng của sản phẩm, nhưng là dấu hiệu cho thấy quy trình sản xuất hiện tại chưa được tối ưu hoàn toàn. Các vị trí bavia thường xuất hiện là mép cánh và khu vực đóng khít của khuôn.

Để xác định nguyên nhân gốc rễ và đề xuất hướng cải tiến, tiến hành phân tích theo phương pháp 4M (Man - Machine - Material - Method) như sau:

1. Con người (Man)

- Lắp khuôn chưa đúng cách: Công nhân lắp ráp khuôn chưa đúng kỹ thuật, dẫn đến khuôn không khít hoàn toàn, tạo khe hở cho nhựa tràn ra ngoài mép khuôn gây bavia.
- Vệ sinh khuôn chưa đúng cách: Bề mặt khuôn còn bám bụi bẩn hoặc nhựa thừa cũ, cản trở khả năng tiếp xúc hoàn toàn giữa hai nửa khuôn, dẫn đến sinh bavia.
- Chưa điều chỉnh đúng thông số kỹ thuật: Công nhân chưa điều chỉnh đúng các thông số như áp suất khí, lực đóng khuôn, nhiệt độ, làm tăng khả năng tràn nhựa ở đường giáp mí.
- Chưa được đào tạo kỹ càng: Nhân sự vận hành thiếu kinh nghiệm hoặc hiểu biết về quy trình kiểm tra và điều chỉnh khuôn, gây sai sót khi lắp đặt và vận hành.

2. Máy móc (Machine)

- Thiết bị gia nhiệt hoạt động không đồng đều: Gia nhiệt không đều gây co rút nhiệt khác biệt tại bề mặt khuôn, làm hai nửa khuôn không còn độ kín khít như thiết kế.
- Khuôn bị mòn: Khuôn sử dụng lâu ngày, các bề mặt tiếp xúc bị hao mòn làm giảm độ kín, dễ dẫn tới hiện tượng bavia.
- Hai mặt khuôn chưa áp sát: Do sai lệch cơ học hoặc lão hóa thiết bị, hai bề mặt khuôn không áp sát hoàn toàn với nhau trong quá trình sản xuất.
- Áp suất khí thổi cao: Áp suất khí thổi cao gây tràn nhựa ra ngoài khe hở nhỏ giữa hai nửa khuôn, tạo bavia lớn.

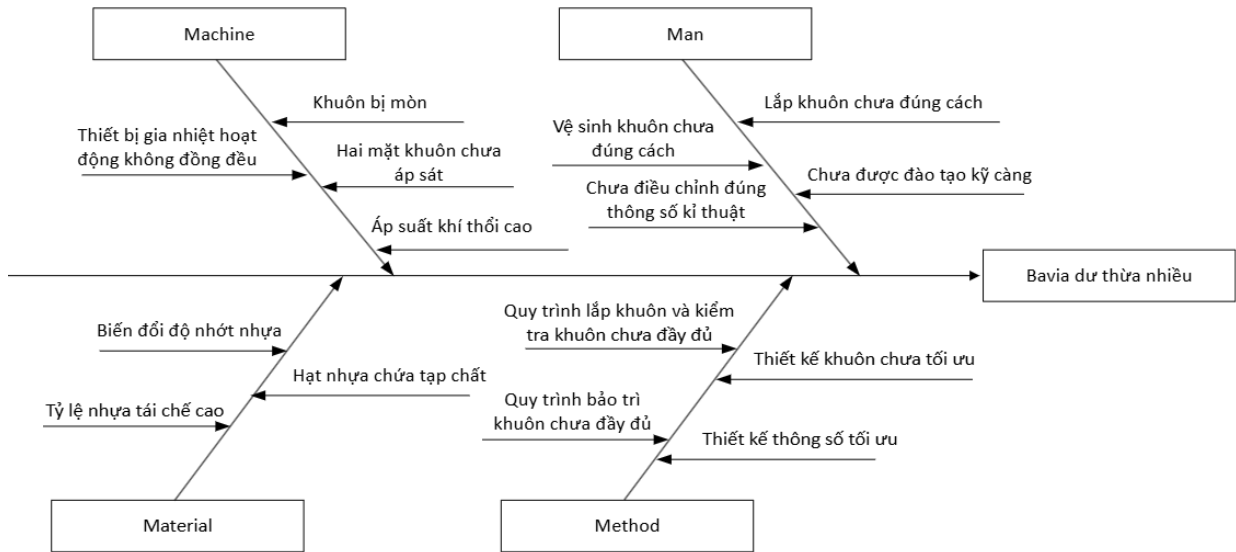
3. Nguyên vật liệu (Material)

- Biến đổi độ nhớt nhựa: Độ nhớt nhựa không ổn định làm tăng xu hướng dòng nhựa tràn quá mức ở các vị trí giáp mí khuôn.
- Tỷ lệ nhựa tái chế cao: Tăng lượng nhựa tái chế làm giảm chất lượng dòng chảy và tính liên kết, tăng nguy cơ tràn nhựa tại khuôn, tạo bavia.
- Hạt nhựa chứa tạp chất: Tạp chất trong nhựa gây rối loạn dòng chảy, làm mất kiểm soát quá trình ép khuôn, dẫn đến hiện tượng bavia.

4. Phương pháp (Method)

- Quy trình lắp khuôn và kiểm tra khuôn chưa đầy đủ: Quy trình kiểm tra độ kín khuôn trước sản xuất chưa được thực hiện chặt chẽ, dẫn đến vận hành khuôn kém hiệu quả.
- Quy trình bảo trì khuôn chưa đầy đủ: Bảo trì khuôn chưa được thực hiện đầy đủ khiến khuôn bị mòn hoặc biến dạng nhẹ mà không được phát hiện kịp thời.
- Thiết kế khuôn chưa tối ưu: Thiết kế bề mặt khuôn thiếu kênh thoát khí hiệu quả, làm tăng nguy cơ sinh bavia.
- Thiết kế thông số tối ưu chưa đạt: Các thông số vận hành (lực đóng khuôn, áp suất thổi, nhiệt độ, thời gian làm mát) chưa được tối ưu hóa theo yêu cầu của nguyên vật liệu và sản phẩm.

Dưới đây là sơ đồ xương cá nhằm hệ thống hóa và trực quan hóa các nguyên nhân tiềm ẩn dẫn đến vấn đề đang phân tích như sau:



Hình 5.8. Sơ đồ xương cá lỗi bavia dư thừa nhiều

Bảng 5.8. Đánh giá chỉ số RPN lỗi bavia dư thừa nhiều

Nguồn gốc sai lỗi	Mức độ nghiêm trọng (S)	Khả năng xảy ra (O)	Mức độ phát hiện (D)	RPN
Con người	4	2	2	16
Máy móc	6	3	3	54
Nguyên vật liệu	4	2	2	16
Phương pháp	7	4	3	84

Phân tích bảng RPN cho thấy yếu tố phương pháp là nguyên nhân rủi ro cao nhất gây ra lỗi bavia dư thừa, chủ yếu do thiết kế và điều chỉnh thông số kỹ thuật chưa tối ưu, cũng như quy trình kiểm tra – bảo trì khuôn chưa đầy đủ. Máy móc cũng đóng vai trò đáng kể, do hiện tượng mòn khuôn và thiết bị hoạt động không ổn định. Trong khi đó, yếu tố con người và nguyên vật liệu tuy có điểm RPN thấp hơn nhưng vẫn cần kiểm soát để đảm bảo sự ổn định cho toàn bộ quy trình sản xuất.

Từ kết quả phân tích RPN cho ba lỗi chính, có thể nhận thấy nhóm “Phương pháp” liên tục ghi nhận mức độ rủi ro cao hoặc gần cao nhất trong cả ba trường hợp. Điều này cho thấy các yếu tố như thiết kế thông số kỹ thuật chưa tối ưu, quy trình lắp đặt – bảo trì khuôn chưa đầy đủ, và thiếu chuẩn hóa trong vận hành đang là nguyên nhân gốc rễ tác động mạnh đến chất lượng sản phẩm. Việc chưa thiết lập các quy chuẩn kỹ thuật rõ ràng và phù hợp khiến việc kiểm soát quá trình gặp nhiều khó khăn, dẫn đến sai lỗi lặp lại và khó phát hiện kịp thời.

Bên cạnh đó, nguyên vật liệu cũng là yếu tố đáng lo ngại khi có RPN cao nhất trong lỗi hở đường giáp mí. Điều này chủ yếu liên quan đến việc tỷ lệ pha trộn nhựa tái chế và nhựa nguyên sinh chưa tối ưu hóa, làm ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm.

Do đó, cần tập trung vào việc rà soát, điều chỉnh và chuẩn hóa các thông số hiện hành, đồng thời tiến hành cải tiến tỷ lệ pha trộn nhựa để đảm bảo chất lượng ổn định. Phần tiếp theo sẽ trình bày các giải pháp cải tiến cụ thể nhằm nâng cao hiệu quả kiểm soát quy trình.

5.4. Cải tiến (Improve)

Sau khi xác định được nguyên nhân gốc rễ gây ra lỗi thông qua phân tích dữ liệu và các công cụ trong giai đoạn *Phân tích* (Analyze), bước tiếp theo là triển khai các biện pháp cải tiến. Để tối ưu hóa các thông số vận hành và giảm thiểu tỷ lệ khuyết tật, kỹ thuật thiết kế thí nghiệm (Design of Experiments – DOE) được lựa chọn để đánh giá và tìm ra sự kết hợp tối ưu giữa các yếu tố ảnh hưởng chính.

DOE cho phép thực hiện các thí nghiệm có kiểm soát, trong đó nhiều yếu tố đầu vào được thay đổi đồng thời nhằm xác định ảnh hưởng của chúng đến chất lượng sản phẩm đầu ra. Thay vì thử từng yếu tố riêng lẻ – mất nhiều thời gian và nguồn lực – DOE giúp tiết kiệm đáng kể thời gian và cung cấp cái nhìn toàn diện hơn về sự tương tác giữa các yếu tố.

Trong phần này, một ma trận thí nghiệm sẽ được xây dựng dựa trên các yếu tố quan trọng đã được chọn lọc, và sau đó thực hiện các thí nghiệm theo thiết kế nhằm thu thập dữ liệu đầu ra để phân tích và xác định thông số tối ưu.

Để phân tích ảnh hưởng của các yếu tố đến kết quả đầu ra, cần thực hiện theo các bước sau:

- 1 Phát triển một thiết kế thí nghiệm phù hợp.
- 2 Kiểm tra tính khả thi của thiết kế.
- 3 Thực hiện thí nghiệm theo thiết kế đã xây dựng.
- 4 Thu thập dữ liệu từ các kết quả đầu ra.
- 5 Phân tích các yếu tố ảnh hưởng chính.
- 6 Tìm ra giá trị tối ưu cho các yếu tố đầu vào.

Nghiên cứu này sẽ ứng dụng cải tiến DOE để tối ưu hóa các thông số kỹ thuật và tỷ lệ pha trộn nhựa. Cụ thể, DOE sẽ giúp xác định các thông số kỹ thuật quan trọng từ đó giúp giảm thiểu các lỗi như độ dày không đồng đều và bavia dư thừa. Đồng thời, việc điều chỉnh tỷ lệ pha trộn nhựa tái chế và nhựa nguyên sinh sẽ giúp giảm lỗi hở đường giáp mí, đảm bảo sản phẩm có chất lượng đồng nhất và ổn định hơn.

A. Tối ưu hóa các thông số kỹ thuật

Phân tích hiệu ứng các tham số đến các lỗi chất lượng

1. Nhiệt độ thùng (BZ1–BZ4)

Nhiệt độ thùng ảnh hưởng mạnh đến độ dày do nhiệt độ không ổn định giữa các vùng gia nhiệt làm nhựa nóng chảy không đều, dẫn đến độ phân bố vật liệu không đồng đều trong sản phẩm. Đồng thời, tham số này cũng ảnh hưởng mạnh đến độ hở đường giáp mí, vì nhiệt độ quá thấp làm nhựa khó điền đầy khuôn, còn quá cao khiến dòng chảy loãng, khó kiểm soát tại vùng giáp mí. Nhiệt độ thùng chỉ ảnh hưởng trung bình đến lượng dư bavaria, khi độ nhót thay đổi có thể làm tăng nguy cơ tràn nhựa nhẹ tại các khe hở khuôn.

2. Áp suất thổi

Áp suất thổi ảnh hưởng mạnh đến độ dày vì đây là lực trực tiếp đẩy nhựa điền đầy khuôn, đặc biệt ở các vùng mỏng. Nếu áp suất không đủ, sản phẩm sẽ thiếu vật liệu và có độ dày không đạt yêu cầu. Tham số này cũng có ảnh hưởng mạnh đến lượng dư bavaria, khi áp suất quá cao gây tràn nhựa ra ngoài khuôn, tạo bavaria tại các đường phân khuôn.

3. Thời gian thổi

Thời gian thổi có ảnh hưởng trung bình đến độ dày, nhưng ảnh hưởng mạnh đến độ hở giáp mí. Nếu thời gian thổi quá ngắn, nhựa không đủ thời gian điền đầy, dễ gây khe hở tại đường giáp mí. Ngược lại, thời gian quá dài có thể tạo áp lực dư, làm mở khuôn nhẹ và phát sinh lỗi bavaria.

4. Nhiệt độ khuôn

Tham số này ảnh hưởng mạnh đến độ hở giáp mí, do nhiệt độ khuôn thấp làm dòng nhựa nguội sớm, không điền đầy khuôn tại vùng tiếp giáp. Mặc dù ảnh hưởng trung bình đến độ dày và bavaria, nhưng kiểm soát nhiệt khuôn vẫn cần thiết để đảm bảo dòng chảy ổn định và hạn chế co ngót.

5. Lực kẹp khuôn

Lực kẹp khuôn có ảnh hưởng mạnh đến độ hở giáp mí và bavaria. Nếu lực kẹp không đủ, khuôn có thể bị mở nhẹ khi nhựa được bơm vào, gây nên khe hở hoặc tràn nhựa. Tuy nhiên, lực kẹp ảnh hưởng trung bình đến độ dày, vì chỉ tác động gián tiếp thông qua việc giữ kín khuôn.

6. Vật liệu nhựa (độ nhót)

Độ nhót vật liệu ảnh hưởng trung bình đến cả ba lỗi. Vật liệu quá nhót sẽ khó điền đầy khuôn, gây lỗi độ dày hoặc giáp mí; trong khi vật liệu quá loãng dễ tạo bavaria. Lựa chọn và kiểm soát độ nhót phù hợp giúp đảm bảo dòng chảy ổn định trong khuôn.

7. Thời gian làm mát

Thời gian làm mát ảnh hưởng mạnh đến độ dày, vì nếu sản phẩm chưa đủ thời gian để đông đặc, sẽ bị biến dạng sau khi lấy ra khỏi khuôn. Ngoài ra, tham số này cũng

ảnh hưởng trung bình đến độ hở giáp mí và bavias, vì nhiệt độ nhựa chưa ổn định có thể tạo ra áp lực không đều trong lòng khuôn.

8. Tốc độ trực vít

Tốc độ này ảnh hưởng trung bình đến độ dày và giáp mí, nhưng không ảnh hưởng rõ đến bavias. Tốc độ vít ảnh hưởng đến lượng nhựa cấp, từ đó gián tiếp ảnh hưởng đến áp lực trong khuôn. Tuy nhiên, vai trò của yếu tố này không mạnh bằng các tham số như áp suất và thời gian thổi.

Dưới đây là bảng thể hiện mối quan hệ giữa các tham số trong quy trình thổi nhựa và các loại lỗi thường gặp như độ dày không đạt, độ hở đường giáp mí và lượng dư bavias trên sản phẩm. Các ký hiệu trong bảng gồm:

○ : Tác động trung bình

△ : Tác động mạnh

Bỏ trống nếu không ảnh hưởng rõ rệt

Bảng 5.9. Hiệu ứng tham số liên quan đến các loại lỗi

Các tham số	Độ dày	Độ hở đường giáp mí	Lượng dư bavias
Nhiệt độ thùng	△	△	○
Áp suất thổi	△	○	△
Thời gian thổi	○	○	○
Nhiệt độ khuôn	○	△	○
Lực kẹp khuôn	○	△	△
Vật liệu nhựa (độ nhớt)	○	○	
Thời gian làm mát	△	△	○
Tốc độ trực vít	○	○	

Từ phân tích trên, bốn tham số có ảnh hưởng mạnh và rõ ràng nhất đến các lỗi chất lượng của sản phẩm là:

- Nhiệt độ thùng
- Áp suất thổi
- Thời gian làm mát
- Lực kẹp khuôn

Những yếu tố này sẽ được lựa chọn đưa vào thiết kế thí nghiệm Taguchi nhằm tìm ra tổ hợp điều kiện tối ưu để giảm lỗi và nâng cao chất lượng sản phẩm.

Độ dày là yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng và độ bền cơ lý của sản phẩm nhựa, đặc biệt quan trọng với các chi tiết kỹ thuật như cánh hướng gió ô tô. Biến này chịu tác động bởi nhiều thông số quá trình như nhiệt độ thùng, áp suất thổi, thời

gian làm mát... nên phản ánh toàn diện hiệu quả của điều kiện gia công. Bên cạnh đó, độ dày là chỉ tiêu có thể đo lường chính xác bằng thiết bị thông dụng, dữ liệu định lượng rõ ràng, phù hợp với yêu cầu phân tích S/N trong phương pháp Taguchi. Ngoài ra, việc tối ưu hóa độ dày cũng giúp kiểm soát gián tiếp các lỗi liên quan như bavaria và hở giáp mí. Khi độ dày không đạt yêu cầu, nguy cơ phát sinh các lỗi khác trong quá trình ép nhựa sẽ tăng lên. Độ dày quá lớn có thể gây dư vật liệu và tạo ra bavaria; trong khi độ dày quá nhỏ dễ dẫn đến thiếu nhựa, hở đường giáp mí hoặc suy giảm liên kết vật liệu. Từ các phân tích trên, có thể thấy độ dày là một biến đầu ra phù hợp nhất để lựa chọn trong giai đoạn đầu của quá trình cải tiến và tối ưu hóa quy trình thổi nhựa.

❖ **Phát triển thiết kế phù hợp**

Bảng 5.10. Chọn dãy trực giao Taguchi theo bậc tự do

Dãy trực giao	Số thí nghiệm	Số nhân tố lớn nhất	2 mức	3 mức	4 mức	5 mức	DOF
L4	4	3	3				3
L8	8	7	7				7
L9	9	4		4			8
L12	12	11	11				11
L16	16	15	15				15
L'16	16	5			5		15
L18	18	8	1	7			17
L25	25	6				6	24
L27	27	13		13			26
L32	32	31	31				31
L'32	32	10	1		9		31
L36	36	23	11	12			35
L'36	36	16	3	13			35
L50	50	12	1			11	49
L54	54	26	1	25			53
L64	64	63	63				63
L'64	64	21			21		63
L81	81	40		40			80

Bảng 5.6 trình bày các ma trận trực giao các mức Taguchi theo bậc tự do. Trong nghiên cứu này, bốn tham số được chọn để khảo sát đối với sản phẩm cánh hướng gió bao gồm: nhiệt độ thùng, áp suất thổi, lực kẹp khuôn (mỗi tham số 3 mức) và thời gian làm mát (2 mức) phù hợp ma trận trực giao với sự kết hợp giữa các yếu tố có 2 và 3 mức. Do hạn chế về thời gian và chi phí khi tiến hành thí nghiệm, thiết kế với số lượng lần chạy nhỏ là phù hợp hơn. Do đó, ma trận trực giao L18 được lựa chọn làm thiết kế tối ưu cho quá trình thổi nhựa sản phẩm cánh hướng gió.

Bảng 5.11. Các yếu tố kiểm soát, mức độ và giá trị tương ứng

Các yếu tố kiểm soát	Mức độ	Giá trị tương ứng với từng cấp mức độ		
BZ1, °C	3	205	210	215
BZ2, °C	3	205	210	215
BZ3, °C	3	205	210	215
BZ4, °C	3	205	210	215
Áp suất thổi, bar	3	4.5	5.0	5.5
Thời gian làm mát, s	2	20	30	
Lực kẹp khuôn, kN	3	100	120	140

Trong bảng trên, các yếu tố từ BZ1 đến BZ4 đại diện cho bốn vùng gia nhiệt trên thùng nhựa của máy thổi. Việc kiểm soát nhiệt độ riêng biệt tại từng vùng này giúp đảm bảo dòng nhựa nóng chảy đều và ổn định trong suốt quá trình tạo hình. Ngoài ra, các thông số như áp suất thổi, thời gian làm mát và lực kẹp khuôn cũng được lựa chọn với các cấp mức phù hợp nhằm đánh giá ảnh hưởng của chúng đến chất lượng sản phẩm cánh hướng gió. Trên cơ sở các yếu tố và mức độ đã xác định, phần tiếp theo sẽ kiểm tra tính khả thi để đánh giá khả năng áp dụng thí nghiệm Taguchi vào quá trình thổi nhựa. Hiện tại, trong quy trình sản xuất tại nhà máy, các thông số nhiệt độ thường được thiết lập ở mức: BZ1 và BZ2 khoảng 205°C, BZ3 và BZ4 ở mức 215°C, áp suất thổi ở mức 4.5 bar, thời gian làm mát ở mức 30s và lực kẹp khuôn ở mức 120 kN. Trên cơ sở các yếu tố và mức độ đã xác định, phần tiếp theo sẽ kiểm tra tính khả thi nhằm đánh giá khả năng áp dụng thí nghiệm Taguchi vào quá trình thổi nhựa.

❖ Kiểm tra tính khả thi

Để tiếp tục thiết kế thí nghiệm Taguchi, bước kế tiếp là tính toán tính khả thi của mảng trực giao, cụ thể là xác định số bậc tự do (Degrees of Freedom – DOF) cần thiết và so sánh với DOF mà mảng trực giao cung cấp. Việc này nhằm đảm bảo rằng mảng thiết kế được chọn đủ khả năng phân biệt ảnh hưởng riêng lẻ của từng yếu tố kiểm soát.

Bảng 5.12. Các yếu tố, mức độ, mức độ DOF và DOF cho quá trình

Các yếu tố kiểm soát	Mức độ	DOF, N - 1	DOF quá trình
BZ1, °C	3	2	13
BZ2, °C	3	2	
BZ3, °C	3	2	
BZ4, °C	3	2	
Áp suất thổi, bar	3	2	
Thời gian làm mát, s	2	1	
Lực kẹp khuôn, kN	3	2	

Số bậc tự do (DOF) của thiết kế phải lớn hơn số bậc tự do của quá trình thì thiết kế thí nghiệm mới được xem là khả thi. Trong trường hợp này, mảng thiết kế L18 có DOF là 17, lớn hơn DOF của quá trình là 13, nên có thể kết luận rằng thiết kế này là phù hợp và có thể sử dụng.

❖ Chạy thiết kế

Sử dụng Minitab 22, kỹ thuật Taguchi áp dụng bảng thử nghiệm để xác định các yếu tố cần kiểm tra. Các thử nghiệm được thực hiện dựa trên bảng này, trong đó các yếu tố được thay đổi và dữ liệu phản hồi được thu thập để đánh giá kết quả.

Bảng 5.13. Thiết kế thử nghiệm Taguchi cho các yếu tố kiểm soát

Lần chạy	Thời gian làm mát	BZ1	BZ2	BZ3	BZ4	Áp suất thổi	Lực kẹp khuôn
1	20	205	205	205	205	4.5	100
2	20	205	210	210	210	5	120
3	20	205	215	215	215	5.5	140
4	20	210	205	205	210	5	140
5	20	210	210	210	215	5.5	100
6	20	210	215	215	205	4.5	120
7	20	215	205	210	205	5.5	120
8	20	215	210	215	210	4.5	140
9	20	215	215	205	215	5	100
10	30	205	205	215	215	5	120
11	30	205	210	205	205	5.5	140
12	30	205	215	210	210	4.5	100
13	30	210	205	210	215	4.5	140
14	30	210	210	215	205	5	100
15	30	210	215	205	210	5.5	120
16	30	215	205	215	210	5.5	100
17	30	215	210	205	215	4.5	120
18	30	215	215	210	205	5	140

Để đảm bảo độ tin cậy của kết quả, mỗi thí nghiệm cần được lặp lại đủ số lần. Nếu số lần chạy quá ít, độ tin cậy của dữ liệu thu được sẽ không cao; ngược lại, nếu tăng số lần chạy quá nhiều sẽ làm phát sinh thêm chi phí và kéo dài thời gian thực hiện. Nhằm cân bằng giữa độ chính xác và hiệu quả, nghiên cứu này tiến hành đo trên 3 sản phẩm và lặp lại 4 lần, mỗi sản phẩm được đo tại 4 vị trí đặc trưng: đầu trái, giữa thân, đầu phải và tại đường giáp mí – đây là các khu vực dễ phát sinh sai lệch. Việc lựa chọn các vị trí này nhằm đảm bảo dữ liệu phản hồi phản ánh đúng mức độ ổn định và sai lệch tiềm ẩn trên toàn bộ sản phẩm.. Do điều kiện nghiên cứu có giới hạn về thời gian và nguồn lực,

số liệu thu thập chỉ mang tính mô phỏng nhưng vẫn đảm bảo thể hiện được xu hướng biến động của các biến đầu ra phục vụ cho phân tích thiết kế thí nghiệm.

Bảng 5.14. Đầu ra phản hồi của độ dày cho cánh hướng gió

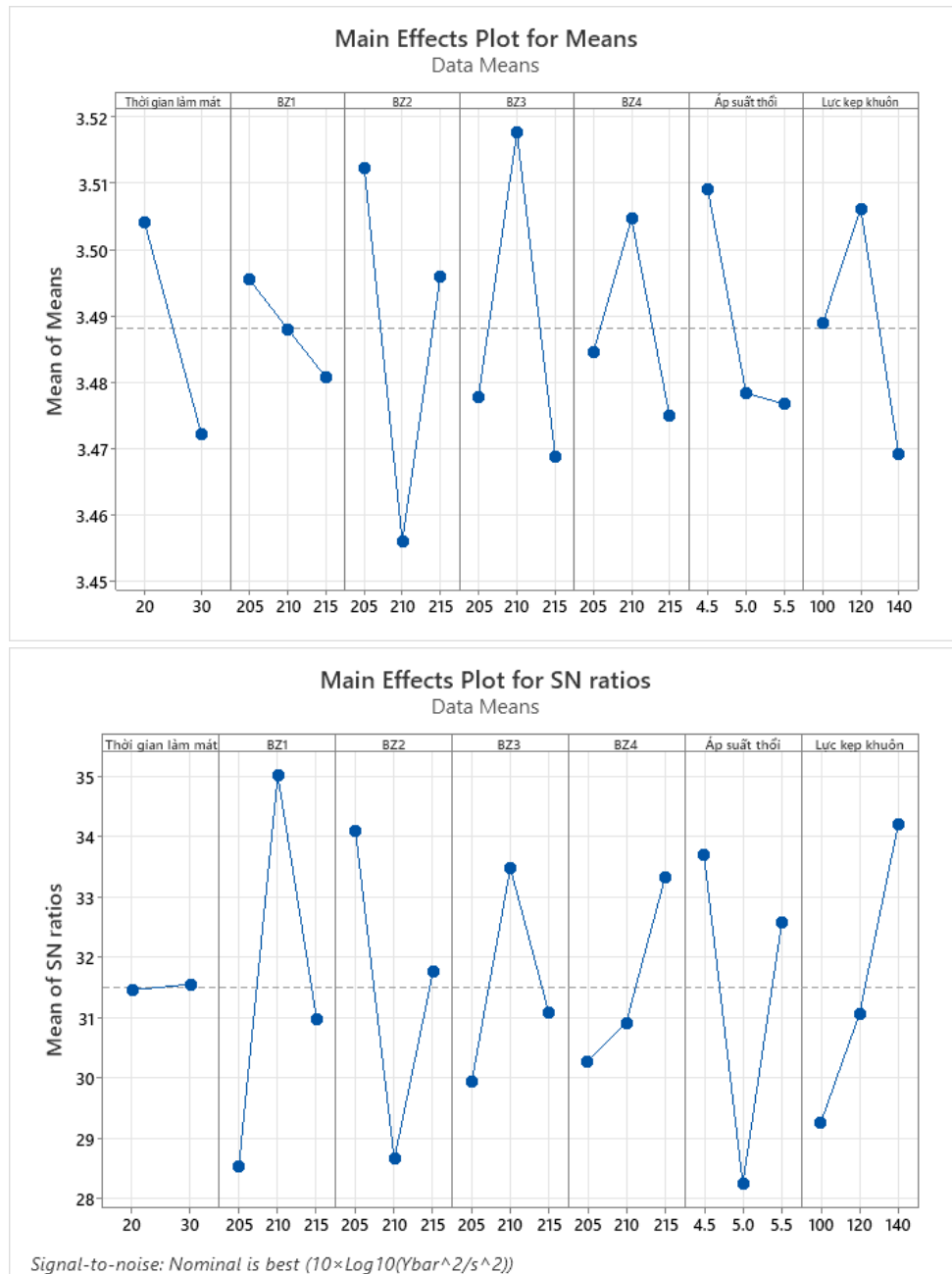
Đơn vị: mm

Lần chạy	TB lần chạy 1	TB lần chạy 2	TB lần chạy 3
1	3.445	3.555	3.617
2	3.328	3.624	3.687
3	3.515	3.448	3.372
4	3.381	3.600	3.490
5	3.442	3.547	3.419
6	3.539	3.616	3.455
7	3.570	3.615	3.466
8	3.424	3.541	3.438
9	3.660	3.476	3.342
10	3.358	3.605	3.470
11	3.604	3.434	3.218
12	3.392	3.738	3.510
13	3.539	3.520	3.543
14	3.594	3.235	3.382
15	3.450	3.503	3.532
16	3.479	3.384	3.584
17	3.484	3.546	3.264
18	3.373	3.478	3.528

❖ Phân tích tác động chính

Bằng cách sử dụng phần mềm MINITAB 22, các hiệu ứng trung bình và tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu (S/N) đã được phân tích nhằm đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố kiểm soát đến quá trình. Phân tích này cho phép xếp hạng mức độ ảnh hưởng của từng yếu tố thông qua giá trị phản hồi đầu ra.

S/N (Signal-to-Noise Ratio) – gọi là tỷ lệ Tín hiệu / Nhiễu – là một đại lượng do Taguchi đề xuất, dùng để đánh giá độ ổn định và chất lượng của quá trình. Nó không chỉ xét giá trị trung bình mà còn tính đến độ biến thiên giữa các lần chạy. Tỷ lệ S/N được sử dụng với mục đích tối ưu hóa quá trình, vì nó phản ánh mức độ biến động (độ lệch chuẩn) của dữ liệu. Ngược lại, phân tích hiệu ứng trung bình chỉ tập trung vào giá trị trung bình của kết quả so với mục tiêu đề ra. Sau khi xác định được các yếu tố và mức độ khảo sát, phần mềm đã xử lý số liệu và cung cấp kết quả phân tích tác động của các yếu tố một cách rõ ràng và chính xác.



Hình 5.9. Biểu đồ hiệu ứng chính cho tỷ lệ trung bình và S/N về độ dày

Biểu đồ hiệu ứng chính cho giá trị trung bình cho thấy mức độ ảnh hưởng của từng yếu tố đầu vào đến kết quả đầu ra thông qua sự thay đổi của giá trị trung bình. Giá trị mục tiêu cho độ dày sản phẩm cánh hướng gió cụ thể là 3.5 mm. Vì vậy, thời gian làm mát 20 s (mức 1), vùng thùng 1 205°C (mức 1), vùng thùng 2 215°C (mức 3), vùng thùng 3 210°C (mức 2), vùng thùng 4 210°C (mức 2), áp suất thổi 4.5 bar (mức 1) và lực kẹp khuôn 120 kN (mức 2) là những điểm mà quá trình gần đạt đến giá trị mục tiêu.

Đối với biểu đồ hiệu ứng chính cho tỷ lệ S/N, giá trị S/N càng cao thì hiệu ứng của yếu tố đó lên hệ thống càng mạnh và tích cực, tức là giúp cải thiện chất lượng hoặc độ ổn định của sản phẩm. Vì vậy, thời gian làm mát 30 s (mức 2), vùng thùng 1 210°C

(mức 2), vùng thùng 2 205°C (mức 1), vùng thùng 3 210°C (mức 2), vùng thùng 4 215°C (mức 3), áp suất thổi 4.5 bar (mức 1) và lực kẹp khuôn 140 kN (mức 3) là những điểm có tác dụng cao hơn với phản ứng.

❖ **Tính giá trị tối ưu**

Bảng 5.15. Bảng phản hồi cho tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu (S/N)

Nominal is best ($10 \times \log_{10}(\bar{Y}^2/s^2)$)

Level	Thời gian làm mát	BZ1	BZ2	BZ3	BZ4	Áp suất thổi	Lực kẹp khuôn
1	31.46	28.53	34.09	29.95	30.28	33.7	29.26
2	31.56	35.01	28.66	33.48	30.92	28.26	31.06
3		30.98	31.78	31.09	33.33	32.57	34.21
Delta	0.1	6.48	5.42	3.52	3.05	5.44	4.95
Rank	7	1	3	5	6	2	4

Bảng 5.16. Bảng phản hồi cho giá trị trung bình

Level	Thời gian làm mát	BZ1	BZ2	BZ3	BZ4	Áp suất thổi	Lực kẹp khuôn
1	3.504	3.495	3.512	3.478	3.485	3.509	3.489
2	3.472	3.488	3.456	3.518	3.505	3.478	3.506
3		3.481	3.496	3.469	3.475	3.477	3.469
Delta	0.032	0.015	0.056	0.049	0.03	0.032	0.037
Rank	5	7	1	2	6	4	3

Bảng 5.15 và 5.16 mô tả thứ hạng của từng yếu tố kiểm soát bằng cách xem xét giá trị delta của chúng. Trong nghiên cứu này, bảng tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu (S/N) được sử dụng làm cơ sở để đánh giá và lựa chọn các thông số tối ưu cho quá trình. Việc sử dụng bảng S/N giúp phản ánh không chỉ giá trị trung bình của đầu ra, mà còn thể hiện mức độ ổn định và khả năng chống nhiễu của hệ thống khi có sự thay đổi nhỏ trong điều kiện vận hành. Cụ thể, phương pháp “Nominal is Best” được áp dụng nhằm tối ưu hóa giá trị gần danh nghĩa với độ biến thiên nhỏ nhất. Do đó, các mức có giá trị S/N cao nhất được chọn, vì chúng cho thấy hiệu ứng tác động tích cực lớn nhất đến quá trình, đồng thời đảm bảo tính ổn định và độ tin cậy cao của sản phẩm đầu ra.

Các thông số tối ưu cho sản phẩm được chọn là vùng thùng 1 210°C (mức 2), áp suất thổi 4.5 bar (mức 1), vùng thùng 2 205°C (mức 1), lực kẹp khuôn 140 kN (mức 3), vùng thùng 3 210°C (mức 2), vùng thùng 4 215°C (mức 3) và thời gian làm mát 30°C (mức 1) với tổng S/N tối ưu là 235.38.

Bảng 5.17. Các thông số sau cải tiến

Các yếu tố	Thông số tối ưu
Vùng thùng 1	210°C
Vùng thùng 2	205°C
Vùng thùng 3	210°C
Vùng thùng 4	215°C
Thời gian làm mát	30s
Áp suất thổi	4.5 bar
Lực kẹp khuôn	140 kN

B. Tối ưu hóa tỷ lệ pha trộn nhựa

Hiện tại, nhà máy đang sử dụng tỷ lệ pha trộn nhựa nguyên sinh và nhựa tái chế là 80:20 và nhiệt độ sấy nhựa ở mức 75 °C trong quy trình thổi nhựa sản phẩm cánh hướng gió. Nhằm tìm ra tỷ lệ pha trộn tối ưu, đồng thời đảm bảo chất lượng sản phẩm và hiệu quả sử dụng nguyên liệu, phương pháp thiết kế thí nghiệm (DOE) được áp dụng. Bước đầu tiên là phát triển một thiết kế thí nghiệm phù hợp, trong đó lựa chọn ma trận trực giao thích hợp đóng vai trò quan trọng để đảm bảo độ bao phủ và hiệu quả phân tích các yếu tố ảnh hưởng.

❖ Phát triển thiết kế phù hợp

Dựa vào bảng 5.10 trình bày về bảng ma trận trực giao các mức Taguchi theo bậc tự do. Trong nghiên cứu này, yếu tố tỷ lệ pha trộn giữa nhựa nguyên sinh và nhựa tái chế được khảo sát ở 3 mức phổ biến trong thực tế sản xuất quá trình thổi nhựa. Xét đến tổng số yếu tố và mức độ ảnh hưởng cần phân tích, cùng với các giới hạn về thời gian và chi phí thực nghiệm, bảng trực giao L9 (3^4) được lựa chọn là phù hợp, vì nó cho phép đánh giá hiệu quả với 3 mức và tối đa 4 yếu tố, đồng thời đảm bảo độ tin cậy cần thiết trong phân tích.

Bảng 5.18. Các yếu tố kiểm soát, mức độ và giá trị tương ứng cho tỷ lệ pha trộn

Các yếu tố kiểm soát	Mức độ	Giá trị tương ứng với từng cấp mức độ		
Tỷ lệ nhựa nguyên sinh và nhựa tái chế, %	3	95/5	90/10	85/15
Nhiệt độ sấy khô nhựa, °C	3	75	80	85

Bảng 5.18 trình bày yếu tố tỷ lệ pha trộn và nhiệt độ sấy nhựa với 3 mức. Các mức này phù hợp để đánh giá ảnh hưởng của nhựa tái chế đến chất lượng sản phẩm mà vẫn giữ mức pha trộn trong giới hạn kiểm soát.

❖ **Kiểm tra tính khả thi**

Bảng 5.19. Các yếu tố, mức độ, mức độ DOF và DOF cho quá trình

Các yếu tố kiểm soát	Mức độ	DOF, N - 1	DOF quá trình
Tỷ lệ nhựa nguyên sinh và nhựa tái chế, %	3	2	4
Nhiệt độ sấy nhựa, °C	3	2	

Số bậc tự do (DOF) của thiết kế phải lớn hơn số bậc tự do của quá trình thì thiết kế thí nghiệm mới được xem là khả thi. Trong trường hợp này, mảng thiết kế L9 có DOF là 8, lớn hơn DOF của quá trình là 4, vì vậy có thể kết luận rằng thiết kế này là phù hợp và hoàn toàn khả thi để sử dụng trong thí nghiệm.

❖ **Chạy thiết kế**

Sử dụng Minitab 22, kỹ thuật Taguchi áp dụng bảng thử nghiệm để xác định các yếu tố cần kiểm tra.

Bảng 5.20. Thiết kế thử nghiệm Taguchi cho các yếu tố kiểm soát

Lần chạy	Tỷ lệ nhựa nguyên sinh và nhựa tái chế	Nhiệt độ sấy nhựa
1	95/5	75
2	95/5	80
3	95/5	85
4	90/10	75
5	90/10	80
6	90/10	85
7	85/15	75
8	85/15	80
9	85/15	85

Như đã phân tích, tỷ lệ pha trộn giữa nhựa nguyên sinh và nhựa tái chế là một trong những yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến độ hở đường giáp mí, cùng với yếu tố kiểm soát khác trong việc đảm bảo độ ẩm nguyên vật liệu là nhiệt độ sấy nhựa. Để đánh giá mức độ ảnh hưởng của các yếu tố này, các thí nghiệm đã được thực hiện theo bảng thiết kế Taguchi. Kết quả đầu ra – cụ thể là giá trị độ hở đường giáp mí ở mỗi thí nghiệm – được ghi nhận và thể hiện trong bảng phản hồi sau.

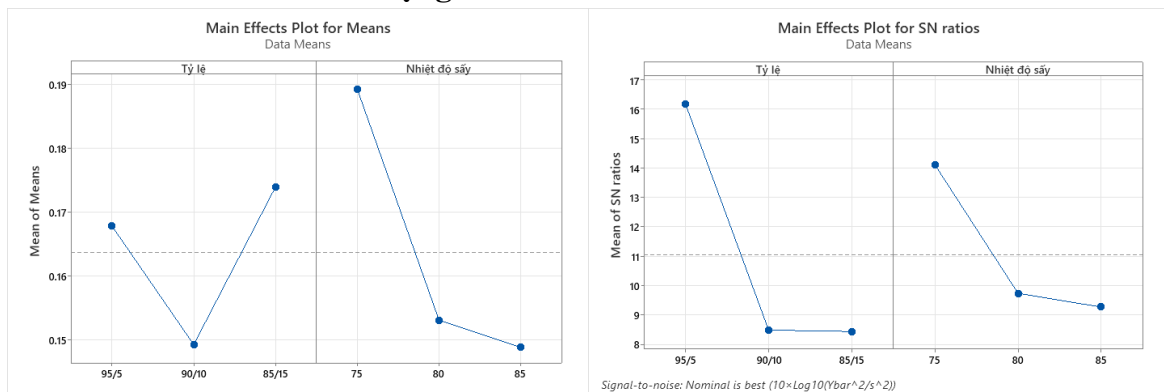
Bảng 5.21. Đầu ra phản hồi của độ dày cho cánh hướng gió

Đơn vị: mm

Lần chạy	TB lần chạy 1	TB lần chạy 2	TB lần chạy 3
1	0.255	0.224	0.250
2	0.151	0.159	0.117
3	0.163	0.082	0.111
4	0.094	0.182	0.159
5	0.165	0.197	0.087
6	0.075	0.200	0.185
7	0.243	0.115	0.181
8	0.255	0.185	0.063
9	0.130	0.222	0.173

Để đảm bảo độ tin cậy của kết quả, mỗi thí nghiệm cần được lặp lại đủ số lần. Nhằm cân bằng giữa độ chính xác và hiệu quả, nghiên cứu này tiến hành đo độ hở đường giáp mí trên 3 sản phẩm, mỗi sản phẩm được lặp lại 4 lần đo tại 4 vị trí khác nhau trên cánh hướng gió. Các vị trí này được lựa chọn để đại diện cho những khu vực dễ phát sinh sai lệch nhằm đảm bảo phản ánh đúng mức độ ổn định của sản phẩm. Do điều kiện nghiên cứu có giới hạn về thời gian và nguồn lực, số liệu thu thập chỉ mang tính mô phỏng nhưng vẫn đảm bảo thể hiện được xu hướng biến động của các biến đầu ra phục vụ cho phân tích thiết kế thí nghiệm.

❖ Phân tích tác động chính



Hình 5.10. Biểu đồ hiệu ứng chính cho tỷ lệ trung bình và S/N về độ hở đường giáp mí

Biểu đồ hiệu ứng chính cho giá trị trung bình cho thấy mức độ ảnh hưởng của từng yếu tố đầu vào đến kết quả đầu ra thông qua sự thay đổi của giá trị trung bình. Giá trị mục tiêu cho độ hở đường giáp mí của sản phẩm cánh hướng gió cụ thể là 0 mm. Vì vậy, tỷ lệ nhựa nguyên sinh và tái chế là 90/10 % và nhiệt độ sấy nhựa là 85 °C là những điểm mà quá trình gần đạt đến giá trị mục tiêu.

Đối với biểu đồ hiệu ứng chính cho tỷ lệ S/N, giá trị S/N càng cao thì hiệu ứng của yếu tố đó lên hệ thống càng mạnh và tích cực, tức là giúp cải thiện chất lượng hoặc

độ ổn định của sản phẩm. Vì vậy, tỷ lệ nhựa nguyên sinh và tái chế là 95/5 % và nhiệt độ sấy nhựa là 75 °C là những điểm có tác dụng cao hơn với phản ứng.

❖ **Tính giá trị tối ưu**

Bảng 5.22. Bảng phản hồi cho tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu (S/N)

Nominal is best ($10 \times \log_{10}(\bar{Y}^2/s^2)$)

Level	Tỷ lệ	Nhiệt độ sấy
1	16.182	14.101
2	8.494	9.743
3	8.445	9.276
Delta	7.738	4.825
Rank	1	2

Bảng 5.23. Bảng phản hồi cho giá trị trung bình

Level	Tỷ lệ	Nhiệt độ sấy
1	0.1679	0.1892
2	0.1493	0.1531
3	0.174	0.1489
Delta	0.0247	0.0403
Rank	2	1

Bảng 5.22 và 5.23 trình bày thứ hạng của các yếu tố kiểm soát dựa trên giá trị delta. Trong nghiên cứu này, bảng tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu (S/N) được sử dụng để đánh giá và chọn thông số tối ưu, vì nó phản ánh cả giá trị trung bình và độ ổn định của đầu ra. Phương pháp “Nominal is Best” được áp dụng nhằm tối ưu hóa giá trị gần danh nghĩa với độ biến thiên nhỏ. Do đó, các mức có giá trị S/N cao nhất được lựa chọn vì cho thấy ảnh hưởng tích cực và ổn định nhất đến quá trình.

Các thông số tối ưu cho việc đảm bảo nguyên vật liệu được chọn là tỷ lệ nhựa nguyên sinh và tái chế là 95/5 % và nhiệt độ sấy nhựa là 75 °C.

Sau khi áp dụng phương pháp DOE (Design of Experiments) để xác định các thông số tối ưu, các biện pháp cải tiến cụ thể khác cũng sẽ được triển khai nhằm khắc phục triệt để lỗi, bao gồm các nội dung sau:

Bảng 5.24. Các biện pháp cải tiến khác nhằm khắc phục lỗi

Hạng mục	Biện pháp cải tiến	Mục tiêu	Kế hoạch triển khai
1. Đào tạo & nâng cao kỹ năng công nhân	- Đào tạo thao tác lắp khuôn và căn chỉnh khuôn đúng kỹ thuật. - Hướng dẫn công nhân điều chỉnh thông số máy: áp suất, nhiệt độ, lực kẹp khuôn, thời gian làm mát.	Nâng cao kỹ năng vận hành, giảm lỗi thao tác gây ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm.	- Thực hiện đánh giá tay nghề thực tế bằng phiếu kiểm tra. - Áp dụng hướng dẫn trực tiếp trên máy tại hiện trường sản xuất.
2. Bảo trì và vệ sinh khuôn định kỳ	- Lập kế hoạch bảo trì khuôn theo chu kỳ. - Kiểm tra độ kín, độ mòn và hệ thống thoát khí. - Vệ sinh khuôn bằng dung dịch chuyên dụng trước khi sản xuất.	Đảm bảo khuôn hoạt động ổn định, hạn chế tình trạng hở đường giáp mí và bavia dư thừa.	- Thiết lập lịch bảo trì định kỳ 2 tuần/lần. - Ghi chép tình trạng khuôn vào sổ theo dõi bảo trì. - Phân công nhân viên kỹ thuật chịu trách nhiệm bảo dưỡng khuôn.
3. Cải tiến thiết kế khuôn	- Bổ sung hoặc điều chỉnh các lỗ thoát khí tại vị trí dễ tích tụ khí. - Điều chỉnh độ ép sát của các bề mặt khuôn để giảm khe hở.	Tăng khả năng điền đầy vật liệu và giảm khí tồn trong khuôn, giảm bavia dư thừa.	- Đề xuất phương án cải tiến cho bộ phận thiết kế khuôn. - Tiến hành nghiên cứu và mô phỏng luồng vật liệu nhựa trong khuôn bằng phần mềm chuyên dụng để xác định vị trí tối ưu cho các lỗ thoát khí và đánh giá nguy cơ tích tụ khí, từ đó tối ưu hóa thiết kế khuôn. - Thử nghiệm trước trên khuôn mẫu và đánh giá kết quả trước khi triển khai chính thức.

5.5. Kiểm soát (Control)

Mọi cải tiến đều cần được kết thúc bằng việc thiết lập một cơ chế kiểm soát nhằm đảm bảo rằng lỗi không tái diễn, hoặc nếu có thì sẽ được phát hiện và xử lý ngay lập tức. Trong nghiên cứu này, việc kiểm soát quy trình được thực hiện dựa trên bảng phản hồi từ phân tích Taguchi và biểu đồ tương tác từ phân tích phương sai (ANOVA):

- Bảng phản hồi cho biết yếu tố nào ảnh hưởng mạnh nhất đến quy trình, giúp xác định khu vực cần tập trung kiểm soát.
- ANOVA cho thấy sự tương tác giữa các yếu tố đầu vào, cung cấp thông tin hữu ích để người vận hành có thể dự đoán hậu quả khi thay đổi các tham số quy trình.
- Cuối cùng, việc xây dựng biểu đồ flowchart tại nơi làm việc giúp phản ứng nhanh chóng khi có lỗi xuất hiện.

❖ *Bảng phản ứng Taguchi*

Trong nghiên cứu này, bảng phản hồi 5.15 theo phương pháp Taguchi cho thấy vùng thùng 1 (BZ1) và áp suất thổi là hai yếu tố có tác động mạnh mẽ nhất đến sự biến đổi độ dày sản phẩm. Điều này cho thấy đây là vùng kiểm soát quan trọng mà chúng ta cần theo dõi chặt chẽ trong quy trình. Khi nhiệt độ ở thùng 1 không ổn định hoặc lệch khỏi giá trị tối ưu, nhựa có thể không được làm nóng đúng cách, dẫn đến sự không đồng đều về dòng chảy trong khuôn. Tương tự, nếu áp suất thổi không phù hợp, vật liệu sẽ không phủ đều thành khuôn, gây ra hiện tượng phồng, mỏng hoặc rỗ ở bề mặt sản phẩm. Do đó, để duy trì chất lượng và độ dày ổn định của cánh hướng gió, cần xây dựng giới hạn kiểm soát nghiêm ngặt cho cả hai yếu tố này và ưu tiên giám sát chúng trong quá trình sản xuất hàng loạt.

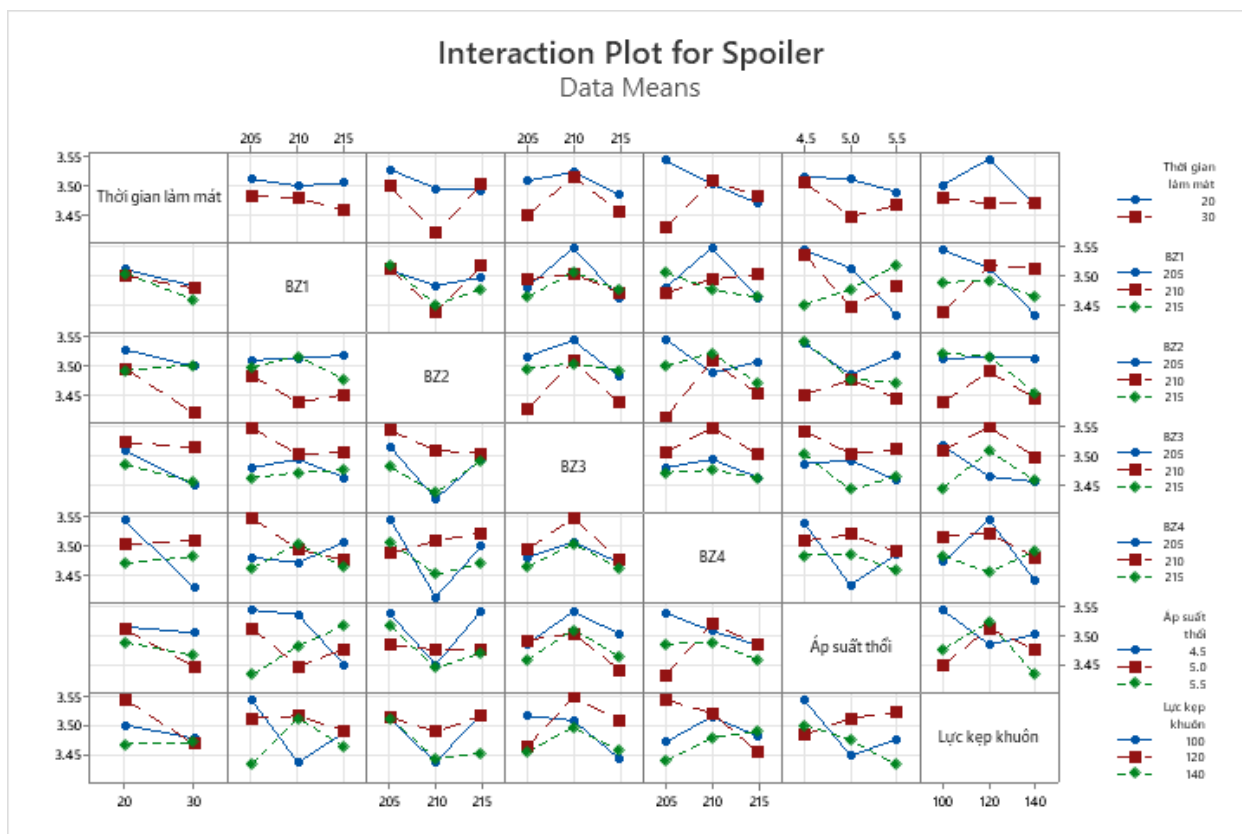
❖ *ANOVA như một công cụ kiểm soát*

ANOVA là một công cụ mạnh để phân tích mức độ tương tác giữa các yếu tố đầu vào. Nó giúp người vận hành:

- Hiểu được mối liên hệ giữa các yếu tố khi một tham số bị thay đổi.
- Dự đoán được phản ứng đầu ra của quá trình khi có sự điều chỉnh tham số.
- Theo dõi và đánh giá tác động của những thay đổi này đối với kết quả sản phẩm.

Ngoài ra, việc sử dụng phần mềm ANOVA giúp dễ dàng vẽ biểu đồ tương tác giữa các yếu tố, từ đó phát hiện nhanh yếu tố nào ảnh hưởng rõ rệt đến kết quả. Điều này tăng cường khả năng kiểm soát và dự đoán quy trình, giúp các nhà vận hành đưa ra quyết định chính xác hơn. [16]

Sử dụng minitab 22, biểu đồ tương tác của các yếu tố đối với độ dày cánh hướng gió được chuẩn bị một cách dễ dàng phát hiện tác động của nó đến kết quả phản hồi.

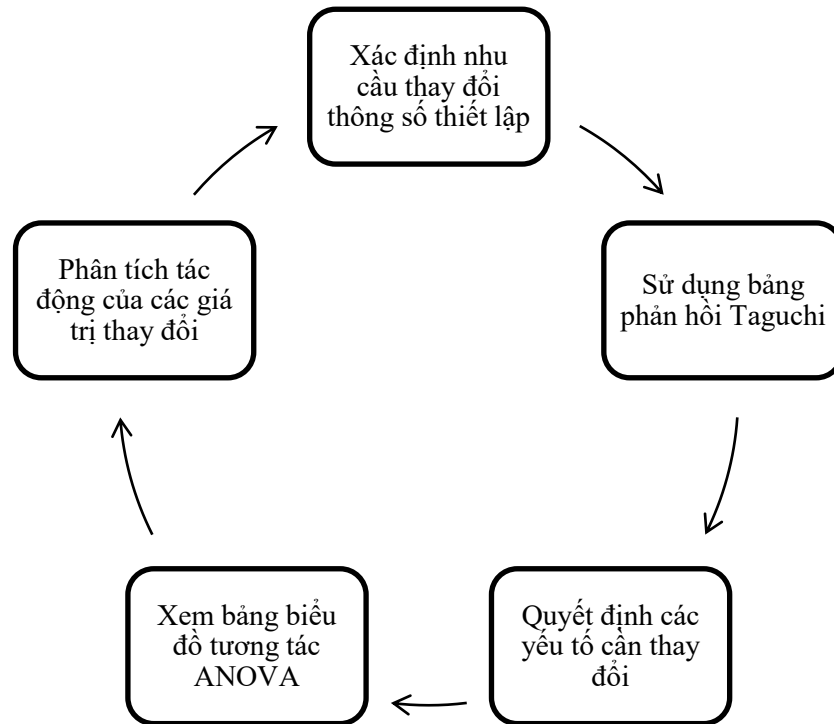


Hình 5.11. Đồ thị tương tác của 7 yếu tố trong quá trình thổi nhựa

Biểu đồ tương tác cho thấy nhiều cặp yếu tố trong quá trình sản xuất cánh hướng gió có ảnh hưởng qua lại rõ rệt đến kết quả đầu ra. Cụ thể, ở ô biểu diễn tương tác giữa BZ3 (trục hoành) và thời gian làm mát (các đường biểu diễn), ta thấy rằng khi thay đổi BZ3 từ 205 đến 215, kết quả đầu ra thay đổi khác nhau tùy theo mức thời gian làm mát. Với thời gian làm mát 30 giây, giá trị đầu ra tăng khi BZ3 tăng từ 205 lên 210, sau đó giảm khi BZ3 tiếp tục tăng lên 215. Ngược lại, với thời gian làm mát 20 giây, giá trị đầu ra có xu hướng ổn định hoặc giảm nhẹ. Điều này cho thấy có tương tác: ảnh hưởng của BZ3 đến kết quả đầu ra phụ thuộc vào mức thời gian làm mát.

Một ví dụ khác là ô thể hiện tương tác giữa BZ2 (trục hoành) và lực kẹp khuôn (các đường biểu diễn). Khi thay đổi BZ2 từ 205 đến 215, tại mức lực kẹp 120 kN, kết quả đầu ra cao và ổn định; trong khi tại mức lực kẹp 140 kN, kết quả giảm rõ rệt khi BZ2 vượt quá 210. Điều này cho thấy BZ2 và lực kẹp khuôn có tương tác, và việc tăng đồng thời cả hai có thể gây hiệu ứng tiêu cực.

Biểu đồ cho thấy rằng hiệu quả của từng yếu tố không thể đánh giá riêng lẻ, mà phải xem xét trong mối tương quan với yếu tố còn lại. Các tương tác biểu hiện qua việc các đường biểu diễn không song song và cắt nhau, từ đó cho thấy sự ảnh hưởng không đồng nhất và đòi hỏi phải tối ưu hóa thông số một cách phối hợp.



Hình 5.12. Các bước sử dụng biểu đồ tương tác như một cơ chế kiểm soát

Hình trên trình bày mối liên hệ giữa bảng phản hồi và biểu đồ tương tác trong việc kiểm soát quá trình sản xuất.

Bước đầu tiên là xác định nhu cầu thay đổi thông số thiết lập. Khi sản phẩm có dấu hiệu sai lệch khỏi tiêu chuẩn kỹ thuật – ví dụ như độ dày sản phẩm không đạt – thì cần xem xét lại thông số cài đặt hiện tại của thiết bị. Đây là giai đoạn nhận diện vấn đề và đánh giá xem sự sai lệch có thể bắt nguồn từ yếu tố quá trình nào.

Sau đó, sử dụng bảng phản hồi từ phân tích Taguchi để xác định các yếu tố ảnh hưởng nhiều nhất đến chỉ tiêu chất lượng đang bị lệch. Phân tích Taguchi giúp lượng hóa mức độ ảnh hưởng của từng thông số quá trình, từ đó hỗ trợ việc ra quyết định một cách có cơ sở. Dựa trên bảng này, có thể xác định được yếu tố nào có mức độ ảnh hưởng cao nhất đến biến thể cần kiểm soát.

Tiếp theo, dựa vào kết quả trên, nhóm sản xuất sẽ quyết định các yếu tố cần thay đổi. Đây là bước quan trọng nhằm tập trung điều chỉnh vào những yếu tố có tác động lớn, tránh thay đổi đồng thời quá nhiều thông số gây khó kiểm soát.

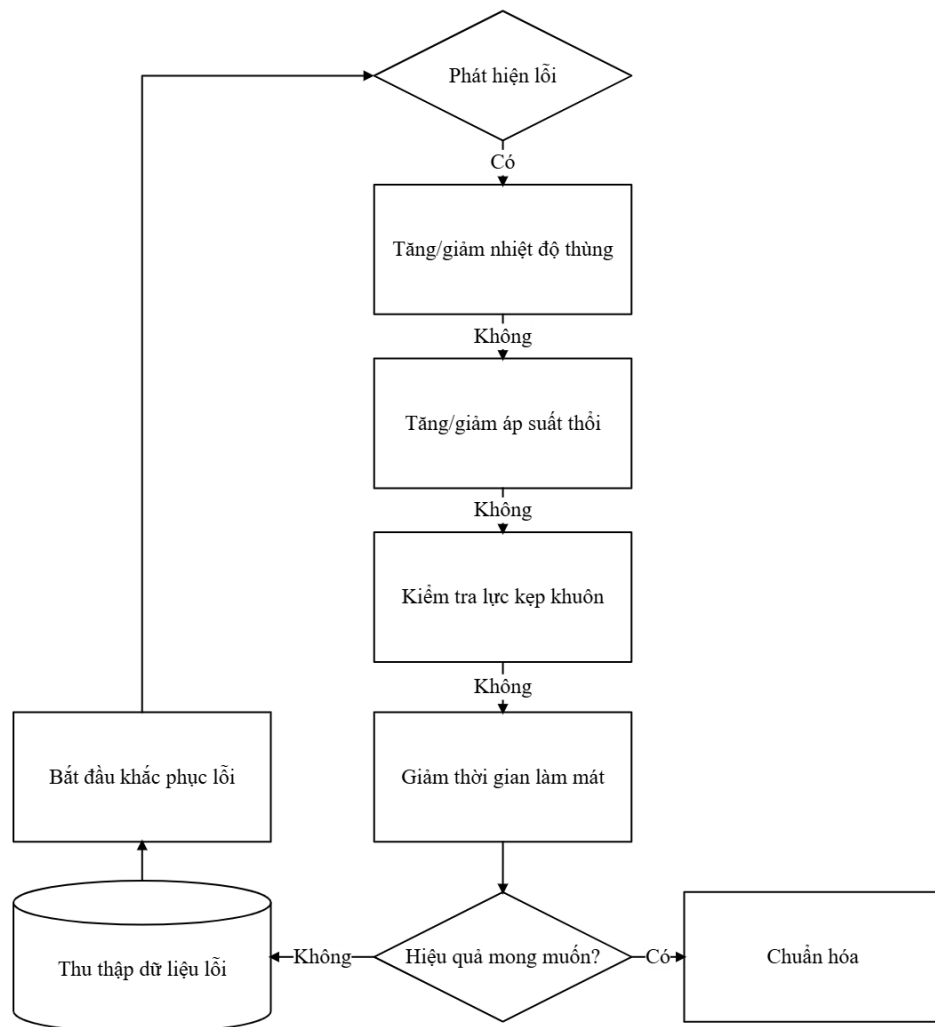
Trước khi thực hiện thay đổi, cần tiến hành xem biểu đồ tương tác từ phân tích ANOVA. Biểu đồ này cho thấy mối quan hệ qua lại giữa các yếu tố. Nếu một yếu tố được thay đổi nhưng gây ảnh hưởng tiêu cực đến yếu tố khác, cần cân nhắc hoặc điều chỉnh đồng thời để hạn chế tác động phụ không mong muốn. Việc này đảm bảo sự thay đổi mang tính ổn định và không làm phát sinh lỗi mới. Mục tiêu là giảm thiểu tối đa các tác động bất lợi có thể xảy ra khi điều chỉnh thông số.

Cuối cùng, sau khi thay đổi thông số, cần phân tích tác động của các giá trị thay đổi thông qua đo lường, thử nghiệm hoặc theo dõi kết quả đầu ra. Nếu kết quả cải thiện, thông số mới có thể được duy trì. Ngược lại, nếu vẫn còn sai lệch, cần lặp lại quy trình để tiếp tục điều chỉnh tối ưu hơn.

Quy trình này giúp kiểm soát chặt chẽ các yếu tố trong quá trình sản xuất, đảm bảo chất lượng sản phẩm đồng đều và ổn định. Ngoài ra, việc kết hợp phân tích Taguchi và ANOVA tạo nên cơ sở dữ liệu định lượng, phục vụ tốt cho hoạt động cải tiến liên tục trong hệ thống quản lý chất lượng.

❖ Biểu đồ Flowchart

Biểu đồ Flowchart là một công cụ đơn giản và dễ hiểu, giúp người vận hành kiểm soát các vấn đề liên quan đến lỗi trong quá trình làm việc. Mặc dù phương pháp kiểm soát có thể rất hữu ích, nhưng không phải tất cả người vận hành đều dễ dàng hiểu được nó. Do đó, việc sử dụng biểu đồ Flowchart giúp người vận hành biết rõ các bước cần thực hiện khi gặp phải vấn đề về lỗi, giúp giảm thiểu sai sót và đảm bảo quy trình được thực hiện đúng cách.



Hình 5.13. Biểu đồ Flowchart kiểm soát lỗi

Biểu đồ flowchart trình bày quy trình kiểm soát lỗi trong quá trình thổi nhựa một cách logic và có hệ thống, phản ánh rõ định hướng theo phương pháp Taguchi. Khi phát hiện lỗi, các thông số công nghệ được điều chỉnh tuần tự theo mức độ ảnh hưởng đã được xác định qua bảng phản hồi Taguchi, bắt đầu từ việc tăng/giảm nhiệt độ thùng, tiếp đến là áp suất thổi, kiểm tra lực kẹp khuôn và cuối cùng là điều chỉnh thời gian làm mát. Thứ tự này cho thấy sự ưu tiên xử lý từ các yếu tố có ảnh hưởng lớn đến chất lượng sản phẩm trước. Nếu sau các bước này sản phẩm vẫn chưa đạt yêu cầu, quy trình chuyển sang thu thập dữ liệu lỗi để phân tích và đánh giá hiệu quả. Khi đạt kết quả như mong muốn, giải pháp sẽ được chuẩn hóa để áp dụng cho các lần sản xuất tiếp theo. Flowchart thể hiện rõ tinh thần cải tiến liên tục, giúp kiểm soát lỗi hiệu quả và duy trì ổn định chất lượng sản phẩm trong quá trình sản xuất.

5.6. Kết luận

Chương 5 đã triển khai mô hình DMAIC để cải tiến quy trình sản xuất cánh hướng gió tại nhà máy linh kiện nhựa. Trong giai đoạn Define, vấn đề chất lượng trọng tâm được xác định bằng biểu đồ Pareto, giúp khoanh vùng các loại lỗi có tần suất cao và ảnh hưởng lớn đến sản phẩm. Ở giai đoạn Measure, nghiên cứu tiến hành thu thập dữ liệu thực tế, tính toán chỉ số năng lực quy trình nhằm đánh giá mức độ ổn định và khả năng đáp ứng yêu cầu kỹ thuật của hệ thống hiện tại.

Tại giai đoạn Analyze, các công cụ như biểu đồ xương cá, 5 Why và đặc biệt là phân tích RPN trong FMEA được áp dụng để xác định các nguyên nhân quan trọng và lựa chọn những yếu tố có mức độ rủi ro cao nhất cần ưu tiên cải tiến. Trên cơ sở đó, giai đoạn Improve đề xuất các giải pháp xử lý nguyên nhân trọng yếu như tối ưu thông số vận hành, cải tiến thao tác và kiểm soát nguyên liệu đầu vào. Cuối cùng, bước Control xây dựng hệ thống kiểm soát bằng biểu đồ kiểm soát và tiêu chuẩn hóa quy trình nhằm duy trì hiệu quả lâu dài.

Việc áp dụng mô hình DMAIC không chỉ mang lại một phương pháp tiếp cận khoa học và hệ thống trong việc giải quyết vấn đề chất lượng, mà còn giúp nâng cao nhận thức về cải tiến liên tục trong toàn bộ quy trình sản xuất. Qua từng giai đoạn, các giải pháp được xây dựng dựa trên dữ liệu thực tế và phân tích logic, đảm bảo tính khả thi và hiệu quả khi triển khai. Những kết quả đạt được từ quá trình này sẽ được trình bày chi tiết trong chương 6 – Đánh giá hiệu quả cải tiến.

CHƯƠNG 6. ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ

Sau khi áp dụng mô hình DMAIC vào quá trình cải tiến chất lượng sản phẩm, việc đánh giá hiệu quả là bước cần thiết nhằm kiểm chứng tính khả thi, mức độ phù hợp và tác động thực tiễn của các giải pháp đã triển khai. Chương này tập trung phân tích kết quả trước và sau cải tiến thông qua các chỉ số định lượng và định tính, từ đó làm rõ mức độ cải thiện về chất lượng sản phẩm, tính ổn định của quy trình và hiệu quả vận hành tổng thể. Kết quả đánh giá không chỉ giúp xác nhận giá trị thực tế của mô hình cải tiến, mà còn cung cấp cơ sở để doanh nghiệp xem xét áp dụng tương tự cho các quy trình khác nhằm nâng cao hiệu quả sản xuất một cách bền vững.

6.1. Ước tính chi phí triển khai cải tiến

Dưới đây sẽ trình bày chi tiết các khoản chi phí dự kiến trong suốt quá trình triển khai các hoạt động cải tiến, bao gồm thiết kế thực nghiệm, đào tạo nhân sự, bảo trì thiết bị và cải tiến khuôn mẫu. Các chi phí này được phân chia theo từng hạng mục cụ thể nhằm đảm bảo tính minh bạch và hợp lý trong việc đánh giá hiệu quả đầu tư cải tiến. Việc xác định chi phí không chỉ giúp doanh nghiệp kiểm soát tốt nguồn lực mà còn là cơ sở để so sánh với lợi ích thu được sau cải tiến. Từ đó, có thể đưa ra các quyết định phù hợp về khả năng mở rộng hoặc duy trì mô hình trong dài hạn.

Bảng 6.1. Ước tính chi phí cải tiến quy trình sản xuất

STT	Hạng mục	Số lượng	Đơn giá (VNĐ)	Chi phí ước tính (VNĐ)
1	Nguyên vật liệu thí nghiệm	Nhựa nguyên sinh: 410.4kg Nhựa tái chế: 21.6kg	Nhựa nguyên sinh: 36 000 đ/kg Nhựa tái chế: 6000 đ/kg	14 904 000
2	Chi phí nhân công thí nghiệm	5 người/ 3 giờ/ 1 ngày x 18 ngày	Ước tính 100 000 đồng/người	27 000 000
3	Điện năng chạy máy thổi	18 lần x 60 kWh	2 000 đồng/kWh	2 160 000
4	Tài liệu hợp nội bộ	Tài liệu kỹ thuật	200 000	200 000
5	Chi phí khác	Vật tư phụ, khấu hao thiết bị, dụng cụ đo...	1 000 000	1 000 000
TỔNG				45 264 000

STT	Hạng mục	Nội dung triển khai cụ thể	Chi phí ước tính (VNĐ)
1	Đào tạo & nâng cao kỹ năng công nhân	- Hướng dẫn trực tiếp tại hiện trường sản xuất (2 buổi) - Kiểm tra tay nghề (1 buổi)	5 500 000
2	Bảo trì và vệ sinh khuôn định kỳ	- Bảo trì định kỳ 2 tuần/lần - Vệ sinh trước sản xuất - Phân công kỹ thuật viên phụ trách bảo trì	1 060 000
TỔNG			6 560 000

Chi phí cải tiến quá trình sản xuất cánh hướng gió bằng phương pháp thiết kế thực nghiệm (Design of Experiment – DOE) được ước tính 45 264 000 VNĐ. Đây là chi phí đầu tư cho các hoạt động thử nghiệm nhằm xác định các thông số vận hành máy thổi tối ưu (nhiệt độ, áp suất, thời gian làm mát...) và tỷ lệ phối trộn nhựa nguyên sinh – tái chế hợp lý, từ đó cải thiện chất lượng sản phẩm.

Phần chi phí lớn nhất nằm ở nguyên vật liệu, do thực nghiệm bao gồm 18 lần chạy để xác định thông số vận hành tối ưu và 9 lần chạy để xác định tỷ lệ phối trộn nhựa tối ưu. Hai thực nghiệm này được kết hợp trong quá trình triển khai nhằm tận dụng tài nguyên, nhân công và thời gian, đồng thời giảm thiểu sai số và lãng phí trong thí nghiệm. Nhờ kế hoạch thực nghiệm có cấu trúc hợp lý, chi phí nhân công và điện năng được kiểm soát hiệu quả.

Thiết kế thực nghiệm (DOE) giúp doanh nghiệp thu được bộ dữ liệu tin cậy, làm cơ sở xác định các điều kiện vận hành và vật liệu phù hợp nhất, từ đó giảm tỷ lệ lỗi, tăng cấp độ Sigma và cải thiện sản lượng. Với chi phí đầu tư chỉ khoảng 45.3 triệu đồng, lợi ích mà quá trình cải tiến mang lại là rất đáng kể, góp phần nâng cao độ ổn định của quy trình, hướng đến sản xuất tinh gọn, hiệu quả và chất lượng cao hơn.

Bên cạnh chi phí thiết kế thực nghiệm, khoản đầu tư 6.56 triệu đồng cho đào tạo công nhân và bảo trì khuôn là cần thiết để đảm bảo hiệu quả triển khai cải tiến. Đào tạo giúp công nhân nắm vững các điều chỉnh mới trong quy trình, hạn chế lỗi thao tác, trong khi bảo trì khuôn định kỳ góp phần duy trì độ ổn định và giảm lỗi kỹ thuật. Dù chi phí không lớn, nhưng đây là các yếu tố hỗ trợ quan trọng giúp cải tiến phát huy hiệu quả bền vững trong thực tế sản xuất.

Như vậy, tổng chi phí cho việc triển khai đồng thời các hoạt động cải tiến quy trình sản xuất cánh hướng gió được ước tính khoảng **51 824 000 VNĐ**, bao gồm: thiết kế thực nghiệm (DOE) để xác định thông số vận hành và tỷ lệ phối trộn tối ưu, đào tạo công nhân & bảo trì khuôn.

Tiếp theo, để triển khai các cải tiến trong thiết kế khuôn, việc đầu tư một khoản chi phí hợp lý cho các hoạt động điều chỉnh và tối ưu kỹ thuật, bao gồm gia công chính xác khe hở, nâng cấp hệ thống thoát khí và cải thiện khả năng làm mát. Những điều chỉnh này không chỉ nhằm nâng cao chất lượng sản phẩm mà còn góp phần kéo dài tuổi thọ khuôn và tăng tính ổn định của quy trình sản xuất. Bảng dưới đây trình bày chi tiết các khoản chi phí phát sinh trong quá trình cải tiến khuôn, giúp minh bạch hóa nguồn lực đầu tư và làm rõ hiệu quả kinh tế của giải pháp này.

Bảng 6.2. Ước tính chi phí cải tiến thiết kế khuôn

STT	Hạng mục	Nội dung triển khai tổng quan	Chi phí ước tính (VNĐ)
1	Phân tích và mô phỏng	Mô phỏng dòng chảy nhựa, đánh giá phân bố vật liệu	10 000 000
2	Điều chỉnh bản vẽ kỹ thuật	Sửa đổi thiết kế khuôn theo kết quả mô phỏng, tối ưu mặt phân khuôn	8 000 000
3	Gia công sửa đổi khuôn mẫu	Gia công lại lòng khuôn, thoát khí, điều chỉnh chốt, lõi khuôn	70 000 000
4	Nhân công kỹ thuật & hỗ trợ	2 kỹ sư thiết kế, 2 kỹ thuật viên gia công và thử nghiệm	50 000 000
5	Thử nghiệm và đánh giá	Chạy thử sản phẩm, đánh giá độ dày, bề mặt, sai số	10 000 000
6	Chi phí phát sinh khác	Vật tư tiêu hao, điện năng, dụng cụ đo lường, hợp kỹ thuật	7 000 000
Tổng cộng			125 000 000

Bảng chi phí triển khai cải tiến khuôn thể hiện rõ quy trình bài bản, đòi hỏi chuyên môn kỹ thuật cao và sự phối hợp chặt chẽ giữa nhiều bộ phận. Các hạng mục như phân tích mô phỏng, điều chỉnh bản vẽ kỹ thuật, và gia công sửa đổi khuôn mẫu đều yêu cầu kiến thức chuyên sâu về thiết kế khuôn và vật liệu nhựa. Đồng thời, sự tham gia của đội ngũ kỹ sư và kỹ thuật viên có tay nghề cao trong quá trình thực hiện và đánh giá thử nghiệm càng nhấn mạnh tính phức tạp và nghiêm ngặt của dự án. Từ đó đảm bảo rằng các cải tiến không chỉ đáp ứng yêu cầu kỹ thuật mà còn tối ưu hóa hiệu quả sản xuất và chất lượng sản phẩm cuối cùng.

Như vậy, từ bảng 6.1 và 6.2 cho thấy tổng chi phí cho toàn bộ hoạt động cải tiến là **176 824 000 đồng**. Đây là một khoản đầu tư hợp lý so với hiệu quả mang lại về mặt kỹ thuật và chất lượng. Để thấy rõ hiệu quả kinh tế đạt được sau cải tiến, phần tiếp theo sẽ trình bày chi tiết về các lợi ích kinh tế mà doanh nghiệp thu được.

6.2. Đánh giá hiệu quả

Sau khi triển khai các biện pháp cải tiến quy trình sản xuất theo phương pháp DMAIC, việc đánh giá hiệu quả được thực hiện dựa trên các chỉ số chất lượng và chi phí trước và sau cải tiến. Cụ thể, đối với đề xuất cải tiến quy trình sản xuất kết hợp đào tạo công nhân và bảo trì khuôn định kỳ, kỳ vọng sẽ giảm khoảng 40% các lỗi liên quan đến kích thước và bề mặt sản phẩm, như vậy ước tính giảm 20.85% tỷ lệ lỗi so với ban đầu. Điều này xuất phát từ việc ổn định các thông số vận hành và nâng cao kỹ năng vận hành, giúp giảm thiểu sai sót thao tác và duy trì điều kiện máy móc tốt. Trong khi đó, đối với đề xuất cải tiến khuôn, các lỗi về đường giáp mí và bavaria được kỳ vọng giảm mạnh hơn, khoảng 60% tương ứng với việc giảm 26.42% so với tỷ lệ lỗi ban đầu. Nguyên nhân chính là những lỗi này chịu ảnh hưởng trực tiếp và rõ rệt từ thiết kế khuôn chưa được tối ưu, do đó việc sửa đổi và cải tiến khuôn sẽ mang lại tác động tích cực lớn, giúp nâng cao độ chính xác và hoàn thiện bề mặt sản phẩm.

Hiệu quả sẽ càng rõ rệt khi đồng thời áp dụng cả hai nhóm phương pháp cải tiến này. Việc kết hợp tối ưu quy trình sản xuất, đào tạo công nhân và bảo trì khuôn định kỳ với cải tiến thiết kế khuôn sẽ tạo ra sự cải thiện toàn diện về chất lượng sản phẩm. Sự phối hợp này không chỉ giảm đáng kể các lỗi về kích thước, bề mặt, đường giáp mí và bavaria mà còn nâng cao tính ổn định và hiệu quả sản xuất, giúp doanh nghiệp đạt được mức Sigma cao hơn và tiết kiệm chi phí vận hành đáng kể trong dài hạn.

Dưới đây sẽ trình bày các kết quả dự kiến khi áp dụng cải tiến vào thực tế sản xuất với sản lượng giữ nguyên là 6000 sản phẩm/tháng:

❖ *Đánh giá hiệu quả khi triển khai cải tiến quy trình sản xuất*

Bảng 6.3. Dự kiến hiệu quả khi triển khai cải tiến quy trình sản xuất

Đơn vị: VNĐ

STT	Hạng mục	Trước cải tiến	Sau cải tiến
1	Tỷ lệ lỗi	17.72	14.02
2	Số lỗi	1063	841
3	Cấp độ 6-sigma	3.3	3.4
4	Chi phí đơn vị sản xuất	256 000	279 040
5	Chi phí hao hụt do lỗi	272 128 000	234 672 640
CHI PHÍ LỖI TIẾT KIỆM			37 455 360

Các chỉ số trước và sau khi cải tiến quy trình sản xuất cho thấy những thay đổi đáng kể trong chất lượng và chi phí. Tỷ lệ lỗi, vốn là 17.7% trước cải tiến, đã giảm xuống còn 14.02% sau khi áp dụng các biện pháp tối ưu hóa quy trình và kiểm soát chất lượng. Điều này thể hiện sự cải thiện rõ rệt, với mức giảm kỳ vọng khoảng 40% đối với các lỗi về kích thước và bề mặt sản phẩm, đạt được nhờ việc điều chỉnh các thông số kỹ thuật, tỷ lệ nhựa nguyên sinh và tái chế. Sự giảm này có tác động tích cực đến số lượng lỗi, từ 1063 lỗi xuống còn 841 lỗi, điều này cho thấy việc giảm tỷ lệ lỗi không chỉ giúp cải thiện chất lượng mà còn giảm chi phí xử lý lỗi. Mặc dù số lượng lỗi giảm, chi phí đơn vị sản xuất ước tính tăng khoảng 9% so với ban đầu, từ 256 000 đồng lên 279 040 đồng, chủ yếu do việc tăng sử dụng nhựa nguyên sinh. Tuy nhiên, việc này có thể được lý giải bởi yêu cầu nâng cao chất lượng sản phẩm, dù chi phí nguyên liệu cao hơn, nhưng lại góp phần giảm thiểu lỗi sản phẩm và giảm chi phí bảo hành hoặc sửa chữa trong tương lai.

Cấp độ 6-sigma của quy trình cũng đã được cải thiện từ 3.3 lên 3.4, cho thấy quy trình sản xuất ngày càng ổn định và có ít biến động hơn. Về mặt tài chính, chi phí hao hụt do lỗi giảm mạnh từ 272 128 000 đồng xuống còn 234 672 640 đồng, dự kiến công ty sẽ tiết kiệm được khoảng 37 455 360 đồng mỗi tháng. Điều này chứng tỏ rằng việc cải tiến quy trình không chỉ giúp giảm thiểu lỗi mà còn tạo ra hiệu quả kinh tế rõ rệt, khi chi phí hao hụt được giảm thiểu đáng kể. Mặc dù chi phí đơn vị sản xuất tăng nhẹ, nhưng lợi ích từ việc giảm lỗi, cải thiện chất lượng và tiết kiệm chi phí hao hụt đã giúp mang lại hiệu quả lâu dài cho công ty. Tổng thể, các cải tiến này chứng tỏ sự tiến bộ trong việc quản lý chất lượng sản phẩm, giúp nâng cao hiệu quả sản xuất và giảm chi phí gián tiếp trong tương lai.

Thời gian hoàn vốn cho việc thực hiện cải tiến:

$$\text{Thời gian hoàn vốn} = \frac{\text{Tổng chi phí triển khai}}{\text{Chi phí lỗi tiết kiệm mỗi tháng}} = \frac{51\,824\,000}{37\,455\,360} = 1.38 \text{ tháng}$$

Lợi ích ròng hàng năm từ việc đầu tư cải tiến:

$$\begin{aligned} \text{Lợi ích ròng hàng năm} &= \text{Chi phí tiết kiệm mỗi tháng} * 12 - \text{Tổng chi phí triển khai} \\ &= 37\,455\,360 * 12 - 51\,824\,000 = 397\,640\,320 \text{ VNĐ} \end{aligned}$$

Việc triển khai cải tiến quy trình sản xuất đã mang lại những kết quả tích cực cả về mặt kỹ thuật lẫn tài chính. Tỷ lệ lỗi giảm rõ rệt, số lỗi thực tế cũng giảm đáng kể, chứng minh hiệu quả của các biện pháp điều chỉnh thông số kỹ thuật và tỷ lệ phối trộn vật liệu. Mặc dù chi phí sản xuất đơn vị tăng nhẹ do sử dụng nhựa nguyên sinh nhiều hơn, nhưng đổi lại, chất lượng sản phẩm được cải thiện và chi phí hao hụt do lỗi giảm mạnh, giúp doanh nghiệp tiết kiệm gần 38 triệu đồng mỗi tháng. Thời gian hoàn vốn ngắn (1.38 tháng) và lợi ích ròng hàng năm đạt gần 400 triệu đồng cho thấy đầu tư cải

tiến là hoàn toàn hợp lý và hiệu quả. Những kết quả này không chỉ phản ánh sự cải thiện trong quy trình sản xuất mà còn góp phần nâng cao năng lực cạnh tranh và hiệu quả hoạt động của doanh nghiệp trong dài hạn.

❖ *Đánh giá hiệu quả khi triển khai cải tiến thiết kế khuôn*

Nhằm nâng cao chất lượng sản phẩm và giảm thiểu chi phí do lỗi phát sinh trong quá trình sản xuất, bên cạnh cải tiến quy trình, cải tiến thiết kế khuôn – một trong những yếu tố then chốt ảnh hưởng trực tiếp đến độ chính xác và độ ổn định của sản phẩm. Việc cải tiến thiết kế khuôn tập trung vào việc tối ưu hóa kết cấu, tăng độ đồng đều vật liệu và hạn chế sai lệch hình dạng trong quá trình ép phun. Hiệu quả của hoạt động cải tiến này được thể hiện qua các chỉ số chất lượng và chi phí trước và sau khi thay đổi, như trình bày trong bảng sau. Giả sử chi phí đơn vị sản phẩm không thay đổi.

Bảng 6.4. Dự kiến hiệu quả khi triển khai cải tiến thiết kế khuôn

Đơn vị: VNĐ

STT	Hạng mục	Trước cải tiến	Sau cải tiến
1	Tỷ lệ lỗi	17.72	13.04
2	Số lỗi	1063	782
3	Cấp độ 6-sigma	3.3	3.43
4	Chi phí đơn vị sản xuất	256 000	256 000
5	Chi phí hao hụt do lỗi	272 128 000	200 192 000
CHI PHÍ LỖI TIẾT KIỆM			71 936 000

Việc cải tiến thiết kế khuôn đã mang lại hiệu quả rõ rệt cả về chất lượng lẫn chi phí sản xuất. Cụ thể, tỷ lệ lỗi giảm từ 17.72% xuống còn 13.04%, tương ứng với số lỗi giảm từ 1063 còn 782 lỗi. Điều này cho thấy cải tiến đã góp phần nâng cao độ ổn định của quá trình sản xuất. Cấp độ Sigma cũng tăng từ 3.3 lên 3.43, phản ánh sự cải thiện về khả năng kiểm soát chất lượng. Mặc dù chi phí sản xuất đơn vị không thay đổi, nhưng chi phí hao hụt do lỗi đã giảm đáng kể, từ 272 128 000 VNĐ xuống còn 200 192 000 VNĐ, giúp doanh nghiệp tiết kiệm được 71 936 000 VNĐ. Như vậy, cải tiến thiết kế khuôn không những nâng cao chất lượng sản phẩm mà còn mang lại lợi ích kinh tế rõ rệt, góp phần tăng tính cạnh tranh cho doanh nghiệp.

Thời gian hoàn vốn cho việc thực hiện cải tiến:

$$\text{Thời gian hoàn vốn} = \frac{\text{Tổng chi phí triển khai}}{\text{Chi phí lỗi tiết kiệm mỗi tháng}} = \frac{125\,000\,000}{71\,936\,000} = 1.74 \text{ tháng}$$

Lợi ích ròng hàng năm từ việc đầu tư cải tiến:

$$\begin{aligned} \text{Lợi ích ròng hàng năm} &= \text{Chi phí tiết kiệm mỗi tháng} * 12 - \text{Tổng chi phí triển khai} \\ &= 71\,936\,000 * 12 - 125\,000\,000 = 738\,232\,000 \text{ VNĐ} \end{aligned}$$

Bên cạnh các kết quả về mặt chất lượng và chi phí, cải tiến thiết kế khuôn còn đem lại hiệu quả lâu dài cho doanh nghiệp trong việc ổn định quy trình sản xuất và nâng cao hiệu suất tổng thể. Việc giảm tỷ lệ lỗi góp phần hạn chế phát sinh sai hỏng ở các công đoạn sau, từ đó giúp tối ưu nguồn lực và thời gian sản xuất. Thời gian hoàn vốn ngắn, chỉ 1.74 tháng, cho thấy tính hiệu quả và khả năng áp dụng thực tế cao của giải pháp. Đặc biệt, lợi ích ròng hàng năm đạt hơn 738 triệu đồng khẳng định rằng việc đầu tư vào cải tiến thiết kế khuôn không chỉ mang lại hiệu quả kinh tế rõ rệt mà còn giúp doanh nghiệp nâng cao năng lực cạnh tranh và phát triển theo hướng bền vững.

❖ *Đánh giá hiệu quả khi triển khai cả 2 phương pháp cải tiến*

Việc triển khai đồng thời hai phương pháp cải tiến – cải tiến quy trình sản xuất và cải tiến thiết kế khuôn – có thể mang lại hiệu quả toàn diện hơn so với việc áp dụng đơn lẻ từng giải pháp. Sự kết hợp này nhằm đồng thời giảm tỷ lệ lỗi, nâng cao chất lượng sản phẩm và tối ưu chi phí sản xuất. Bên cạnh đó, việc đánh giá tổng thể cũng giúp xác định mức độ cải thiện thực tế khi các yếu tố kỹ thuật và quy trình được điều chỉnh đồng bộ. Kết quả cụ thể về hiệu quả của việc áp dụng kết hợp hai phương pháp cải tiến được trình bày trong bảng sau.

Bảng 6.5. Dự kiến hiệu quả khi triển khai cả 2 đề xuất cải tiến

Đơn vị: VND

STT	Hạng mục	Trước cải tiến	Sau cải tiến
1	Tỷ lệ lỗi	17.72	9.33
2	Số lỗi	1063	560
3	Cấp độ 6-sigma	3.3	3.6
4	Chi phí đơn vị sản xuất	256 000	279 040
5	Chi phí hao hụt do lỗi	272 128 000	156 262 400
CHI PHÍ LỖI TIẾT KIỆM			115 865 600

Bảng chi phí trên giả định rằng số lượng sản phẩm sản xuất trong 1 tháng vẫn giữ nguyên ở mức 6000 sản phẩm. Tuy nhiên, thực tế, việc tối ưu hóa quy trình sản xuất có thể giúp giảm thời gian chu kỳ sản xuất, từ đó tăng khả năng sản xuất trong cùng một khoảng thời gian. Cụ thể, thời gian chu kỳ được rút ngắn chủ yếu là do thời gian xử lý bề mặt và khắc phục lỗi giảm đáng kể sau cải tiến. Khi tỷ lệ lỗi giảm, các công đoạn xử lý bề mặt – vốn chiếm nhiều thời gian nếu sản phẩm có khuyết tật – cũng được thực hiện nhanh hơn và ổn định hơn. Điều này không chỉ giúp tăng năng suất mà còn nâng cao hiệu quả sử dụng tài nguyên và thiết bị, cho phép sản xuất nhiều sản phẩm hơn trong cùng một khoảng thời gian mà không làm tăng chi phí biến đổi. Về lâu dài, việc rút ngắn thời gian chu kỳ sản xuất không chỉ cải thiện hiệu quả vận hành mà còn tạo điều kiện để

doanh nghiệp nâng cao năng lực đáp ứng thị trường, tối ưu hóa lợi nhuận và gia tăng lợi thế cạnh tranh.

Thời gian hoàn vốn cho việc thực hiện cải tiến:

$$\text{Thời gian hoàn vốn} = \frac{\text{Tổng chi phí triển khai}}{\text{Chi phí lỗi tiết kiệm mỗi tháng}} = \frac{176\,824\,000}{115\,865\,600} = 1.53 \text{ tháng}$$

Lợi ích ròng hàng năm từ việc đầu tư cải tiến:

$$\begin{aligned} \text{Lợi ích ròng hàng năm} &= \text{Chi phí tiết kiệm mỗi tháng} * 12 - \text{Tổng chi phí triển khai} \\ &= 115\,865\,600 * 12 - 176\,824\,000 = 1\,213\,563\,200 \text{ VNĐ} \end{aligned}$$

Việc triển khai đồng thời cả hai phương pháp cải tiến đã mang lại hiệu quả kinh tế rất tích cực. Thời gian hoàn vốn chỉ khoảng 1.53 tháng cho thấy khoản đầu tư ban đầu được thu hồi rất nhanh, phản ánh tính khả thi và hiệu quả cao của dự án cải tiến. Hơn nữa, lợi ích ròng hàng năm lên tới hơn 1.2 tỷ đồng chứng tỏ rằng việc áp dụng đồng bộ hai giải pháp không chỉ giảm thiểu lỗi và nâng cao chất lượng sản phẩm mà còn giúp tiết kiệm chi phí hao hụt một cách đáng kể. Điều này không chỉ cải thiện hiệu suất sản xuất mà còn tăng khả năng cạnh tranh và bền vững lâu dài cho doanh nghiệp.

6.3. Nhận xét

Kết quả cải tiến cho thấy cả hai giải pháp – tối ưu quy trình sản xuất và cải tiến thiết kế khuôn – đều mang lại hiệu quả rõ rệt, đặc biệt khi triển khai đồng thời. Việc cải tiến quy trình đã giúp giảm tỷ lệ lỗi từ 17.72% xuống còn 14.02%, nâng cấp độ Sigma từ 3.3 lên 3.4 và tiết kiệm hơn 37 triệu đồng mỗi tháng dù chi phí sản xuất đơn vị tăng nhẹ. Trong khi đó, cải tiến thiết kế khuôn giúp giảm lỗi còn 13.04%, chi phí hao hụt giảm hơn 71 triệu đồng/tháng và cấp độ Sigma cải thiện lên 3.43. Khi kết hợp cả hai giải pháp, tỷ lệ lỗi giảm mạnh còn 9.33%, chi phí lỗi tiết kiệm đạt hơn 115 triệu đồng/tháng, nâng cấp độ Sigma lên 3.6. Những con số này khẳng định hiệu quả tổng thể vượt trội, giúp nâng cao chất lượng, ổn định quy trình và tối ưu chi phí.

Về tài chính, thời gian hoàn vốn của từng giải pháp đều rất ngắn (1.38 – 1.74 tháng), còn khi kết hợp cả hai thì chỉ còn 1.53 tháng. Lợi ích ròng hàng năm khi áp dụng đồng bộ đạt trên 1.2 tỷ đồng – một con số ấn tượng cho thấy mức độ sinh lời cao và tiềm năng triển khai thực tế mạnh mẽ. Những cải tiến này không chỉ giúp doanh nghiệp tiết kiệm chi phí, giảm thiểu rủi ro về chất lượng mà còn nâng cao năng lực cạnh tranh trong dài hạn, đặc biệt là trong bối cảnh thị trường ngày càng yêu cầu sản phẩm đạt chất lượng cao và ổn định hơn.

Tuy nhiên, đề tài cũng còn một số hạn chế cần được ghi nhận. Phần cải tiến thiết kế khuôn mới dừng lại ở cấp độ khái quát, chưa đi sâu vào các yếu tố chuyên môn như hệ thống làm mát, thoát khí, bố trí lõi hoặc mô phỏng dòng chảy. Do đó, các đề xuất khuôn chỉ nên được xem là định hướng ban đầu, cần được đội ngũ kỹ thuật khuôn chuyên

ngành phân tích, thử nghiệm và triển khai cụ thể hơn. Dù vậy, kết quả nghiên cứu vẫn có giá trị thực tiễn cao, là cơ sở để doanh nghiệp tiếp tục triển khai các hoạt động cải tiến liên tục trong tương lai.

6.4. Kiến nghị

Mặc dù nghiên cứu này sẽ giúp giảm khuyết tật và đạt được kết quả tích cực khi áp dụng mô hình DMAIC vào quy trình thổi nhựa sản phẩm cánh hướng gió, nhưng không có nghĩa đây là phương pháp duy nhất có thể giải quyết các vấn đề khuyết tật trong tương lai. Do hạn chế về thời gian và dữ liệu, một số yếu tố quan trọng chưa được khảo sát đầy đủ và cần nghiên cứu thêm. Vì vậy, những ai quan tâm đến việc giảm thiểu khuyết tật trong quy trình thổi nhựa cánh hướng gió hoặc áp dụng mô hình DMAIC có thể tham khảo một số điểm sau để đạt hiệu quả tối ưu hơn:

Nghiên cứu này chỉ tập trung vào quy trình thổi nhựa sản phẩm cánh hướng gió. Tuy nhiên, mô hình DMAIC hoàn toàn có thể áp dụng cho các quy trình sản xuất nhựa khác như phun nhựa hoặc đùn nhựa. Việc mở rộng mô hình này sẽ giúp tối ưu hóa quy trình và cải thiện chất lượng sản phẩm cho các loại sản phẩm nhựa khác trong ngành sản xuất linh kiện ô tô.

Mô hình DMAIC có thể được mở rộng để cải thiện các sản phẩm nhựa khác trong ngành công nghiệp ô tô. Việc áp dụng phương pháp này cho các sản phẩm như ốp nhựa, bộ phận quạt, hoặc các linh kiện nhựa khác có thể mang lại kết quả tương tự trong việc giảm thiểu khuyết tật và nâng cao chất lượng sản phẩm.

Một yếu tố quan trọng chưa được tính đến trong nghiên cứu này là chi phí liên quan đến chất lượng kém. Nếu chi phí này được xem xét trong toàn bộ quá trình sản xuất, chúng ta có thể đạt được kết quả tối ưu hơn về mặt chi phí và chất lượng, từ đó hỗ trợ quá trình ra quyết định đầu tư và cải tiến quy trình hiệu quả hơn.

Nhựa có khả năng tái chế và tác động của nguyên liệu tái chế trong quá trình sản xuất có thể gây ra khuyết tật. Đây là một yếu tố đáng chú ý, cần được nghiên cứu thêm để tìm cách giảm thiểu ảnh hưởng của nguyên liệu tái chế và nâng cao chất lượng sản phẩm.

Những điểm trên là các hướng nghiên cứu có thể tiếp tục được khai thác để nâng cao hiệu quả của mô hình DMAIC trong cải tiến quy trình thổi nhựa sản phẩm cánh hướng gió, giúp tối ưu hóa chất lượng và giảm chi phí trong sản xuất.

KẾT LUẬN

Đề tài đã ứng dụng mô hình Six Sigma theo chu trình DMAIC để phân tích và đề xuất các giải pháp cải tiến nhằm nâng cao chất lượng sản phẩm cánh hướng gió tại nhà máy sản xuất linh kiện nhựa THACO INDUSTRIES. Thông qua các giai đoạn, nghiên cứu đã xác định được vấn đề chất lượng trọng yếu, thu thập và xử lý dữ liệu thực tế, đồng thời nhận diện nguyên nhân gốc rễ gây lỗi bằng các công cụ phân tích như biểu đồ Pareto, biểu đồ nhân quả, FMEA và phân tích năng lực quy trình.

Trên cơ sở đó, đề tài đã xây dựng hệ thống giải pháp cải tiến tập trung vào việc tối ưu hóa các thông số vận hành và kiểm soát chặt chẽ chất lượng nguyên liệu đầu vào. Việc điều chỉnh kỹ thuật giúp giảm thiểu sai lệch trong quá trình thổi định hình, trong khi quản lý nghiêm ngặt chất lượng nhựa tái chế góp phần đảm bảo tính ổn định của sản phẩm. Đồng thời, việc nâng cao tay nghề và ý thức tuân thủ quy trình của công nhân, kết hợp định hướng cải tiến thiết kế khuôn, đã góp phần làm giảm lỗi thao tác, hở giáp mí và bavaria dư thừa.

Đồ án đã đánh giá hiệu quả rõ ràng của từng phương pháp cải tiến, bao gồm cải tiến quy trình sản xuất và cải tiến thiết kế khuôn, cũng như khi kết hợp đồng thời cả hai giải pháp. Mỗi phương pháp đều mang lại cải thiện đáng kể về chất lượng sản phẩm và giảm thiểu chi phí hao hụt. Tuy nhiên, do hạn chế về mặt kiến thức và kinh nghiệm, đề xuất cải tiến khuôn trong đồ án chưa được hoàn thiện tối ưu nhất, cần tiếp tục nghiên cứu và hoàn thiện thêm trong thực tế. Dù vậy, việc áp dụng đồng bộ hai phương pháp giúp giảm tỷ lệ lỗi xuống còn 9.33%, nâng cao cấp độ 6-Sigma lên 3.6 và tiết kiệm chi phí lỗi hơn 115 triệu đồng mỗi tháng. Thời gian hoàn vốn nhanh, chỉ khoảng 1.5 tháng, cùng lợi ích ròng hàng năm vượt 1.2 tỷ đồng khẳng định tính khả thi và hiệu quả của dự án. Những kết quả này góp phần nâng cao năng suất, ổn định sản xuất và tăng sức cạnh tranh cho doanh nghiệp.

Việc hoàn thành đồ án không chỉ giúp em vận dụng kiến thức được đào tạo mà còn xây dựng phương pháp tiếp cận cải tiến khoa học, thực tiễn cho doanh nghiệp. Em ý thức được vẫn còn những hạn chế nhất định về kinh nghiệm và kiến thức, rất mong nhận được các góp ý quý báu từ thầy cô để hoàn thiện bản thân và phát triển hơn trong công việc sau này. Một lần nữa, em xin chân thành cảm ơn thầy Nguyễn Hồng Nguyên đã tận tình hướng dẫn và hỗ trợ em trong suốt quá trình thực hiện đề tài.

Em xin chân thành cảm ơn!

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] "TỔNG QUAN NGÀNH NHỰA VIỆT NAM," VIỆN NGHIÊN CỨU CHIẾN LƯỢC, CHÍNH SÁCH CÔNG THƯƠNG, [Online]. Available: <https://vioit.org.vn/vn/chien-luoc-chinh-sach/tong-quan-nganh-nhua-viet-nam---phan-1--4666.4050.html>. [Accessed 13 4 2025].
- [2] T. V. Phương, "BÁO CÁO NGÀNH NHỰA," FPT Securities, 2019.
- [3] 6 sigma Lý thuyết và Thực hành, Nhà xuất bản Hồng Đức, 2015.
- [4] "Six Sigma là gì? Những điều cần biết về 6 Sigma," [Online]. Available: <https://www.pace.edu.vn/tin-kho-tri-thuc/six-sigma-la-gi>. [Accessed 13 4 2025].
- [5] Ô. N. V. N. G. Ông Shanmugaraja, "Phân tích kiểm soát lỗi để cải thiện chất lượng và năng suất: một nghiên cứu điển hình sáng tạo về Six Sigma".
- [6] "Các quy tắc của biểu đồ Kiểm soát và cách giải thích," 16 11 2017. [Online]. Available: <https://sxtg.wordpress.com/2017/11/16/cac-quy-tac-cua-bieu-do-kiem-soat-va-cach-giai-thich/>. [Accessed 20 5 2025].
- [7] "Nguyên tắc Six Sigma. Chỉ số năng lực quy trình (Cpk) cho thành công trong kinh doanh," [Online]. Available: <https://www.6sigma.us/process-improvement/process-capability-index-cpk/>. [Accessed 4 5 2025].
- [8] "Nghiên cứu ứng dụng FMEA: tình huống tại doanh nghiệp sản xuất," p. 11, 31 7 2013.
- [9] "PHƯƠNG PHÁP LẤY MẪU," 27 2 2023. [Online]. Available: https://nghiencuukhoahoc.edu.vn/bai-viet/phuong-phap-lay-mau.html?srsId=AfmBOoqQwGYZ7DT7ZOe_acn0Gbkgb9yI3HoMImysYPD4LkWQwD_WFSsw. [Accessed 23 4 2025].
- [10] "PROFILE LINH KIẾN NHỰA," 2023.
- [11] "ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) - Tính chất và ứng dụng," [Online]. Available: <https://icbvn.com/abs-acrylonitrile-butadiene-styrene-tinh-chat-va-ung-dung>. [Accessed 19 3 2025].
- [12] "Tiêu chuẩn ISO 9001:2015 - Hệ thống quản lý chất lượng Quốc tế," [Online]. Available: <https://knacert.com.vn/blogs/tin-tuc/tieu-chuan-iso-90012015-la-gi-kna-cert>. [Accessed 19 3 2025].

- [13] "Chứng nhận IATF 16949:2016," [Online]. Available: <https://knacert.com.vn/dao-cao-tieu-chuan-iatf-169492016>. [Accessed 19 3 2025].
- [14] "Đào tạo “5 công cụ cốt lõi trong hệ thống quản lý chất lượng” cho Quản lý và chuyên viên THACO AUTO Chu Lai," THACOAUTO, [Online]. Available: <https://thacogroup.vn/dao-cao-5-cong-cu-cot-loi-trong-he-thong-quan-ly-chat-luong-cho-quan-ly-va-chuyen-vien-thaco-auto-chu-lai>. [Accessed 20 5 2025].
- [15] "Quantitative Research By Sample," in *Research*, Cochran, WG, 1977, pp. 36-39.
- [16] N. H. Lộc, Giáo trình quy hoạch và phân tích thực nghiệm, TP Hồ Chí Minh: Nhà xuất bản đại học quốc gia TP HCM, 2021.
- [17] "Tác dụng của cánh hướng gió đuôi xe," [Online]. Available: <https://vtcnews.vn/tac-dung-cua-can-h-gio-duoi-xe-ar870629.html>. [Accessed 20 4 2025].

PHỤ LỤC

Phụ lục 1. Thang điểm đánh giá mức độ nghiêm trọng (S) của sai hỏng

Hậu quả	Tác động đến quy trình, sản phẩm	Tác động đến khách hàng	Điểm
Cực kỳ nghiêm trọng	Gây gián đoạn quy trình sản xuất. Gây tai nạn trong vận hành sản xuất. Dạng sai hỏng dẫn đến phế phẩm.	Tính nghiêm trọng rất cao khi một cách thức sinh ra sai sót tiềm tàng làm mất an toàn mà người sử dụng hay công nhân vận hành không được báo trước.	10
Rất nghiêm trọng	Tính nghiêm trọng rất cao khi một cách thức sinh ra sai sót tiềm tàng gây gián đoạn trong quá trình sản xuất.	Mất an toàn cho người sử dụng.	9
Rất cao	Đối với hệ thống: Gây gián đoạn quy trình. Đối với sản phẩm thì làm mất tính năng sử dụng.	Người sử dụng không chấp nhận sản phẩm.	8
Cao	Hệ thống dùng được nhưng hiệu suất giảm. Đối với sản phẩm thì làm cho sản phẩm không đạt đủ độ xử lý dữ liệu. Còn trong quá trình sản xuất thì sai sót ở công đoạn trước ảnh hưởng đến công đoạn sau.	Người sử dụng rất bất bình. Mất an toàn cho người sử dụng.	7
Vừa	Hệ thống dùng được nhưng không có chức năng về tiện nghi. Các sản phẩm có thể sử dụng tốt. Các sản phẩm sai hỏng có thể đem tái chế, khắc phục để sử dụng lại.	Khách hàng không hài lòng hay người vận hành công đoạn sau không hài lòng người vận hành công đoạn trước. An toàn cho người sử dụng.	6
Thấp	Hệ thống dùng được nhưng chức năng về tiện nghi điều hành ở dạng bị giảm. Có thể đem tái chế các sai hỏng.	Khách hàng đôi chút không hài lòng. An toàn cho người sử dụng.	5
Rất thấp	Hệ thống có hạng mục không thích ứng. Dễ phát hiện trong quá trình sản xuất. Có thể đem tái chế các sai hỏng.	Xác suất trên 75% người nhận cảm thấy sai sót. Những lỗi này là những lỗi nhỏ, dễ phát hiện bởi khách hàng.	4
Thứ yếu	Hệ thống có hạng mục không thích ứng. Các chi tiết sai hỏng có thể sửa chữa để tái sử dụng.	Xác suất trên 50% bị người sử dụng nhận thấy sai sót.	3
Rất thứ yếu	Hệ thống có hạng mục không thích ứng. Tuy nhiên, không ảnh hưởng nhiều đến quá trình sản xuất.	Xác suất trên 25% bị người sử dụng nhận thấy sai sót.	2
Không nghiêm trọng	Không ảnh hưởng đến quá trình sản xuất.	Không gây hậu quả cho người sử dụng.	1

Nguồn: [8]

Phụ lục 2. Thang điểm đánh giá mức độ xuất hiện và khả năng phát hiện sai hỏng

Thang điểm đánh giá O		Điểm O, D	Thang điểm đánh giá D	
Xác suất có sai sót	Tỷ lệ sai sót dự báo		Khả năng phát hiện sai hỏng	Miêu tả
Rất cao	$\geq 10\%$	10	Gần như không phát hiện được	Phương tiện và phương pháp kiểm tra không phát hiện được nguyên nhân tiềm tàng/ cơ cấu sinh ra sai sót.
Sai sót dai dẳng	5% - 10%	9	Rất bấp bênh	Kiểm tra bằng phương pháp gián tiếp hay kiểm tra theo thống kê.
Cao	2% - 5%	8	Bấp bênh	Chỉ có kiểm tra bằng thị giác
Sai sót thường xuyên	1% - 2%	7	Rất thấp	Chỉ có kiểm tra bằng thiết bị đơn giản (cân, thước đo,...)
Vừa	0.5% - 1%	6	Thấp	Kiểm tra dùng biểu đồ như SPC (Statistical Process Control, kiểm tra Quy trình bằng thống kê)
Sai sót ngẫu nhiên	0.2% - 0.5%	5	Vừa	Kiểm tra bằng cỡ đo sau khi thành phẩm rời công đoạn.
Nhỏ	0.1% - 0.2%	4	Khá cao	Dò ra ở công đoạn ngay sau. Kiểm tra bằng cỡ khi khởi động máy và kiểm tra đơn vị thứ nhất.
Tương đối sai sót	0.05% - 0.1%	3	Cao	Dò ra ở công đoạn ngay sau với nhiều tiêu chuẩn chấp nhận: cung cấp, chọn lựa, kiểm tra. Công đoạn ngay sau không thể chấp nhận những thành phần không phù hợp.
Bấp bênh	0.001% - 0.05%	2	Rất cao	Dò ra ở công đoạn (kiểm tra tự động bằng cỡ với tự động ngưng sản xuất khi cần thiết). Công đoạn không thể cho ra những thành phẩm không phù hợp.
Sai sót ít xảy ra	$\leq 0.001\%$	1	Gần như chắc chắn	Phương tiện và phương pháp kiểm tra chắc chắn sẽ phát hiện được nguyên nhân gây ra các dạng sai hỏng.

Nguồn: [8]