

# 20

## ANALIZA WYBRANYCH ASPEKTÓW PRODUKCJI WYROBÓW IZOLACYJNYCH

### 20.1 WPROWADZENIE

Materiały o właściwościach termoizolacyjnych, stanowią istotny składnik wielu elementów urządzeń, konstrukcji przemysłowych i socjalnych. Mają niebagatelne znaczenie dla prawidłowego funkcjonowania w zmiennych warunkach otoczenia. Przede wszystkim chodzi o różnorodny zakres i częstotliwość zmian temperatury makro bądź mikrootoczenia (np. hali fabrycznej). Zastosowanie optymalnego materiału stanowiącego ochronę i wzrost poczucia komfortu wśród pracowników oraz użytkowników wszelkiego rodzaju instalacji przyczynia się jednocześnie do rozwoju branży z uwagi na rosnący popyt [6]. Klasyfikację podstawowych materiałów i wyrobów termoizolacyjnych przedstawiono poniżej:

- wełna, wata – materiał bezkształtny w postaci krótkich, luźno ułożonych włókien naturalnych, z tworzyw sztucznych, ze stopionych skał, minerałów, żużli, ceramiki lub szkła;
- mata (termoizolacyjna) – wyrób elastyczny, płaski, składający się z warstwy materiału włóknistego i jednostronne lub dwustronnej okładziny;
- filc (termoizolacyjny) – wyrób elastyczny, płaski, stanowiący warstwę wełny mineralnej, zawierający lepiszcze;
- płyta (termoizolacyjna) warstwowa – płyta termoizolacyjna składająca się ze sztywnych okładzin i izolacyjnej warstwy środkowej z materiału włóknistego z lepiszczem lub materiału komórkowego.

### 20.2 MATERIAŁ IZOLACYJNY - ANALIZA PRODUKCJI

W zakładzie zastosowano technologię, polegającą na energooszczędnym, całkowicie bezodpadowym procesie produkcji, skupionym na doskonałym rozwłóknieniu szkła na długie, miękkie włókna odporne na działanie czynników zewnętrznych. Zmniejszenie energochłonności produkcji możliwe jest np. poprzez zastosowanie odzyskanego z pieca ciepła w dalszej części procesu produkcyjnego [7]. Zaawansowana technologia i komputerowa kontrola wszystkich etapów produkcji pozwalają wytwarzać niezwykle sprężyste, trwałe i łatwe w montażu materiały termoizolacyjne w warunkach możliwie najbardziej przyjaznych środowisku.

Od podstaw wybudowano między innymi zestawiarnię, instalację wytwarzania lepiszczy, piecownię, formiarnię, stację uzdatniania wody, wentylatorownię. Materiały izolacyjne z wełny szklanej zapewniają indywidualnym użytkownikom komfort i bezpieczeństwo. W skali globalnej poprawiają bilans energetyczny i przyczyniają się wydatnie do zmniejszenia efektu cieplarnianego. Czystość produkcji, pełna gama produktów oraz system pakowania na paletach sprawia, iż oferta na rynku izolacyjnym w Polsce ma niewiele konkurentów. Wyjątkowo lekkie i sprężyste materiały z wełny szklanej o bardzo niskich współczynnikach przewodzenia ciepła mają zastosowanie przede wszystkim w budownictwie, gdzie można stosować je do wewnętrznej i zewnętrznej izolacji wszelkich typów konstrukcji od piwnic aż po dachy. W ofercie znajdują się między innymi maty i płyty w różnych rozmiarach i o różnych grubościach, które nadają się do izolacji nowo powstających budynków, jak i do ocieplania już istniejących. Ich montaż nie nastęrcza problemów, jest łatwy i szybki. Pakowanie produktów z wełny szklanej na paletach pozwala na minimalizację kosztów transportu i magazynowania; po rozpakowaniu osiągają one gwarantowaną grubość. Dzięki kompresji klient indywidualny może z łatwością przewieźć zakupiony materiał izolacyjny do własnego domu.

Do produkcji wełny szklanej stosuje się piec tzw. wannę szklarską, maszynę rozwłókniającą oraz komorę polimeryzacyjną. Są one podstawowymi urządzeniami w liniach produkcyjnych. W piecu wytapia się 120 ton szkła na dobę, wytapia się w nim tą samą mieszankę do produkcji różnych rodzajów produktów. Natomiast konkretny produkt uzyskujemy dzięki maszynie rozwłókniającej i komorze polimeryzacyjnej. W nich dokonuje się zmian w ustawieniach, komputerowo, dzięki programowi z firmy „X”, z wcześniej już ustalonych parametrów, do konkretnego produktu. Dzięki maszynie rozwłókniającej uzyskujemy produkt o mniejszej gęstości lub o większej gęstości. W strefie rozwłókniania i formowania odbywają się następujące operacje technologiczne:

- dozowanie gorącej lawy;
- sterowaniem szybkością przepływu lawy przez dyski rozwłókniające;
- kontrola dysków rozwłókniających, aby obracały się w odpowiednie strony i z odpowiednią szybkością;
- sterowanie wentylatorem, aby był odpowiedni nawiew;
- tworzenie się włókien;
- osiadanie włókien na siatce przenośnika;
- odprowadzanie osadzonych włókien na siatce przenośnika z komory osadczej;
- czyszczenie siatki przenośnika strumieniem wodny;
- zwracanie wody do stacji oczyszczania wody.

Cykl pracy pieca, komory osadczej oraz komory polimeryzacyjnej, gilotyny, rolowarki, punktu kontroli, robota trwa 24 godziny. W ciągu 24 godzin produkuje się kilkanaście tysięcy rolek z ponad stu ton wytopionej lawy z piasku, szkła, bazaltu, żywicy. Aby uzyskać odpowiednią konsystencję wymieszanych wszystkich tych składników, wszystkie te surowce wprowadzone do pieca są podgrzewane do temperatury 1500°C. Dzięki czemu uzyskują konsystencję płynnego szkła. Rozmieszczenie systemu ogrzewania powoduje,

że temperatura w każdym miejscu pieca jest jednakowa. Cały ten proces jest kontrolowany komputerowo oraz przez operatora pieca, odpowiedzialnego za parametry oraz procesy zachodzące w piecu.

### 20.3 PROBLEMATYKA POWSTAWANIA PRODUKTÓW NISKIEJ JAKOŚCI

Dla uzewnętrznienia przyczyn powstawania ewentualnych problemów jakościowych w firmie, wprowadzono pełen monitoring całego procesu. Zestawiono park maszynowy i podzielono go na odpowiednie strefy. W parku tym znajdują się maszyny, urządzenia oraz aparatura kontrolna, które odpowiada za prawidłowy przebieg produkcji [1]. Każdej strefie przypisano numer, który odzwierciedlał kolejność przebiegu procesu produkcyjnego:

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| 1. Surowcownia.   | 4. Polimeryzacja. |
| 2. Piec.          | 5. Linia.         |
| 3. Rozwłóknianie. | 6. Pakowanie.     |

Najlepszym sposobem będzie wyszukanie wszystkich problemów związanych z produkcją wadliwych produktów, a następnie przypisanie ich do poszczególnych stref. Aby w sposób prawidłowy odnaleźć przyczyny i je zdefiniować, należy w tym celu skonstruować diagram przyczynowo-skutkowy, który będzie odzwierciedlał najczęściej spotykane przyczyny powstawania, jakościowo niepełnowartościowych produktów [2].

**Tab. 20.1 Zidentyfikowane problemy w strefach produkcji wyrobów izolacyjnych**

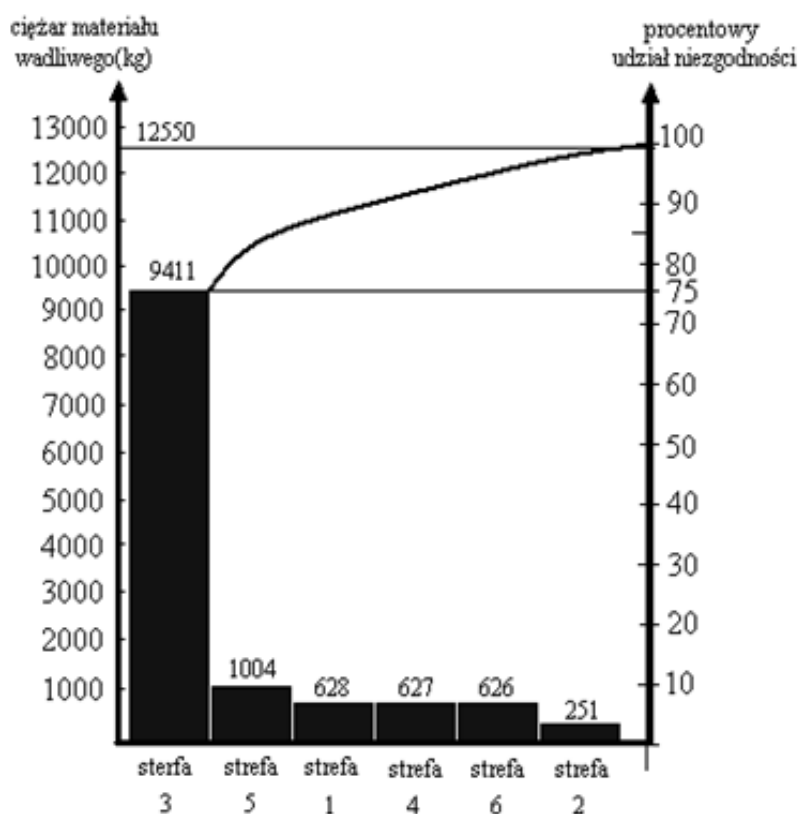
Obszar	Przyczyny wadliwości produktów
Strefa 1	Nieodpowiedni jakości materiałów dostarczanych przez dostawcę Błędy w dozowaniu materiałów wsadowych
Strefa 2	Przegrzanie materiału wsadowego w piecu
Strefa 3	Brak żywicy w produkcie Nierozwłóknione szkło w produkcie Nieprawidłowe wartości suplementów produktowych
Strefa 4	Przegrzanie produktu w piecu (komorze polimeryzacyjnej) Niespolimeryzowanie produktu w komorze polimeryzacyjnej
Strefa 5	Niewymiarowe ustawienie cięcia wzdłużnego Niewymiarowe ustawienie cięcia poprzecznego Nieprawidłowe ustawienie prędkości linii, powodujące nieprawidłową wagę produktu
Strefa 6	Nieprawidłowa kompresja produktu (nieodpowiednia średnica)

Źródło: opracowanie własne

Jako główne niepowodzenie lub skutek tych przyczyn ustalono pojawienie się niezgodności ze specyfikacją produktu oraz normami jakościowymi posiadanymi przez firmę. Całą problematyką dotyczącą przyczyn powstawania wadliwego produktu omówiono wnikliwie z osobami najbardziej kompetentnymi w danym zakresie w firmie. Do budowania diagramu przyczynowo skutkowego wykorzystano metodę burzy mózgów, gdzie

mentorem grupy był główny technolog zakładu. Następnie podczas pełnego miesięcznego monitoringu procesu, dokonano wyodrębnienia przyczyn pojawiania się produktów wadliwych. Uzyskane informacje z diagramu przyczynowo skutkowego posłużyły do przypisania odpowiednich problemów do odpowiednich stref produkcji (tab. 20.1). Potrzebne to było, do określenia procentowego udziału, najczęściej powstających problemów na danym odcinku produkcji.

Zidentyfikowane przyczyny klasyfikacji jakościowej, dotyczą produktu, bez uwzględnienia cech i parametrów jakościowych procesu jego produkcji, czyli sposobu pakowania, przedmiotu opakowania oraz sposobu magazynowania. Na podstawie opisywanych badań, zestawiono w ujęciu procentowym stopień i częstotliwość wpływu sześciu stref na występowanie wadliwości produktu. W tym celu użyto metody Pareto-Lorenza. Wynik analizy, odzwierciedlający kolejność prac, przedstawiono na rys. 20.1 [8].



**Rys. 20.1 Wykres Pareto - Lorenza przedstawiający procentowy i wagowy udział poszczególnych stref w generowaniu niezgodności specyfikacyjnych**

Źródło: opracowanie własne

Opracowane zestawienie posłużyło do zhierarchizowania kolejności prac badawczych nad produktami, realizowanymi podczas produkcji ciągłej. Ze względów na różnorodność asortymentu, uwzględniającą parametry mechaniczne jak i fizyko-chemiczne, podjęto decyzję o zawężeniu badań do produkcji mat zwijanych (rolek). Produkt, jaki wybrano do analizy nosił nazwę X 150. Ze względu na olbrzymi udział strefy 3, w generowaniu strat materiałowych, podjęto decyzję w sprawie ograniczenia przyczyn wadliwości produktu generowanych w niniejszej strefie.

## 20.4 ANALIZA WPŁYWU ŻYWICY NA PARAMETRY MECHANICZNO - FIZYCZNE

Głównym elementem wpływającym na właściwości produktu jest żywica. Pełni ona rolę spoiwa łączącego poszczególne włókna, nadając im po spolimeryzowaniu żółtawe zabarwienie. Dzięki dobrej jakości żywicy, produkt ma ładny kolor oraz jest sprężysty. Sprężystość pozwala na kompresowanie produktu w paczki nawet do 700%. Dzięki tym właściwością po rozpakowaniu, produkt powraca przynajmniej do wartości nominalnej.

Produkt niepełnowartościowy powstaje z powodu braku żywicy, które pokrywają włókna szklane, wpływając w znaczny sposób na właściwości mechaniczne jak i fizyczne [3]. Na każdym dysku rozwłókniającym zamontowane są dysze, które w sposób automatyczny aplikują odpowiednią ilość żywicy wraz z wodą procesową na włókna. Żywica z wodą mieszana jest w stosunku 50% na 50%. Doprowadzana jest przez filtry przewodami do dysz znajdujących się w koszu poniżej dysku rozwłókniającego. Zdarza się że dysze, przewody bądź filtry przytykają się powodując całkowitą bądź częściową niedrożność. Spowodowane jest to zanieczyszczeniami znajdującymi się w wodzie procesowej. Brak żywicy na jednym z dysków powoduje deklasyfikację pod względem jakościowym produktu. Po spolimeryzowaniu, włókna pokryte żywicą mają barwę żółtą, a nie pokryte - białą. Biała warstwa w produkcie powoduje spadek grubości produktu na linii, co za tym idzie zwiększenie współczynnika przewodności cieplnej [5]. Taki produkt posiada właściwości hydrofobowe, przez co nie może być dobrym materiałem izolacyjnym. Każdorazowe przytkanie się przewodów bądź dysz, obliuguje operatorów do wyeliminowania tych fragmentów produktów, które nie posiadają żywicy dalszego procesu produkcyjnego.

## 20.5 WPŁYW NIEROZWŁÓKNIONEGO SZKŁA NA WŁAŚCIWOŚCI PRODUKTU

Podczas procesu rozwłókniania szkła zachodzi wiele sytuacji, które w dalszych fazach produkcji wpływają na jakość produktu finalnego. Podstawowym problemem, z jakim borykają się operatorzy jest problem źle rozwłóknionego szkła. Nie chodzi tutaj o nieprawidłową długość bądź grubość włókien, lecz o zapychanie mikro kanalików znajdujących się w dyskach rozwłókniających. Owe dyski to stalowe talerze, które na swoim obwodzie posiadają mikronowe otwory, przez które, poprzez siłę odśrodkową wypadają szklane włókna [4]. Do tych urządzeń wpływa z góry roztopiona lava, która powstaje z rozgrzania stłuczki szklanej.

Każda stłuczka szklana posiada pewne elementy ceramiczne. Statystycznie na 100 t rozdrobnionego szkła znajduje się 100 g wtrąceń ceramicznych. Te wtrącenia nie topią się w takiej samej temperaturze jak szkło i dlatego podczas rozwłókniania zatykają kanałiki spinnerów powodując ich niedrożność. Znaczne nagromadzenie elementów ceramicznych powoduje osadzanie się gorącego szkła na obwodzie urządzenia [4].

Po pewnym czasie w miejscu zatkania kanalików przez wtrącenia ceramiczne narasta lava szklarska. W następstwie długotrwałego narastania gorącego szkła powstaje na tyle ciężka masa, która pod wpływem własnego ciężaru opada do strefy formowania na jeszcze nie spolimeryzowany produkt. Następnie wielki kęs lawy przechodzi przez piec polimeryzacyjny, w którym wełna jest wypiekana. Temperatura rozwłóknionego szkła

po wyjściu z komory wynosi około 220° C do 260° C a temperatura lawy około 1000° C. Po przejściu przez strefie chłodzenia mata ma temperaturę około 30° C za zawarte w niej nie spolimeryzowane szkło około 750°C. W przypadku, gdyby mata wełny z takim kawałkiem gorącej lawy została by zwinięta w rolkę (skompresowana 700%) to po upływie pewnego czasu zacznie się „palić” Wełna sama w sobie nie jest materiałem palnym, a topliwym. Dzieje się tak, dlatego że lawa szklana spakowana nie ma możliwości wystygnąć, gdyż dookoła szczelnie otacza ją wełna. W przypadku, gdyby się taka rolka dostała na magazyn zakładowy, samochód ciężarowy albo magazyn odbiorcy, mogło by dość do poważnego w skutkach pożaru, w którym mogli by ucierpieć również ludzie. Stąd też zakupiono sprzęt pozwalający wykryć zbyt wysoką temperaturę produktu. Po zlokalizowaniu takiego fragmentu produktu następuje jego znaczenie na kolor czerwony. Operator w tym przypadku jest zobligowany do usunięcia takiej maty z dalszego procesu produkcyjnego.

## PODSUMOWANIE

Analiza procesu produkcyjnego pozwala stwierdzić, iż najwięcej strat powstaje w strefie 3. Na czynniki, które powodują ten stan rzeczy najmniejszy wpływ ma czynnik ludzki w postaci błędów popełnianych przez operatora maszyn. Głównym natomiast problemem jest jakość materiałów wsadowych dostarczanych na teren firmy służących do produkcji wełny szklanej. Z tego też powodu zakład powinien prowadzić zaawansowane prace polegające na poprawie materiałów wsadowych, takich jak stłuczka szklana czy żywica. Powinien również prowadzić rozmowy z dostawcami na temat związany z poprawą jakości dostarczanych materiałów produkcyjnych. Można również zauważyć, jakie poczyniono kroki zaradcze, aby wyeliminować ewentualne straty. Jednym ze sztandarowych pomysłów było zamontowanie czujnika wysokiej temperatury na linii wełny szklanej, przez co znikł problem z przechwytywaniem gorącego szkła i przepuszczaniem go do dalszej produkcji.

## PODZIĘKOWANIA

Artykuł jest wynikiem badań realizowanych w Instytucie Inżynierii Produkcji na Wydziale Organizacji i Zarządzania Politechniki Śląskiej, i powstał w ramach pracy statutowej BK-214/ROZ3/2017 (13/030/BK\_17/0027) nt. Sposoby i środki doskonalenia produktów i usług na wybranych przykładach.

## LITERATURA

1. W Biały. *Wybrane zagadnienia z wytrzymałości materiałów*. Warszawa: WNT, 2014.
2. M. J. Ligarski. *Podejście systemowe do zarządzania jakością w organizacji*. Monografia. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2010.
3. M. Plocek. *Bilans wymiennika ciepła. Laboratorium z termodynamiki i fizyki II*. Łódź: Katedra techniki cieplnej i chłodnictwa, 2007.
4. J. Sitko. „The problem of quality thermoisolation products in selected company.” *Zeszyty Naukowe AM, Szczecin* 2010 nr 24, s. 100-104.

5. Ł. Słaboń. *Analiza termodynamiczna procesu spalania w komorze polimeryzacyjnej firmy Isover*. Gliwice: Instytut Techniki Ciepłej, Politechnika Śląska 2010.
6. J. Szkoda. *Sterowanie jakością procesów produkcyjnych*. Olsztyn: Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko – Mazurskiego, 2002.
7. M. Urbaniak. *Zarządzanie Jakością. Teoria i Praktyka*. Warszawa: Wydawnictwo Difin, 2004.
8. R. Wolniak, B. Skotnicka. *Metody i narzędzia zarządzania jakością. Teoria i praktyka*. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2007.

### ANALIZA WYBRANYCH ASPEKTÓW PRODUKCJI WYROBÓW IZOLACYJNYCH

**Streszczenie:** Artykuł zawiera analizę wybranych problemów poziomu jakości wyrobów termoizolacyjnych w przedsiębiorstwie przemysłowym. W badaniach uwzględniono szereg czynników technologicznych, materiałowych, organizacyjnych i innych, mogących mieć wpływ na jakość izolacji termicznej stosowanej w budownictwie przemysłowym i indywidualnym. Wykryto i usystematyzowano, według poziomu istotności, najważniejsze czynniki wpływające na jakość wyrobów.

**Słowa kluczowe:** materiał, produkt, izolacja, wada

### ANALYSIS SELECTED ASPECTS OF PRODUCTION INSULATING PRODUCTS

**Abstract:** This article analyzes selected problems of quality level thermal insulation products in an industrial enterprise. The study includes a number of technological, material, organizational and other factors that may influence quality of thermal insulation used in industrial and individual construction. The most important factors influencing the quality of products have been detected and systematized according to materiality level.

**Key words:** material, product, isolation, defect

Dr inż. Jacek SITKO  
Politechnika Śląska  
Wydział Organizacji i Zarządzania  
Instytut Inżynierii Produkcji  
ul. Roosevelta 26-28, 41-800 Zabrze  
e-mail: Jacek.Sitko@polsl.pl

Data przesłania artykułu do Redakcji: 26.07.2017  
Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 03.08.2017